DEN ALMINDELIGE
(FYSIOLOGISKE)
GYMNASTIKTEORI

AF

J. LINDHARD

III

MED 8 TAVLER

ANDEN OMARBEJDEDE UDGAVE

KJØBENHAVN
CARL LARSENS FORLAG
1921

V7: 387611
xx 0049100871

Biblioteka Gł AWF w Krakowie

1800068573

53215

DEN ALMINDELIGE
(FYSIOLOGISKE)
GYMNASTIKTEORI

AF

J. LINDHARD

III

MED 8 TAVLER

ANDEN OMARBEJDEDE UDGAVE

KJØBENHAVN
CARL LARSENS FORLAG
1921

Ffgna

BIBLIOTEKA SZKOŁY WYCHOWANIA FIZYCZNEGO w Krakowie
5437

KJØBENHAVN - GRÆBES BOGTRYKKERI.

796.41: 796.012.: 612

FORORD

UNDER Udarbejdelsen af dette sidste Hefte af »Den almindelige Gymnastikteori« har jeg foruden af de tidligere nævnte Haandbøger i mere udstrakt Grad gjort Brug af Specialafhandlinger, særligt gælder dette paa Respirationens og Kredsløbets Omraade, hvor der i den sidste Menneskealder hér i Danmark er sat et meget betydeligt Arbejde ind. Jeg har for at understrege dette i de paagældende Afsnit noget hyppigere, end det i øvrigt ligger i Bogens Plan, nævnt Forfatternavne. Figurerne paa Bogens Tavler er som sædvanligt for største Delen laante fra de benyttede Værker. Afbildningerne af Respirationsapparater er næsten alle tagne fra A. Krogh: The respiratory Exchange of Animals and Man. London 1915.

De Tilføjelser og Rettelser, som Fagets Fremskridt og den forrige Udgaves Mangler har nødvendiggjort, har desværre forøget Bogens Omfang noget; navnlig er Afsnittet om Muskelarbejdets Indvirkning paa Aandedræt og Kredsløb blevet betydeligt udvidet. Det er imidlertid mit Haab, at Omarbejdelsen tillige har gjort Bogen mere anvendelig for dem, der søger Oplysning om Muskelarbejdets Fysiologi.

Jeg takker Professor Aug. Krogh for kritisk Gennemlæsning af visse Afsnit af Bogen og Fru Ida Maar for Hjælp med Korrekturlæsningen.

Frederiksberg i Februar 1921. FORF.

INDHOLD

Side

Lymfe og Blod ... 1
Lymfen og dens Bevægelse ... 1
Blodet og dets Kredsløb ... 5
A. Blodet ... 5
Blodets fysiske Egenskaber ... 5
Blodmængden ... 6
Blodets Bestanddele ... 7
Koagulationen ... 8
Plasma ... 10
Blodserum ... 10
Blodets Formelementer ... 11
Erythrocyterne ... 11
Blodfarvestoffet ... 14
Leucocyterne ... 17
Thrombocyterne ... 19
B. Kredsløbet ... 20
Hjærtet ... 22
Hjærtefunktionen ... 26
Hjærtets Ledningsbaner ... 32
Hjærtets Innervation ... 34
Blodets Strømning i Karrene ... 36
Blodtrykket ... 38
Strømningen i Arterierne ... 40
Strømningen i Kapillærerne ... 42
Strømningen i Venerne ... 42
Varigheden af et Kredsløb ... 45
Karrenes Innervation ... 46
Kredsløbets Regulering ... 48
Hjærtets Minutvolumen ... 48
Den perifere Regulation ... 54

Side

Aandedrættet ... 59
Aandedrættets mekaniske Forhold ... 60
Lungerne ... 60
Aandedrættet ... 62
Respirationsbevægelserne ... 64
Respirationsarbejdet ... 70
Aandedrættets Rhytme ... 71
Aandedrættets Dybde ... 72
Ventilationen ... 75
Lungernes Rumfang (Spirometri) ... 78
Aandedrættets Kemi ... 84
Lungerespirationen ... 85
Almindelige Bemærkninger ... 85
Det respiratoriske Stofskifte ... 86
Indaandingsluften ... 87
Udaandingsluften ... 88
Alveoleluften ... 90
Luftarterne i Blodet ... 94
Luftskiftet mellem Lungeluft og Blod ... 97
Vævsrespirationen ... 99
Aandedrættets Regulering ... 101
Muskelarbejdets Indflydelse paa Respiration og Kredsløb ... 109
Lungernes Rumfang ... 111
Arbejdsforsøg ... 113
Arbejdets Størrelse ... 119
De respiratoriske Funktioner ... 121
Kredsløbet ... 133
Aandedrættets og Kredsløbets Regulering under Muskelarbejde 147
Træning ... 160
Stofskiftets kvalitative Forhold ... 171
Legemets kemiske Bestanddele ... 171
Mineralstofferne ... 172
De organiske Forbindelser ... 173
Fedtstoffer ... 178
Kulhydrater ... 180
Proteinstoffer ... 184
Enzymer ... 190
Fordøjelsen ... 192
Fordøjelsen i Mundhulen ... 193
Synkning og Brækning ... 195
Fordøjelsen i Ventriklen ... 197
Tarmfordøjelsen ... 200
Næringsstoffernes Opsugning ... 208

Side

Næringsstoffernes videre Skæbne i Organismen ... 212
Afsondringsprocesserne ... 221
Nyrefunktionen ... 222
Urinen ... 222
Urinsecretionen ... 225
Urinvejenes Funktioner ... 229
Hudkirtlerne ... 231
Talgkirtlerne ... 232
Svedkirtlerne ... 233
Stofskiftets kvantitative Forhold ... 235
Indledende Bemærkninger ... 235
Stofskifteforsøg ... 239
Beregningen af et Stofskifteforsøg ... 244
Stofskiftet under Sult. Standardstofskiftet ... 248
Stofskiftet ved Tilførsel af Føde ... 256
Stofskiftet under Muskelarbejde ... 265
Menneskets Ernæring ... 278
Legemstemperatur og Varmeregulation ... 285
Legemstemperaturen ... 286
Varmeregulationen ... 289
Forplantningen ... 296
Mælken ... 300
Individets Vækst ... 302

LYMFE OG BLOD.

LYMFEN OG DENS BEVÆGELSE.

BETINGELSEN for, at Legemets Funktioner kan foregaa paa normal Maade, er dén, at der tilføres Organerne arterielt Blod. Vexelvirkningen mellem Blodet og Vævene foregaar imidlertid ikke umiddelbart men gennem en Vædske, hvori samtlige Formelementer findes suspenderede, Vævsvædsken eller Lymfen.

Da Cellernes Stofskifte er individuelt forskelligt, er det paa Forhaand givet, at den Lymfe, gennem hvilken Transporten af Næringsstoffer og Affaldsstoffer foregaar, maa være af forskellig Sammensætning i de forskellige Organer. Denne Organlymfe har man imidlertid kun i de færreste Tilfælde kunnet undersøge særskilt; man vil som Regel være henvist til Undersøgelse af den blandede Lymfe fra de større Lymfekar, specielt Ductus thoracicus. Denne er sædvanligt en klar, svagt gullig Vædske, hvis Vægtfylde er omkring 1015. Reactionen er svagt alkalisk.

Lymfen ligner Blodplasma i Sammensætning men indeholder dog som Regel mere Vand og er fattigere paa Proteinstoffer; den angives i Almindelighed at indeholde 94 % Vand, 4—5 % Protein og henved 1 % Salte især NaCl. Lymfen fra Fordøjelseskanalen, specielt fra Opsugningsorganet, den saakaldte Chylus, er ofte rig paa Fedt, hvilket, da det forekommer i emulgeret Tilstand, giver denne et

mælket Udseende. Af Formelementer findes i Lymfen kun Leucocyter. Ved Henstand vil Lymfen ligesom Blodplasma koagulere, hvorved der vil dannes et farveløst Fibrinkoagel og Lymfeserum.

Lymfens Dannelsesmaade er forskellig i de forskellige Organsystemer; men den stammer i alle Tilfælde direkte fra Blodvædsken og dannes dels ved Filtration, idet Kapillærtrykket er højere end Trykket i Vævene, dels ved Hjælp af osmotiske Kræfter. Under de dissimilatoriske Processer nedbrydes complexe Molekyler til simplere Forbindelser, hvorved Molekylernes Antal forøges, og dette betinger et højere osmotisk Tryk i Vævene, der atter medfører forøget Transsudation gennem Karvæggene. Naar man under Hvile indlægger en Kanule i Ductus thoracicus, vil der udflyde Lymfe, der efter fedtrige Maaltider er mælkeagtig, under sædvanlige Forhold klar, gullig som Blodvædsken. Hvis nu Kapillærtrykket paa én eller anden Maade bringes til at stige, da forøges ogsaa Lymfestrømmen; mere indgaaende Forsøg viser, at Forøgelsen stammer fra Fordøjelsesorganerne, specielt fra Leveren. Indlægger man Kanule i et af de større Lymfekar fra Extremiteterne, viser det sig derimod, at der under Hvile ikke udflyder Lymfe af Karret, og endvidere, at man heller ikke gennem en Forhøjelse af Kapillærtrykket i Extremiteten er i Stand til at bringe Lymfestrømmen i Gang.

Man maa derfor antage, at Lymfeproduktionen i Fordøjelsesorganerne foregaar kontinuérligt, og at de derved virksomme Kræfter først og fremmest er Filtration, hvorimod der i Musklerne i Hvile overhovedet ikke produceres Lymfe, medens en Lymfeproduktion finder Sted under Arbejde og da paa Grund af osmotiske Kræfter. Under Arbejde forøges Lymfestrømmen ikke blot i det arbejdende Organ men ogsaa i fjærnere Organer, hvilket tyder paa, at der ved Cellernes Aktivitet dannes Stoffer, der af en af de tidligere nævnte Grunde befordrer Lymfeproduktionen.

Man er altsaa i Stand til indenfor visse Grændser at paavirke Lymfeproduktionen ved fysiske Indgreb, ved Injection af visse Stoffer i Blodet eller i Vævene, hvorved det osmotiske Tryk stiger, eller hvorved Kapillærtrykket forøges; men ogsaa ad kemisk Vej kan man paavirke denne, idet forskellige Stoffer virker paa Blodkarrenes Endothel saaledes, at Transsudationen lettes. Denne Virkning maa imidlertid betragtes som en Giftvirkning.

Lymfens Mængde lader sig ikke bestemme med blot nogenlunde Nøjagtighed; den Mængde, der i Tidsenheden passerer Ductus thoracicus, maa ligeledes iflg. Sagens Natur være ret forskellig, og man finder da ogsaa stærkt varierende Opgivelser i saa Hensende, fra 1—2 Liter i Døgnet til 3 cm^3 pr. Kilo & Time.

Lymfekarrene begynder som et Netværk af yderst tyndvæggede Lymfekapillærer, der efterhaanden samler sig til større og større Lymfekar, der er forsynede med meget talrige lommeformede Klapper (Fig. 1). I de mindre Kar skyldes Lymfens Bevægelse først og fremmest Dannelsen af ny Lymfe, hvorved Spændingen i Vævene stiger; Vædsken bevæger sig da derhen, hvor Trykket er lavest. I Extremiteterne repræsenteres dog en væsentlig Del af Drivkraften af Musklerne; ved Musklernes Kontraktioner komprimeres Lymfe karrene og Lymfen strømmer da i central Retning, idet enhver Bevægelse i distal Retning hindres af Klapperne. Ogsaa passive Bevægelser og Massage befordrer Lymfens Strømning. Hvad Ductus thoracicus angaar, har man endnu en Faktor at regne med nemlig Respirationsbevægelsen; under Inspiration forøges det intraabdominale Tryk, medens Trykket i Thoraxrummet falder, og begge disse Tryksvingninger vil virke i samme Retning, d. v. s. paaskyndende paa Lymfestrømmen gennem Brystgangen.

Ethvert Lymfekar vil, forinden det udmunder i en Hovedstamme, passere én eller flere saakaldte Lymfekirtler; disse »Kirtler« har som bekendt fra Anatomien en spongiøs

Bygning saaledes, at Lymfestrømmen maa passere udbredte, kapillære Spalterum, og de tjener dels som Lymfefiltre, idet de tilbageholder fremmede Bestanddele som Cellerester, Bakterier, Støvpartikler m. m., dels som Dannelsessteder for Lymfens Formelementer; disse træffes i forholdsvis ringe Antal i de tilførende derimod i stor Mængde i de fraførende Kar.

BLODET OG DETS KREDSLØB.

A. Blodet.

Cellernes Stofskifte, der bestaar i, at den indtagne Fødes Spaltningsprodukter under Anvendelse af Energi opbygges til levende Substans eller til Reservenæring, at endvidere disse Stoffer, naar Organismens Tarv kræver det, under Optagelse af Ilt atter nedbrydes, hvorved den bundne (potentielle) Energi frigøres som Varme eller Bevægelse, dette Stofskifte forudsætter, at Materialet til de syntetiske Processer tilføres Cellerne, at Ilt stadig er for Haanden, og at de dannede Dissimilationsprodukter, hvis Ophobning i Cellerne kan virke forstyrrende paa Stofskiftet, fjærnes fra Vævene.

Det er Blodets overordentlig vigtige Funktion at tilvejebringe disse Arbejdsbetingelser for Cellerne.

Blodets fysiske Egenskaber.

Blodet er ikke homogent men bestaar i en Opslemning af meget talrige og meget smaa Formelementer. Hos Hvirveldyrene er Blodet en rød, selv i tynde Lag uigennemsigtig, klæbrig Vædske af en ejendommelig, fad Lugt og en svagt saltagtig Smag. Dets Vægtfylde er ca. 1055 og dets Frysepunkt — 0,56°; Reactionen med Lakmus er alkalisk; bestemmer man den virkelige Surhedsgrad, viser det sig, at

denne vel ligger paa den alkaliske Side, men meget nær ved Neutralpunktet.

(Den virkelige Surhedsgrad maales ved Brintionconcentrationen. I en Opløsning, der er ledende for Elektricitet, en Elektrolyt, vil altid mere eller mindre af det opløste Stof være spaltet i Ioner, d. v. s. elektrisk ladede Smaadele; en Syre vil saaledes spaltes i Brintioner og Syrerestioner, en Base i Hydroxylioner og Metalioner, og Syrens eller Basens »Styrke« er ligefrem proportional med Antallet af frie Ioner. Da imidlertid i vandige Opløsninger Produktet af H-ioner og OH-ioner er konstant, kan man efter Behag anvende enhver af disse Faktorer som Maal saavel for Surhedsgrad som for Alkalescens. For Vand og for neutrale Vædsker overhovedet er de to Faktorer lige store. Vandets Dissociationskonstant er $10^{-14,14}$ og Brintionconcentrationen er altsaa $C_H = 10^{-7,07}$, idet man som Enhed (Brintionconcentrationen 1) regner med en Opløsning, der paa en Liter indeholder 1 Gramæquivalent Brint som Ioner. Sædvanligt skrives kun Exponenten, p_H).

For normalt Menneskeblod ved 40 mm CO_2-Spænding ligger p_H omkring 7,33.

Blodmængden.

Man har paa forskellig Maade søgt at komme til Klarhed over, hvor meget Blod der i det hele taget findes i Legemet; ingen af de anvendte Metoder synes imidlertid helt paalidelige. En af de ældste Metoder bestaar i at bestemme Hæmoglobinmængden i en Blodprøve fra Forsøgsdyret og derefter lade dette forbløde fra en større Arterie, idet man samtidig gennem en Vene tilfører det en fysiologisk Saltopløsning. Paa denne Maade faar man udskyllet Blodet saa fuldstændigt som muligt. Man sønderdeler dernæst Dyret og udtrækker med Vand. Dette Vadskevand blandes til den fra Karrene udskyllede Vædske, hvorpaa Hæmoglobinmængden i den samlede Vædskemængde bestemmes. Ved Hjælp af den først tagne Blodprøve og den samlede Hæmoglobinmængde kan Blodvolumen bestemmes. Paa Grundlag af saadanne Undersøgelser angiver man dette til ca. $^1/_{13}$ af Legemsvægten.

Da imidlertid den omtalte Metode af nærliggende Grunde kun undtagelsesvis kan finde Anvendelse paa Mennesker, har man i nyere Tid forsøgt andre Fremgangsmaader. En af de seneste bestaar i at indføre i Blodbanerne en kendt Mængde af et Farvestof, der farver Blodplasmaets Kolloider. Naar man efter en passende Tids Forløb tager en Blodprøve og centrifugerer Blodlegemerne ned, kan man kolorimetrisk bestemme Farvestoffets Concentration i Plasma og dermed Plasmaets Mængde. Denne Metode skal give lidt for høje Resultater, fordi en ringe Mængde af Farvestoffet vil diffundere ud af Blodkarrene under Blandingen med Blodet. De fundne Værdier for Blodmængden stemmer dog ganske godt med de ældre Opgivelser. Ifølge andre Undersøgelser (Dreyer) skal Blodmængden ligesom Legemets Overflade være en Funktion af W^n, hvor W er Legemsvægten.

Man tør vistnok regne med en Blodmængde paa omkring 5 Liter hos en voxen Mand. Men den i et givet Øjeblik circulerende Blodmængde kan variere ret betydeligt, idet Blodet, naar dets osmotiske Ligevægt forstyrres, kan tiltrække Vædske fra Vævene eller afgive Vædske til disse, alt efter Forstyrrelsens Natur. Saadanne Forandringer maa endda antages at kunne foregaa ret hurtigt.

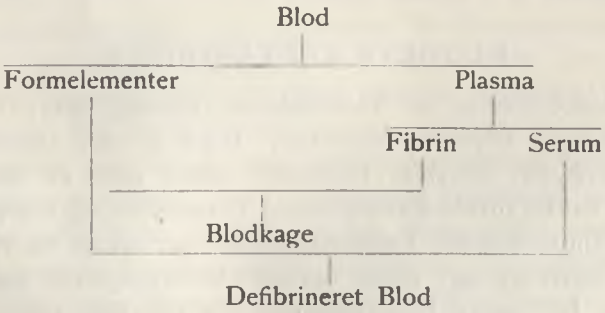
BLODETS BESTANDDELE.

Blodet bestaar af Blodvædsken, Plasma, hvori Formelementerne findes suspenderede. Disse er røde Blodceller, Erythrocyter, farveløse Blodceller (oftest med et uheldigt Navn kaldet »hvide Blodlegemer«), Leucocyter, og Blodplader eller Thrombocyter. Formelementerne kan skilles fra Plasma ved Centrifugering; under særlige Omstændigheder kan de, da de har højere Vægtfylde end Blodvædsken, bundfældes ved Henstand, men under sædvanlige Forhold vil Blodet, naar det staar hen, koagulere, d. v. s. stivne til en geléagtig Masse.

Koagulationen.

Naar Blodet udtømmes af Karrene, vil det efter et Par Minutters Forløb begynde at stivne, og i Løbet af en halv Snes Minutter er det koaguleret. Ved fortsat Henstand vil der efterhaanden samle sig en fastere Klump, Blodkagen, der bl. a. indeholder de røde og farveløse Blodceller; udenom Koaglet finder man en klar, svagt gullig Vædske, Serum. Den nærmeste Aarsag til Koagulationen er dén, at et i Plasma opløst Proteinstof, Fibrinogén, omdannes til uopløselig Fibrin. Fibrinet udskilles som et Netværk af yderst fine Traade, der efterhaanden trækker sig sammen og trækker de cellulære Elementer med sig. Hvis man ryster eller pisker det udflydende Blod, udskilles Fibrinet som gullige, seige Traade; lader man derefter det saaledes defibrinerede Blod staa hen, vil de cellulære Bestanddele bundfældes, først Erythrocyterne, derefter Leucocyterne, og Serum vil samle sig øverst. Enkelte Dyrearters Blod koagulerer saa langsomt, at Blodcellerne forinden faar Tid til at synke tilbunds, medens Plasma samler sig øverst i Karret; Blodkagen bliver i saa Tilfælde ufarvet.

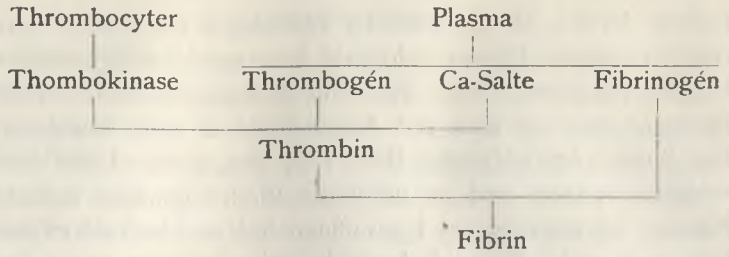
Nedenstaaende Skema giver en Oversigt over de hér omtalte Forhold:



Da Koagulationen normalt indtræder, saa snart Blodet kommer i Berøring med andre Medier end den ubeskadigede Karvægs Celler, faar denne Proces Betydning for det levende

Individ derved, at den standser Blødninger fra mindre Saar eller Skrammer. Det er imidlertid ikke specifike Egenskaber hos Karvæggenes Celler, der hindrer Koagulationen, hvilket fremgaar deraf, at man ved Anvendelsen af visse Kunstgreb kan hindre det udtraadte Blod i at koagulere. Dette kan saaledes opnaaes ved at udtømme Blodet gennem fedtede Kanuler og opsamle det i paraffinerede Kar eller under Olie, kort sagt under Forhold, hvor det ikke kommer til at befugte de Ting, som det kommer i Berøring med. Omvendt kan Blodet koagulere i Karrene, naar disses Endothel er patologisk forandret. Ogsaa Temperaturforholdene influerer paa Koagulationsprocessen saaledes, at denne paaskyndes ved høj og hemmes ved lav Temperatur. Koagulationen kan endvidere hindres ved Hjælp af visse Salte, Magniumsulfat, Kaliumoxalat m. fl., samt af et ejendommeligt Stof, Hirudin, der udvindes af Blodiglens Spytkirtler.

Fibrinogenets Omdannelse til Fibrin skyldes et Stof, Thrombin, der dog ikke under normale Forhold findes færdigdannet i Blodet men træffes som et Forstadium, Thrombogén, der ved Hjælp af et Stof, Thrombokinase, der forekommer i de fleste Væv og Celler, bl. a. ogsaa i Blodets Formelementer, og under Medvirkning af Blodets Kalksalte omdannes til Trombin. Blodets Thrombocyter spiller en fremtrædende Rolle ved Koagulationsprocessen, idet de hurtigt destrueres, hvorved deres Indhold af Thrombokinase frigøres. Thrombinets Natur er utilstrækkelig bekendt; det har længe været betragtet som et Enzym, men nyere Undersøgelser gør det tvivlsomt, om denne Opfattelse holder Stik. Koagulationsprocessen beror altsaa paa en Vexelvirkning mellem flere forskellige Elementer (se omstaaende Skema), og den kan hindres, naar et enkelt af disse mangler eller bringes til at svigte; det beror saaledes paa en Fældning af Kalksaltene, naar Kaliumoxalat hindrer Koagulationen, medens andre Salte kan fælde Thrombokinasen eller paa anden Maade hindre Thrombindannelsen. Hirudin derimod hindrer



det færdigdannede Thrombins Virkning paa Fibrinogenet. Individer, hvis Blod mangler et af de nævnte Elementer, og hvis Blod derfor ikke kan koagulere, vil selv efter minimale Læsioner være udsatte for betydelige Blodtab (Hæmophili).

Plasma.

Blodplasma er en klar, svagt gullig Vædske, der indeholder 0,4—0,6 % Fibrinogén foruden de nedenfor nævnte Serumbestanddele. Det maa naturligvis erindres, at Blodvædsken ligesom Lymfen varierer noget i Sammensætning.

Blodserum

ligner i Udseende Plasma; det har en Vægtfylde paa omtrent 1028 og indeholder 7—9,7 % Tørstof, hvoraf 5,5—8.4 % er Proteinstoffer, navnlig Serumalbumin og Serumglobulin. Af andre kvælstofholdige Stoffer findes smaa Mængder Urinstof og andre Nedbrydningsprodukter af Proteinstoffer. Blandt de ikke N-holdige Stoffer maa nævnes 0,1—0,2 % Druesukker samt Fedt i ret vexlende Mængder, det sidste i emulgeret Tilstand; endvidere findes forskellige Mineralsalte, blandt hvilke Natriumsaltene er de overvejende, saasom

Salte:	Ioner:
Kaliumsulfat	Na^+
Kaliumchlorid	K^+
Natriumchlorid	Ca^{++}

Natriumfosfat	Mg^{++}
Natriumbicarbonat	Cl^{-}
Calciumfosfat	HCO_3^{-}
Calciumchlorid	SO_4^{--}
Magniumfosfat.	HPO_4^{--}

Den totale Saltmængde er omtrent 0,85 %, hvoraf 0,6 % NaCl; Hovedmassen af disse Salte findes spaltede i Ioner. Endelig finder man i Serum ogsaa Luftarter opløste, først og fremmest Kultveilte, men ogsaa Ilt og Kvælstof findes i mindre Mængder. Foruden de hidtil omtalte Stoffer findes i Serum adskillige Enzymer samt andre i kemisk Henseende ret ukendte Stoffer, saakaldte »Antistoffer«, der fælder fremmede Proteinstoffer, Bakteriegifte o. s. fr., og som altsaa tjener til Organismens Beskyttelse. Saadanne Stoffer, der i Immunitetsforskningen spiller en fremtrædende Rolle, skal imidlertid ikke nærmere omtales hér.

BLODETS FORMELEMENTER.

Erythrocyterne.

Betragter man Blod ved stærk Forstørrelse, ser man, at det indeholder et uhyre Antal Smaalegemer, der ved nærmere Undersøgelse viser sig at have Form som kredsrunde, bikonkave Skiver; dette er de saakaldte røde Blodceller, Erythrocyterne. I Præparatet viser de sig ofte ordnede i »Pengeruller«; Størrelsen er ret konstant; Diameteren angives til 7,5 μ, Tykkelsen ved Randen til 2,5 μ. (Se Fig. 2.) Erythrocyterne er meget elastiske og kan undergaa betydelige passive Formforandringer; de kan saaledes ved at passere et snævert Kapillær trækkes ud til Pølser, hvis Længde er mere end det dobbelte af det hvilende Blodlegemes Diameter.

Hos det voksne Pattedyr mangler Erythrocyterne Kærne, hvorimod de hos Pattedyrfostret ligesom hos Fugle, Krybdyr og Fiske er kærneholdige. De dannes i den røde Benmarv

og gaar efter en forholdsvis kort Levetid til Grunde, dels i Milten, dels og især i Leveren.

For at kunne bestemme Erythrocyternes Antal fortynder man Blodet i en dertil konstrueret Pipette med en passende Blandingsvædske og anbringer en Draabe af Fortyndingen i en nøjagtig tilsleben Glascelle, hvis Højde er 0,1 mm, og hvis Bundflade er inddelt i smaa Kvadrater. Man lægger Glascellen under Mikroskopet og tæller, hvor mange Erythrocyter der findes svarende til et af de smaa Kvadrater; er dette Antal f. Ex. 12, og er Siden i Kvadratet 0,05 mm, vil der altsaa, hvis Blodet er fortyndet 100 Gange, i en mm^3 Blod findes $12 \times 400 \times 10 \times 100 = 4800000$ Erythrocyter. Jo flere Kvadrater man tæller, desto paalideligere bliver naturligvis Resultatet. Man regner, at der hos Mænd findes gennemsnitligt ca. 5,4 hos Kvinder ca. 4,8 Millioner Erythrocyter pr. mm^3 Blod.

Erythrocyternes samlede Overflade anslaas hos en voxen Mand til 3200 m^2 (Til Sammenligning tjener, at Legemets ydre Overflade er ca. 2 m^2).

De røde Blodceller kan paa Grund af deres Lidenhed ikke filtreres fra Plasma, derimod kan de som allerede nævnt skilles fra Blodvædsken ved Centrifugering, idet deres Vægtfylde er større end dennes (1088—1105). Hvis Centrifugeringen foretages i inddelte Rør, kan deres Volumen i Forhold til Rumfanget af det samlede Blod direkte bestemmes; man finder paa denne Maade, at de røde Blodceller hos Manden udgør ca. 46, hos Kvinden ca. 39 Volumenprocent. Naar efter Centrifugeringen Blodvædsken opsuges, og Erythrocyterne opslemmes i en 0,85 % Saltopløsning og derefter atter centrifugeres, faar man, navnlig hvis denne Procedure gentages nogle Gange, Blodcellerne rensede for den vedhængende Blodvædske, og de kan da gøres til Genstand for nærmere Undersøgelse.

Erythrocyterne bestaar af en halvflydende Masse indesluttet i en Membran af kamret Bygning dannet af Protein-

stoffer (Nucleoproteider) og fedtagtige Substanser (Lecithin). De indeholder ca. 60 % Vand og ca. 40 % faste Stoffer, af hvilke de $^{9}/_{10}$ er Blodfarvestof eller Hæmoglobin. Opslemmede i Saltopløsninger af forskellig Concentration frembyder Erythrocyterne visse Formforandringer, idet de enten bulner ud og nærmer sig Kugleformen eller skrumper ind og antager saakaldet Pigæbleform (Fig. 2, d). Disse Formforandringer afhænger af den omgivende Vædskes osmotiske Tryk. Den Blodcellen omgivende Hinde danner nemlig en saakaldet semipermeabel Membran, der tillader Vand at træde ud og ind men derimod ikke tillader Hæmoglobin eller Salte at passere.

Størrelsen af det osmotiske Tryk i en Vædske maales ved Hjælp af Frysepunktsdepressionen; man har fundet, at der til en Frysepunktsdepression paa 1,85° svarer et osmotisk Tryk paa 22,4 Atmosfærer, uanset hvilke Stoffer der findes i Opløsningen, og at Trykket er direkte proportionalt med Frysepunktets Sænkning; da som omtalt Blodets Frysepunkt ligger ved — 0,56°, er dettes osmotiske Tryk altsaa lig 6,78 Atmosfærer, hvilket svarer til Sammensætningen og Concentrationen af Saltene i Plasma.

Hvis Erythrocyterne altsaa opslemmes i en Vædske, der har samme osmotiske Tryk som Plasma, og som ikke virker opløsende paa Membranerne, vil deres Form ikke forandres; i en Vædske, hvis osmotiske Tryk er større, vil de antage Pigæbleform, idet Vand passerer ud gennem Membranen; er Omgivelsernes osmotiske Tryk derimod lavere, da bulner Blodcellerne ud, idet de optager Vand, indtil de kommer i osmotisk Ligevægt med den omgivende Vædske, eller indtil Membranen brister; dette sidste indtræder meget hurtigt, naar Erythrocyterne opslemmes i destilleret Vand. Man ser da, at Blodets uigennemsigtige Dækfarve gaar over til en klar, gennemsigtig Lazurfarve; der indtræder, hvad man kalder Hæmolyse.

Hæmolyse indtræder ligeledes, naar Blodcellerne behandles med en Vædske, der virker opløsende paa Membranerne, saasom Æther eller Galde, eller ved Indvirkning af Slangegift.

Naar Blodet er hæmolyseret kan Stromata (de saakaldte »Skygger«) centrifugeres ned. Disse udgør kun nogle faa Procent af Blodlegemernes Tørstof.

Blodfarvestoffet.

Blodets røde Farve skyldes Farvestoffet Hæmoglobin (Hb), et sammensat Proteinstof, der indeholder Grundstofferne C, H, O, N, S og Fe; man har beregnet den summariske Formel for Hæmoglobinets Forbindelse med Ilt, Oxyhæmoglobinet, til $C_{758}H_{1203}O_{218}N_{195}S_3Fe$, hvilket giver en Molekylærvægt paa 16669; Hb har altsaa en meget kompliceret Bygning. Hb besidder den vigtige Egenskab at kunne forbinde sig med forskellige Luftarter; den betydningsfuldeste af disse er Forbindelsen med Ilt, Oxyhæmoglobin (HbO_2). I Blodkarrene findes en Blanding af Hb og HbO_2, der tilsammen udgør hos Manden omtrent 14,75, hos Kvinden 13,3 % af den samlede Blodmængde.

Oxyhæmoglobinet er en dissociabel kemisk Forbindelse; hvis man ryster en ren Opløsning af Hæmoglobin med en iltholdig Atmosfære, vil der dannes Oxyhæmoglobin, indtil en vis Ligevægtstilstand er naact mellem Hb, HbO_2 og O_2. Da HbO_2 er en kemisk Forbindelse, afhænger den Mængde Ilt, som en given Opløsning overhovedet er i Stand til at binde, alene af Mængden af Hb; hvor megen Ilt, der i det concrete Tilfælde optages, beror paa Iltens Partialtryk[1]).

Ved Legemstemperatur og ved et Ilttryk paa 152 mm Hg optager 1 gr Hb 1,34 cm^3 Ilt. Hvis man efterhaanden ryster Hæmoglobinopløsninger af kendt Concentration med

[1]) Ved en Luftarts Partialtryk forstaar man det Tryk, som den paagældende Luftart i en given Luftblanding vilde udøve, hvis den alene indtog det samme Rumfang, som hele Blandingen indtager; dette Tryk er ligefrem proportionalt med Luftartens procentiske Mængde i Blandingen. Er Blandingens Totaltryk P, og indeholder den 20 Volumenprocent af en given Luftart, da er dennes Partialtryk $p = P \times {}^{20}/_{100}$.

forskellige Iltblandinger, derefter udpumper Luften af Opløsningerne og bestemmer de optagne Iltmængder, da kan man altsaa beregne den procentvise Mætning af Hæmoglobinet i hvert enkelt Forsøg. Afsættes Ilttrykkene (Iltpartialtrykkene) som Abscisser, de tilsvarende Mætningstal som Ordinater, og forbindes Endepunkterne af disse, da faar man en Kurve, Iltbindingskurven, der viser den indbyrdes Afhængighed mellem Ilttrykket og Mængden af Oxyhæmoglobin i Opløsningen. Den rene Hæmoglobinopløsnings Iltbindingskurve er en saakaldet ligesidet Hyperbel (se Fig. 5). Blodets Iltbindingskurve har imidlertid en noget anden Form (Fig. 6), hvilket beror dels paa Tilstedeværelsen af Proteinstoffer dels paa Salte, idet disse Stoffer hver for sig har Indflydelse paa Iltbindingen; ogsaa andre Stoffer kan faa Indflydelse paa Kurvens Form hvorom senere.

Oxyhæmoglobinet kan atter spaltes til Hæmoglobin og Ilt, reduceres, naar Ilttrykket bringes ned til 0, f. Ex. ved Udpumpning, ved at Opløsningen rystes med en iltfri Atmosfære, ved Gennemledning af indifferente Luftarter som Brint eller Kvælstof, endelig ved Anvendelse af saakaldte reducerende Stoffer, f. Ex. Svovlammonium.

Oxyhæmoglobin er et brunt krystallinsk Stof, der er let opløseligt i Vand med en livlig højrød eller gulligrød Farve alt efter Opløsningens Concentration. I passende Fortynding viser en Opløsning af HbO_2 spektroskopisk to Absorptionsbaand i den gulgrønne Del af Spektret, tættest ved 580 og 540 $\mu\mu$; samtidig vil saavel det yderste røde som den violette Del af Spektet afsvækkes. Den mørkt vinrøde Opløsning af Hb eller, som dette Stof ofte for Tydeligheds Skyld benævnes, reduceret Hæmoglobin viser spektroskopisk ét bredt Absorptionsbaand i den samme Del af Spektret kraftigst omkring 560 $\mu\mu$.

Foruden Oxyhæmoglobinet kendes endnu en Forbindelse mellem Hb og Ilt, Methæmoglobin kaldet, der udmærker sig ved, at Ilten er fast bunden saaledes, at den ikke som

Oxyhæmoglobinets Ilt lader sig fjærne ved Udpumpning. Ilten kan derimod fjærnes ved Hjælp af Reduktionsmidler, hvorved Methæmoglobinet omdannes til Hb. Methæmoglobin kan dannes af Oxyhæmoglobin ved kraftig Belysning med kemisk virkende Lys; det kan endvidere dannes i Organismen ved visse Forgiftninger, og det kan endelig dannes i Reagensglas ved Tilsætning af Kaliumferricyanid. Methæmoglobinets Opløsninger er mere eller mindre tydeligt grønligbrune og viser ved passende Fortynding tre Absorptionsbaand, af hvilke de to omtrent falder sammen med Oxyhæmoglobinets, medens det tredie og mest iøjnefaldende ligger i det røde, omtrent ved 630 $\mu\mu$.

Ogsaa med Kulilte kan Hæmoglobinet indgaa Forbindelse; da Kulilten bindes fastere end Ilten, kan den altsaa uddrive denne sidste, og herpaa beror dens bekendte »Giftighed«. HbCO dannes ved Indaanding af Belysningsgas eller »Kulos«; det giver en kirsebærrød Opløsning, hvis Absorptionsspektrum meget ligner Oxyhæmoglobinets men kan skelnes fra dette derved, at det ikke forandres af Reduktionsmidler.

Ved Hjælp af stærke Syrer eller Alkalier kan man spalte Blodfarvestoffet i et Proteinstof, Globin, der er karakteristisk for den paagældende Dyreart, og en jærnholdig farvet Del, der er ens for alt Hæmoglobin. Ved Kogning med Syre og lidt Kogsalt dannes et Stof, saltsurt Hæmatin, der udskilles som brune, rhombiske Krystaller; disse Krystaller, der er let kendelige under Mikroskopet, har en ikke ringe Betydning, naar det gælder om at paavise Spor af Blod. Naar Hb behandles med Alkalier og Reduktionsmidler dannes Hæmochromogen, det Stof, der betinger Hæmoglobinets Evne til at forbinde sig med Luftarter. Ved Kogning med concentreret Svovlsyre fraspaltes Jærnet, og der dannes et Farvestof, Hæmatoporfyrin, der staar Galdefarvestofferne meget nær.

Til kvantitativ Bestemmelse af Hæmoglobin, anvender man navnlig kolorimetriske Metoder, idet en afmaalt

Blodmængde fortyndes, indtil dens Farve bliver lig en eller anden Standardfarve; da Oxyhæmoglobinets røde Farve imidlertid kan variere ikke saa lidt, vil man komme til de paalideligste Resultater, naar man omdanner Blodfarvestoffet til HbCO og sammenligner med Normalopløsninger af dette Stof.

Leucocyterne,

de farveløse Blodceller, findes i Blodet i langt ringere Antal end Erythrocyterne; man opgiver som Regel Antallet til 4000—10000 pr. mm^3 i Kapillærblodet, men Tallet er i Virkeligheden langt stærkere varierende. Det laveste Leucocyttal skal findes om Morgenen efter Opvaagnen; opad Dagen stiger Antallet men ikke jævnt, navnlig findes ret stærke Stigninger ved Maaltiderne og efter Legemsbevægelse, desuden træffer man regelbundne Variationer ved Stillingsforandringer (statiske Leucocytreactioner), og endelig kan Leucocyttallet paavirkes ad psychisk Vej; Antallet af Leucocyter i Kapillærblodet synes med andre Ord at være afhængigt først og fremmest af den øjeblikkelige vasomotoriske Tilstand. Paa Grund af deres forholdsvis ringe Antal kan Leucocyterne ikke tælles med nogen Nøjagtighed, før Erytrocyterne er fjærnede fra Blodet; dette foregaar imidlertid let, naar man som Blandingsvædske anvender en svag Opløsning af Eddikesyre, der hæmolyserer Blodet; Tællingen foregaar da paa samme Maade som tidligere beskrevet for Erythrocyternes Vedkommende, kun at Blodet ikke fortyndes stærkere end 1 : 10 eller 1 : 20.

Leucocyterne har forskellig Oprindelse; de dannes dels i Knoglemarven, dels i Milten, dels i det lymfoide Apparat, Lymfekirtler og Lymfefollikler, rimeligvis dannes ogsaa en Del i selve Blodet. I Overensstemmelse med den forskellige Oprindelse har Leucocyterne ikke alle samme Form, de er derimod alle i Modsætning til Erythrocyterne kærneholdige,

delingsdygtige Celler. Nogle Leucocyter er omtrent af Størrelse som Erythrocyterne; disse er sædvanligt enkærnede; de fleste er imidlertid betydeligt større, gennemsnitligt ca. 14 μ, i Hvile kugleformede Celler med lappet eller flerdelt Kærne; de inddeles i forskellige Arter efter deres Forhold til Anilinfarvestoffer (Fig. 3).

Leucocyterne er selvbevægelige; de foretager amøboide Bevægelser ved Hjælp af Pseudopodier, som trænger ind mellem de omgivende Vævselementer, og som derefter atter kan trækkes tilbage eller føre hele Cellen med sig, idet Protoplasmaet ligesom strømmer gennem den fremstrakte Udløber; Leucocyterne kan paa denne Maade udvandre fra Karrene (Vandreceller). De kan ligeledes ligesom andre Amøber omhylle og optage i sig faste fremmede Bestanddele saasom Bakterier eller Støvpartikler og eventuelt opløse og fordøje disse, en Egenskab, der har givet Anledning til Navnet Fagocyter for disse Celler. Leucocyterne staar ikke direkte under Nervesystemets Indflydelse, derimod paavirkes de ad kemisk Vej, de er chemotaktiske, idet de enten tiltrækkes eller frastødes af visse kemiske Produkter (positiv resp. negativ Chemotaxis); særlig kraftigt virker i denne Henseende visse Bakteriers Stofskifteprodukter. Ved alle betændelsesagtige Sygdomme, hvor Bakterier er trængte ind i Organismen, spiller Leucocyterne en vigtig Rolle, idet de samler sig i uhyre Masser paa det angrebne Sted og søger at optage og tilintetgøre Bakterierne. De fjærner ligeledes fremmede uorganiske Legemer, som f. Ex. Kulstøv der er trængt ind i Lungealveolerne, for senere at magasinere disse i Lymfekirtlerne. Man finder saaledes ved Obduktioner Bronchialglandlerne forstørrede, haarde og paa Gennemsnit kulsorte paa Grund af ophobede Kulpartikler. Endelig har Leucocyterne Betydning ved at fjærne beskadigede eller degenererede Vævselementer (Resorption). For øvrigt véd man kun lidt om Leucocyternes Funktioner; man antager imidler-

tid, at de ogsaa er medvirkende ved visse synthetiske Processer, og man har tilskrevet dem secretoriske Funktioner.

Leucocyternes »selvstændige« Optræden antages at bero paa fysisk-kemiske Kræfter. Man har ved Hjælp af uorganiske Stoffer forsøgt at eftergøre saavel den amøboide Bevægelse som Chemotaxien, og de vundne Resultater tyder paa, at Stoffernes kemiske Konstitution og Forandringer i Overfladespændingerne er de bestemmende Faktorer for disse Fænomener.

Thrombocyterne

kan ikke paavises i det circulerende Blod men synes at dannes i Plasma ved Afkøling eller ved Berøring med fremmede Legemer. De beskrives som ganske smaa (0,5—3 μ) kærneholdige Celler (Fig. 4), der findes i et Antal af omtrent 600000 pr. mm^3; de synes at besidde Evne til amøboid Bevægelse men er kun lidet undersøgte, idet de meget hurtigt gaar til Grunde. Med Hensyn til deres Funktioner véd man kun, at de medvirker ved Blodets Koagulation (se ovenfor).

Det er som allerede omtalt Blodets Funktion at tilvejebringe Betingelserne for Vævenes Stofskifte; da det imidlertid selv er levende Væv, — Blodet maa fra et histologisk Synspunkt betragtes som Bindevæv med flydende Grundsubstans, en Opfattelse, der ogsaa frembyder sig for den fysiologiske Betragtning, særlig paa Grund af Proteinstoffernes Forhold i Plasma, — maa der ogsaa i dette foregaa et Stofskifte. Et saadant lader sig da ogsaa paavise; det er imidlertid i Menneskeblod ret ubetydeligt; i Blod med kærneholdige Erythrocyter kan det derimod være forholdsvis stort.

B. Kredsløbet.

Blodet drives af Hjærtet rundt i Legemet gennem et lukket Rørsystem, Blodkarrene. Det hele System deles i to Hovedafsnit: Det lille og det store Kredsløb. I det lille Kredsløb strømmer Blodet fra højre Hjærte gennem Lungerne til venstre Hjærte, i det store fra venstre Hjærte gennem samtlige Legemets Organer og Væv til højre Hjærte (Fig. 7 c). Hvert af disse Hovedafsnit deles igen i tre Afdelinger: Arterier (Pulsaarer), i hvilke Blodstrømmen har Retning bort fra Hjærtet, Kapillærer (Haarkar), i hvilke Vexelvirkningen mellem Blodet og Vævene foregaar, og Vener (Blodaarer), i hvilke Blodstrømmen har Retning mod Hjærtet.

Arterierne er tykvæggede Kar, hvis Vægge yderst bestaar af et Bindevævslag, Tunica adventitia; indenfor dette findes et tykt Muskellag, Tunica muscularis, af den for Indvoldsmusklerne karakteristiske Bygning, inderst atter et Bindevævslag, Tunica intima, indeholdende meget rigeligt elastisk Væv, der i de større Kar danner et sammenhængende Lag. Tunica intima er inderst mod Karrets Lumen dækket af et Endothellag, der umiddelbart gaar over i Endocardiet. Kapillærernes Vægge er meget tynde; de typiske Kapillærers Vægge dannes udelukkende af et Endothellag. Venerne er i Hovedsagen byggede som Arterierne, kun er Muskellaget langt svagere, og det elastiske Bindevæv er tilstede i langt ringere Mængde; som Følge heraf er Venevæggen betydeligt tyndere end Arterievæggen. Ogsaa Hjærtets Bygning er principielt den samme; den er imidlertid saa stærkt differentieret, at den kræver særlig Omtale, hvorom nærmere i et senere Afsnit.

I det lille Kredsløbs Kapillærer bringes Blodets Luftarter i Vexelvirkning med Lungeluften, hvorved der foregaar en Udligning mellem de respektive Spændinger. Resultatet af denne Udligning er, at Blodet forlader Lungerne med en lavere Kulsyrespænding og en højere Iltspænding,

end det havde ved Indtrædelsen; naar Blodet forlader Lungerne, vil praktisk talt alt Hæmoglobin være omdannet til Oxyhæmoglobin, og Blodfarven derfor lys højrød (Arterielt Blod). I det store Kredsløbs Kapillærer foregaar der en Vexelvirkning mellem Blodet og Vævselementerne, hvis Iltspænding er lavere end Arterieblodets, ofte vistnok meget ringe; derfor vil en Del af Oxyhæmoglobinet atter reduceres til Hæmoglobin. Da endvidere Vævenes CO_2-Spænding som Regel er højere end Arterieblodets, vil Blodet optage Kulsyre. Det mørkt vinrøde, venøse Blod indeholder altsaa en Blanding af Oxyhæmoglobin og Hæmoglobin. Det er imidlertid ikke blot en Udligning af Luftspændinger, der finder Sted i det store Kredsløbs Kapillærer. Blodet optager og transporterer de Stoffer, hvormed Cellerne arbejder, og det bortskaffer Affaldsprodukter fra Cellernes Virksomhed, derfor maa stadig andre, saavel fysiske som kemiske, Kræfter være i Virksomhed og Blodet maa stadig ændres i Sammensætning.

Som Regel passerer Blodet i det store Kredsløb kun ét Haarkarnet, men denne Regel er ikke absolnt gyldig; Veneblodet fra Ventrikel, Tarm, Bugspytkirtel og Milt samler sig til en tyk Venestamme, V. portæ, der træder ind i Leveren og hér opløser sig til et nyt Kapillærnet for atter at samle sig i Vv. hepaticæ. Ogsaa i Nyrerne træffer man et dobbelt Kapillærnet men her findes det »extraordinære« Kapillærsystem paa Kredsløbets arterielle Side.

Den ovenfor skizzerede Ordning af Kredsløbet gælder dog kun for de højere Hvirveldyr. Hos Fiske findes et enkelt Hjærte bestaaende af et Forkammer og et Hjærtekammer; fra dette sidste udgaar en Gællepulsaare, der i Gællerne, Fiskenes Respirationsorgan, opløser sig i Haarkar, som atter samler sig til Legemets store Pulsaarestamme. Denne opløser sig i Organerne atter til Kapillærer, fra hvilke en Venestamme fører Blodet til Forkammeret (Fig. 7 a). En delvis Sondring mellem et Lungekredsløb og et Legemskredsløb med en tilsvarende Differentiering af Hjærtet findes hos Padder og Krybdyr. Hos disse træffer man et Hjærte bestaaende af to Forkamre og ét Hjærtekammer, hvorfra der udgaar en enkelt Arteriestamme,

der deler sig i en Lunge- og en Kroparterie. Fra hvert af disse Karomraader vender Blodet tilbage til et af Forkamrene; man faar derimod i Hjærtekamret en Blanding af arterielt og venøst Blod (Fig. 7 b). En fuldstændig Adskillelse mellem Kredsløbets arterielle og venøse Side træffer man hos Fugle og Pattedyr. Men selv hos Pattedyrene er Adskillelsen kun gennemført i det extrauterine Liv; hos Fosteret er den endnu ufuldstændig. Fosterets Respirationsorgan er Placenta; fra denne ledes det arterialiserede Blod gennem V. umbilicalis til Legemet. Navlevenen deler sig under Leveren saaledes, at en Del af Blodet sammen med Portaareblodet føres til denne, medens en anden Del gennem Ductus venosus Arantii føres direkte til V. cava og saaledes naaer lidet blandet til højre Hjærte. Fra højre Atrium strømmer nu dette Blod uden i større Udstrækning at blandes med Blodet fra V. cava superior gennem Foramen ovale til venstre Hjærte og herfra videre gennem Aorta. Fra Aortabuen afgaar de store Karstammer til Hoved og Overextremiteter, hvilke Legemsafsnit altsaa forsynes med forholdsvis stærkt arterialiseret Blod; først i Aorta descendens blandes Aortablodet med det venøse Blod fra V. cava superior, der gennem højre Hjærte, Lungearterien og Ductus arteriosus Botalli ledes til Aorta. Det blandede Blod i Aorta descendens ledes nu dels til Bugorganerne og Underextremiteterne for gennem V. cava inferior at vende tilbage til højre Hjærte, dels gennem Aa. umbilicales til Placenta, hvorfra det i arterialiseret Tilstand atter føres til Legemet. Efter Fødslen vil saavel Navlekarrene som Ductus venosus og den Botalli'ske Gang hurtigt obliterere, medens Lungekarrene undergaar en mægtig Udvikling. Aabningen mellem Hjærtets Atrier holder sig længere men vil dog som Regel være lukket inden et Aar).

Hjærtet.

Kredsløbets centrale Organ er Hjærtet, en Hulmuskel, hvis Kontraktioner repræsenterer den mekaniske Kraft, der mod Gnidningsmodstanden i Karrene driver Blodet gennem Karsystemet.

Hjærtet er anbragt i Mediastinum, ophængt i de store Karstammer og omgivet af en fibrøs Kapsel, Pericardium, inden for hvilken det kan forskydes frit. Hjærtet hviler paa Diaphragma og er skilt fra forreste Brystvæg ved Pleura og til dels ved Lungerandene; i Hovedsagen er det beliggende bag Sternum. Hjærtets Form og Størrelse afhænger af dets Kontraktionstilstand og Fyldningsgrad; i dilateret Tilstand er det plastisk, og Formen er da først og fremmest be-

stemt af Omgivelsernes Tryk og Hjærtets egen Vægt. I kontraheret Tilstand har Hjærtet Form som en stump Kegle, hvis Basis vender bagtil — til højre, og hvis Spids vender fremad — til venstre; Længdeaxen er omtrent horizontal. Hjærtets Kapacitet varierer individuelt meget betydeligt; man har ved Hjælp af Udstøbninger med Vox fundet, at venstre Ventrikel hos en voxen Mand har et Gennemsnitsrumfang paa 156 cm^3; højre Ventrikels Kapacitet maa være den samme; da de to Ventrikler arbejder i samme Takt, maatte en Forskel i Rumfang medføre en ujævn Fordeling af Blodmassen i det store og det lille Kredsløb. Hos Kvinden er Hjærtets Kapacitet mindre; Rumfanget af en Ventrikel kan vistnok anslaaes til ca. 125 cm^3.

Med Tilnærmelse kan man anslaa Hjærtets Størrelse lig Størrelsen af Individets knyttede Haand; den gennemsnitlige Vægt angives til 310 gr hos Mænd, 255 hos Kvinder; den relative Hjærtevægt, d. v. s. Forholdet mellem Hjærtets Vægt og Legemsvægten, fandtes i 36 Tilfælde at variere fra 0,43 til 0,75 % af denne sidste.

(Man har fremsat den Formodning, at den relative Hjærtevægt hos Mennesket skulde være i Aftagende, da man ved Undersøgelse af et meget stort Antal Tilfælde har fundet, at disse ikke grupperede sig symmetrisk omkring en Middelvægt men asymmetrisk omkring den Kvotient, paa hvilken det største Antal Enkelttilfælde faldt, og som laa lavere end Middelvægten. Dette skulde atter betyde, at Slægten blev mindre egnet til fysiske Anstrængelser. Det viser sig nemlig som en almindelig Regel, i alt Fald hos Fugle og Pattedyr, at den Kraft og navnlig Udholdenhed og Hurtighed i Bevægelsen, som en Dyreart eller Slægt er i Stand til at udfolde, stiger med den relative Hjærtevægt. De herhenhørende Undersøgelser er vel kun i deres Vorden; men adskillige af de fundne Tal taler dog et meget tydeligt Sprog. Man sammenligne f. Ex. de relative Hjærtevægte hos nedennævnte Former:

Tam And	0,63	Kanin	0,27	Hest	0,63
Vildand	1,06	Hare	0,75	Racehest	1,12)

Menneskets relative Hjærtevægt er forskellig efter Alder og Køn; den er størst hos den voxne Mand, mindre hos den voxne Kvinde, endnu mindre hos den opvoxende Yng-

ling og mindst hos den unge Pige. Dette skulde altsaa betyde, at unge Piger som Regel vil kunne præstere mindre i Retning af Kraft og Udholdenhed end unge Mænd, og at man i det Hele taget bør fare varsomt, naar man tilrettelægger Legemsøvelser for den opvoxende Ungdom; men det betyder naturligvis ikke, at Hjærtet i Voxealderen ikke kan opøves til at kunne præstere en god Del Arbejde. Hjærtet er som enhver anden Muskel tilgængeligt for metodisk Træning efter de samme Love, som gælder for disse. Den Hovedregel, der gælder for Skeletmusklernes Træning, at Anstrængelsen aldrig bør drives til de højere Grader af Træthed, om Øvelsen skal blive til Gavn for Individet, gælder selvfølgelig i endnu højere Grad for Træningen af Hjærtet, fordi Tilsidesættelsen af dette Hensyn for Hjærtets Vedkommende kan medføre skæbnesvangre Følger ikke blot for Træningsresultatet men for hele Organismen. Træningen forøger Hjærtets Vægt, altsaa dets Muskelmasse, men tillige forøges dets Kapacitet og dermed dets Mulighed for at kunne sende en forøget Blodmængde pr. Tidsenhed ud til de arbejdende Organer. Endelig antager man, at en forskellig Træning kan influere paa Hjærtets Form; men disse Forhold er endnu ufuldkomment kendte.

Hjærtets Vægge dannes af tre Lag, yderst en serøs Beklædning Epicardiet forbundet med Muskulaturen ved løsere Bindevæv der indeholder talrige elastiske Traade samt Fedt, inderst ligeledes et Bindevævslag Endocardiet, der danner en Fortsættelse af Karrenes Intima, og som ligeledes indeholder meget rigeligt elastisk Væv derimod mindre Fedt. Imellem disse to Lag findes Hjærtevæggens Hovedmasse, Myocardiet, dannet af en ejendommelig Form af Indvoldsmuskulatur, hvis histologiske og fysiologiske Egenskaber tidligere er omtalte (Se denne Bogs 2. Hefte S. 145—147). Muskulaturens Anordning er ret indviklet men slutter sig i Hovedsagen til den anatomiske Inddeling i Forkamre og Hjærtekamre; de faste Punkter er dels Karstammerne, hvortil

Hjærtet er ophængt, dels en solid fibrøs eller fibrocartilaginøs Bindevævsdannelse, beliggende centralt i Hjærtet paa Overgangen mellem Atrier og Ventrikler, omsluttende de venøse Ostier, Annulus fibrosus; denne kan undertiden forbene (os cordis hos Oxen).

Atriernes Muskulatur er indbyrdes forbunden, den er paa den ene Side knyttet til Indmundingsstederne for de store Vener, hvor Muskelbundterne har et i Forhold til disse cirkulært Forløb, paa den anden Side til Annulus fibrosus. Paa Indsiden af Atriernes forreste Væg findes længdeløbende fremspringende Muskelbundter, Musculi pectinati, der maa antages at virke som Fixationsapparat for Basis cordis under Ventrikelkontraktionen.

Ventriklernes Muskulatur, der er fuldstændig adskilt fra Atriernes, bestaar dels af Muskelbundter, der er fælles for bægge, dels af saadanne, der tilhører hver enkelt Ventrikel. De fælles Bundter danner det mest overfladige Lag; man har brugt det Udtryk, at Hjærtet bestaar af to muskuløse Sække omgivet af en tredie. Højre Ventrikels Væg er ret svag, hvorimod venstre Ventrikel er stærkt udviklet. Muskelbundterne tager deres Udspring fra Annulus fibrosus hvorfra de forløber i forskellige Retninger men i Hovedsagen danner svagere længdeløbende og stærke circulært forløbende Strøg; Hjærtespidsen dannes af venstre Ventrikel; her beskriver Muskelbundterne en Hvirvel og forløber uden Afbrydelse tilbage til Basis. Hjærtets ydre Overflade er glat, paa den indre derimod danner fremspringende Muskelbundter et uregelmæsigt Netværk, Columnæ carneæ; enkelte Steder ender solide Muskelbundter, de saakaldte Papillærmuskler, frit i Kaviteterne; herom nærmere nedenfor.

Hjærtefunktionen.

I funktionel Henseende danner Hjærtet en Dobbeltpumpe, én Pumpemekanisme for det store og én for det lille Kredsløb. Højre Hjærte, der er knyttet til det sidste, er som omtalt svagere end venstre, der skal drive Blodet gennem det store Kredsløb. Hver Pumpe bestaar atter af et Reservoir, Atriet, der modtager Blodet fra Venerne, og Ventriklen, der repræsenterer den egentlige Drivkraft; først og fremmest skal det være de cirkulært forløbende Muskelbundter, der virker ved Uddrivningen af Blodet, medens Længdebundterne tjener til at give det hele System en vis Fasthed. De to Hjærtepumper arbejder rhytmisk i samme Takt; man har altsaa en Kontraktionsperiode, Systole, og en Afspændingsperiode, Diastole, skiftende paa lovbunden Maade. Under Systolen forandres Hjærtets Form; det formindskes, navnlig i Tværretning, det bliver desuden fast at føle paa, og endelig sker der en ringe Lejeforandring, idet Hjærtespidsen bevæger sig lidt fremad—opad. Under Systolen forandres naturligvis tillige Ventriklernes Lumen; ved maximal Kontraktion viser højre Ventrikel sig kun som en Spalte i den svære Muskelmasse, der omgiver den til et ganske snævert Rør reducerede venstre Ventrikel.

For at Hjærtet skal kunne drive Blodet i en bestemt Retning, maa det være forsynet med Ventiler. Saadanne findes som bekendt ogsaa saavel i de venøse Ostier som ved Grunden af de store Arteriestammer. Atrioventriculærklapperne bestaar af en tragtformet Membran, der i selve Aabningen er fæstet til Annulus fibrosus; Klappen er spaltet op i to (venstre Hjærte) eller tre (højre Hjærte) Flige med uregelmæsigt bugtede, noget fortykkede Rande. Til den frie Rand af disse Flige samt til den mod Ventriklen vendende Flade fæster sig talrige tynde Senetraade, Chordæ tendineæ, der udspringer fra de før nævnte Papillærmusklers Spidser. Under Ventriklernes Diastole strømmer Blodet fra Vener og

Atrier ind i disse og fylder dem mere eller mindre fuldstændigt; Blodet, der samler sig i Ventriklen, vil trænge ind ogsaa mellem Klapfligene og Kammervæggen og vil efterhaanden nærme Fligene til hinanden eller i alt Fald hindre disse i at klæbe mod Væggene. Naar Systolen begynder, trykkes Klapfligene op i det venøse Ostium, og deres Rande slutter sig tæt til hinanden. Chordæ tendineæ hindrer Klappen i at »slaa over«, idet Ventriklens systoliske Forkortning kompenseres ved Papillærmusklernes Kontraktion. I de arterielle Ostier træffer man en noget anden Ordning; hér dannes Klapperne af tre lomme- eller svaleredeformede Flige, hvis frie Rande slutter sig sammen i det Øjeblik, da Klappen træder i Funktion. Svarende til hver enkelt Klapflig danner Arterievæggen en Udbugtning, hvorved hindres, at Fligene under Blodets Uddrivning fra Ventriklen kan lægge sig tæt op ad Arterievæggen; paa denne Maade sikres en næsten momentan Lukning af Klappen i det Øjeblik, da Trykket i Ventriklen falder under Arterietrykket. Disse Semilunærklappers særlige Bygning gør et Hemningsapparat som dét, der findes ved Atrioventriculærklapperne overflødigt. — Samtlige Klapper lukker under normale Forhold vædsketæt, og Lukningen foregaar saa hurtigt, at praktisk talt intet Blod kommer til at løbe i tilbagegaaende Retning. — I Indmundingsstederne for de store Vener findes ingen Klapper, og man vil derfor under visse Betingelser kunne paavise en tilbagegaaende Blodstrøm i disse under Atriesystolen. I mange Tilfælde bemærkes en saadan Tilbagestrømning dog ikke; Atriekontraktionen begynder ved Venemundingerne, hvor de circulært forløbende Muskelbundter kommer til at virke som »Snøremuskler«, der, særligt naar Fyldningen af Hjærtet under Diastole er ufuldstændig, antages at kunne hindre en tilbagegaaende Bevægelse af Blodet.

Man har ment, at Hjærtet under Diastole skulde udøve en aktiv Sugning og derved lette Blodets Tilstrømning fra Venerne; en saadan Sugning maatte imidlertid forudsætte en

aktiv Udvidning af Hjærtet, og en saadan finder ikke Sted. Ventrikelmuskulaturen afspændes, hvorpaa Ventriklerne fyldes som Følge af Trykket i det Reservoir, som dannes af de store centrale Vener. Man kan derimod tale om en Sug ning til Thoraxrummet som Helhed, men denne Sugning skyldes Respirationsbevægelserne.

Hvis man sætter et Stethoscop paa Brystvæggen over det arbejdende Hjærte, vil man høre to Lyde, de saakaldte Hjærtelyde eller Hjærtetoner. Den første Hjærtelyd falder i Begyndelsen af Systolen; man antager, at denne først og fremmest er en Muskeltone, da den høres, selv om man hindrer Atrioventriculærklapperne i at lukke sig, den anden Hjærtelyd derimod, som falder under Diastolens Begyndelse, er en Klappelyd, der skyldes Semilunærklappernes Lukning. Hjærtelydene spiller en vigtig Rolle i den medicinske Diagnostik.

Som allerede nævnt foregaar der under Systole en Bevægelse af Hjærtespidsen, hvorved denne kommer til at udøve et Tryk mod forreste Brystvæg, Spidsestødet, Ictus cordis. Dette kan i Reglen føles i IV. eller V. Intercostalrum lidt indenfor venstre Papillærlinie; ved meget stærk Hjærteaction, og navnlig naar Brystvæggen er tynd, kan Ictus blive synligt og mere eller mindre udbredt. Anbringer man en Pelotte paa Stedet for Ictus og sætter denne i Forbindelse med et Registrérapparat, faar man optegnet en Kurve for Hjærtets Bevægelser, der, sammenholdt med en Kurve for de intracardiale Tryksvingninger, som man kan opnaa ved Hjælp af Maaleapparater indførte i Hjærtet gennem Halskarrene, sammenholdt endvidere med Hjærtelyde og Puls (se senere), giver vigtige Oplysninger om Hjærtevirksomhedens Mekanik.

Det viser sig da, at Hjærtets Kontraktionsfase indledes med Atriernes Kontraktion, hvorefter følger Ventrikelsystolen, der umiddelbart har til Følge, at Atrioventriculærklapperne lukkes; det varer derimod en Brøkdel af et Secund, før

Semilunærklapperne aabner sig, fordi dette naturligvis først kan ske, naar Trykket i Ventriklen er blevet højere end i den paagældende Arterie. Naar dette Tryk en Gang er naaet, holder det sig under Uddrivningsperioden, medens Blodet strømmer ud i Arterien, jævnt og højt; efter Systolens Slutning falder Trykket stejlt af, og Seminulærklapperne lukkes samtidig med, at Klapperne i de venøse Ostier aabner sig. Herefter følger en kortvarig Pause, under hvilken der intet sker, hvorpaa en ny Periode indledes med Atriernes Kontraktion. — Man har, idet man regner med 75 Kontraktioner i Minuttet, fundet følgende Tider for de enkelte Faser i Hjærteperioden:

Hele Perioden	0,80	Secund	
Ventriklernes Systole	0,30	—	hvoraf atter
Trykstigningen	0,10	—	
Uddrivningen	0,20	—	
Ventriklernes Diastole	0,50	—	hvoraf
Afspændingen af Muskulaturen	0,30	—	
Hjærtepausen	0,05	—	og
Atriernes Systole	0,15	—	

Forholdet mellem Varigheden af Hjærtets Faser varierer imidlertid — iflg. Maalinger foretagne af Fridericia paa Electrocardiogrammer — med Rhytmen paa lovmæsig Maade. Medens hele Hjærtets Periode, Pulsperioden, p, er omvendt proportional med Rhytmen, er Systolens Varighed $s = 8{,}22 \sqrt[3]{p}$, naar bægge de nævnte Størrelser maales i Hundrededel Secunder. Systolens Varighed er altsaa længst, naar Hjærtets Rhytme er langsom, og omvendt; men Variationerne er meget betydelig mindre end de samtidige Forandringer i Diastolens Varighed. Systolens Varighed ligger for de undersøgte normale Individers Vedkommende mellem 0,28 og 0,42 Secund, medens Pulsperioden i de fleste Tilfælde varierer mellem 0,40 og 1,20 Secund. Hos trænede Sports-

mænd, hvis Hjærteaction som Regel bliver forholdsvis langsom, — man har konstateret en Frekvens paa 45 hos et sundt og kraftigt Individ, — finder man altsaa ogsaa en forholdsvis lang Systole: men om denne, saaledes som man har formodet, skulde være længere end hos ikke trænede Individer med en tilsvarende Frekvens, derom foreligger der intet sikkert.

Hjærtets Rhytme, Pulsfrekvensen, kan bestemmes ved Auscultation af Hjærtet, ved Palpation af Spidsestødet eller af Arteriepulsen; disse Metoder er dog kun anvendelige, saalænge Frekvensen ikke overstiger ca. 200 pr. Minut; er Rhytmen hurtigere, maa man tage sin Tilflugt til den elektriske Registrering, Electrocardiografien. Denne Metode, der har givet vigtige Oplysninger angaaende Hjærtefunktionen, gaar ud paa at registrere Hjærtets Actionsstrømme ved Hjælp af et Strænggalvanometer, idet man afleder fra to Steder af Legemet med modsat elektrisk Potential f. Ex. bægge Arme; man kan paa denne Maade registrere indtil 1000 Kontraktioner pr. Minut.

Det gælder som almindelig Regel, at Hjærtefrekvensen er større hos smaa Dyr end hos store, den er f. Ex. ca. 700 hos Musen, ca. 200 hos Kaninen og ca. 40 hos Hesten; hos Mennesket er Rhytmen ca. 70 pr. Minut, men ogsaa Menneskets Pulsfrekvens varierer med Legemsstørrelsen; man angiver, at Frekvensen er omvendt proportional med Kvadratroden af denne, altsaa $f : F = \sqrt{G} : \sqrt{g}$. Frekvensen varierer ligeledes med Alder og Køn, den er størst hos Børn, falder fra 140 ved Fødslen til ca. 90 ved 5-aars Alderen herfra mere jævnt, indtil den ved omtrent 20-aars Alderen naaer den ovenfor nævnte, relativt konstante Værdi, maaske med en Tendens til atter at stige lidt i den højere Alder; den er hos Kvinder gennemgaaende højere end hos Mænd. Hos det enkelte Individ varierer Pulsfrekvensen under Indflydelse af forskellige ydre Betingelser; den er saaledes i høj Grad afhængig af Hvile og Arbejde, idet

selv det letteste Arbejde næsten momentant bevirker forhøjet Frekvens, den stiger efter Maaltider, falder i Sulteperioder, stiger i Varme, falder i Kulde, om end den ydre Temperatur hos Varmblodede spiller en forholdsvis underordnet Rolle; derimod vil en forhøjet Blodtemperatur sætte Frekvensen op hos disse. Frekvensen varierer ligeledes ved Stillingsforandringer, idet den er højest i staaende og lavest i liggende Stilling. Ogsaa psychiske Fænomener har Indflydelse paa Pulsfrekvensen.

Det Arbejde, som Hjærtet udfører under Systole, bestaar dels i at uddrive en vis Blodmængde mod det i Arterierne herskende Tryk, dels i at meddele denne Blodmængde en vis Hastighed. Følgende Formel giver et tilnærmet Udtryk for det systoliske Arbejde, $A = V.P + \frac{pv^2}{2g}$, hvor V er Hjærtets Slagvolumen, d. v. s. den Mængde Blod, der ved en Kontraktion drives ud i Arterien, P Middeltrykket i Aorta, p Blodets Vægt, v dets Hastighed og g Tyngdens Acceleration. Sættes Slagvolumen til 60 cc, Middeltrykket i Aorta til 120 mm Hg, har man altsaa $A = 0{,}060 \times 0{,}120 \times 13{,}6 = 0{,}098$ kgm, idet man kan se bort fra Ligningens sidste Led, der kun vil komme til at repræsentere et Par Procent af det samlede Arbejde. Anslaar man højre Ventrikels Arbejde til $^1/_5$ af det for venstre Ventrikel beregnede, faar man altsaa for hver Systole $A = 0{,}118$ kgm eller, hvis Pulsfrekvensen er 70, i et Minut 8,3 kgm, hvilket atter giver 11900 kgm eller ca. 28 Cal. i Døgnet. Da imidlertid saavel Slagvolumen som Blodtryk og Frekvens er variable Størrelser, kan Hjærtearbejdet under forskellige ydre Betingelser komme til at variere meget betydeligt, navnlig kan det under Muskelarbejde, hvor Slagvolumen og Pulsfrekvens samtidig tiltager stærkt, blive mangedoblet.

Som alle andre arbejdende Muskler behøver det arbejdende Hjærte Ilt; bliver Ilttilførslen utilstrækkelig, indtræder uregelmæsig Action navnlig periodisk udsættende

Kontraktioner, bliver Iltmanglen komplet, ophører Hjærtevirksomheden. Normalt forsynes Hjærtet med Ilt gennem det arterielle Blod, der tillige indeholder de nødvendige Næringsstoffer; Blod er imidlertid ikke nødvendigt, det kan erstattes med en iltmættet Saltopløsning, der foruden ca. 0.9 % NaCl indeholder en ringe Mængde Na_2CO_3 samt Calcium- og Kaliumchlorid; hvis man til en saadan Opløsning føjer 0,1 % Druesukker, da vil den ved Gennemledning gennem Hjærtets Kar kunne holde selv et udskaaret Pattedyrhjærte i Live og kontraktionsdygtigt i Dagevis.

Hjærtets Ledningsbaner.

Hjærtets Arbejdsmaade er tildels betinget af Hjærtemuskulaturens fysiologiske Ejendommeligheder, dels af en særegen Ledningsmekanisme.

Da Hjærtets rhytmiske Bevægelse fortsættes, selv om dette er afskaaret fra al Forbindelse med Centralnervesystemet, maa Kontraktionen skyldes et perifert Irritament, muligvis dannet i selve Muskulaturen; et saadant kendes dog endnu ikke, derimod har de sidste Aars Undersøgelser vist, at der i Hjærtet findes et vidt forgrenet Ledningsnet bestaaende dels af nervøse dels af muskulære Elementer, gennem hvilket de normale Impulser forløber.

Undersøgelserne har vist, at det normale Irritament angriber i, eventuelt udgaar fra, en ejendommelig »Muskelknude«, Sino-auriculærknuden, Keit-Flack's Knude, ogsaa kaldet »the pacemaker of the heart«, der er beliggende i Vinklen mellem V. cava sup. og højre Aurikel. Hvis denne Knude destrueres eller isoleres, standser Hjærteactionen øjeblikkeligt; efter en kort Standsning vil dog Hjærtet atter begynde at kontrahere sig men i en langsommere Rhytme end tidligere. Sino-auriculærknuden er altsaa i ledende Forbindelse med Atriemuskulaturen; fra denne forplantes Irritamentet atter til Ventriklernes Ledningsapparat, men hvorledes

denne Overføring foregaar, er endnu et aabent Spørgsmaal. Allerede flere Aar før Atriernes Ledningsbaner blev opdagede, fandt His, at Atrier og Ventrikler ikke som tidligere antaget var fuldstændig adskilte; der findes paa Grændsen tæt foran Indmundingsstedet foran V. magna cordis en neuro-muskulær Knude, hvorfra et Bundt af lignende Struktur forløber gennem Annulus fibrosus og den membranøse Del af Ventrikelskillevæggen for derpaa at dele sig i et højre og et venstre Crus til de to Ventriklers Muskulatur. Hvorledes Forbindelsen er mellem Atriernes System og His's Knude, ved man ikke, men at en saadan Forbindelse maa findes, det fremgaar deraf, at Ventriklernes og Atriernes Rhytme bliver forskellig, hvis His's Knude destrueres, eller hvis Ledningen i det omtalte Bundt, His-Tawara's Bundt, afbrydes. Sker der en fuldstændig, pludselig Afbrydelse af Bundtet, vil Ventriklerne et Øjeblik standse for derefter at gaa over til en Rhytme paa 30—40 Kontraktioner pr. Minut. Hvis Afbrydelsen er partiel, eller hvis Ledningen i Bundtet blot er hemmet, da vil et større eller mindre Antal af de normale Impulser passere det blokerede Sted, eller Ventrikelkontraktionen vil simpelthen blive en Smule forsinket; i alle Tilfælde vil den normale Tidsfølge mellem Atrier og Ventrikler blive forstyrret. Medens altsaa den normale Irritation begynder i Keith-Flack's Knude, derfra forløber gennem Atriemuskulaturen ad ukendte Baner til His's Knude og fra denne gennem His-Tawara's Bundt til Ventrikelmuskulaturen, maa man antage, at enten det adæquate Irritament eller vicarierende Irritamenter er i Stand til at angribe paa ret forskellige Punkter, naar den normale Ledningsmekanisme paa en eller anden Maade kommer i Uorden; paa dette Omraade er imidlertid Forholdene endnu langt fra at være opklarede.

Hjærtets Innervation.

Nervefibriller findes overalt i Hjærtet, derimod har man kun kunnet paavise Ganglier i Basis cordis; de nedre to Trediedele af Ventriklerne synes ikke at indeholde Ganglier. Hjærtets Nerver stammer dels fra det cranielle autonome System, dels fra Dorsal-sympathicus. De førstnævnte forløber i Vagus, hvis Fibriller synes at opløse sig til Endenet i Hjærtets Ganglier; de sympathiske Baner, der udgaar fra det nederste Hals- og det øverste Brystganglion, hvori deres trofiske Centre er beliggende, og forløber i Nn. accelerantes, gaar derimod udenom Hjærtets egne Ganglier direkte til Muskulaturen.

Vagus er Hjærtets Hemningsnerve; hvis man overskærer Vagus og irriterer den perifere Ende, bliver Hjærteactionen langsommere for ved stærk Irritation ganske at ophøre; Coronararterierne kontraheres, Hjærtet standser i Diastole, og Blodtrykket falder overordentlig stærkt. I visse Tilfælde kommer Hjærteactionen dog atter i Gang spontant; men den foregaar da i en meget langsom Takt, og ved direkte Inspektion af Hjærtet ser man, at det kun er Ventriklerne, der pulserer, medens Atrierne er i Hvile; det maa derfor antages, at Impulserne fra Vagus angriber i Sino-auriculærknuden. Hvis bægge Vagi overskæres, tiltager Hjærteactionen. Vaguscentret har altsaa Tonus; denne kan paavirkes reflektorisk ad flere Veje, saaledes fra Næseslimhinden ved Irritation af denne f. Ex. med Ammoniak, ved en Forøgelse af det intracranielle Tryk, ved mekanisk Paavirkning af visse Indvoldsnerver, — herpaa beror rimeligvis den Hjærtelammelse, der kan optræde som Følge af Slag i »Hjærtekulen«, — endelig ved afferente Impulser fra selve Hjærtet. Den bedst kendte af Hjærtets afferente Nerver, N. depressor, der begynder ved Aortas Udspring, bevirker, naar Trykket i de centrale Arterier stiger til en vis Højde, en Forøgelse af Vaguscentrets Tonus, hvorved altsaa Blodtrykket falder, og Hjærtet aflastes. Ved dobbeltsidig Overskæring af Depres-

sor vil Trykket i Aorta stige. Ogsaa visse Giftstoffer paavirker Vaguscentret; saaledes kan Vagusvirkningen paa Hjærtet ophæves ved Atropin.

Sympathicus bevirker, naar den irriteres, en Forøgelse af Hjærtets Rhytme saavel som af Hjærtets Kontraktionskraft, tillige en Udvidning af Hjærtets Kar. Ogsaa Sympathicus har Tonus, hvad der viser sig derved, at Hjærtets Rhytme aftager, naar den Del af Grændsestrængen, hvorfra Nn. accelerantes udspringer, destrueres. Angrebspunktet for de sympathiske Impulser maa ligesom Vagusimpulserne søges i Keith-Flack's Knude

Ogsaa de med Blodet circulerende Hormoner er i Stand til at indvirke paa Hjærtet, saaledes Adrenalin, hvis Virkning paa dette som paa alle andre Organer ganske falder sammen med Virkningen af en Irritation af de paagældende sympathiske Nervebaner. Adrenalin forøger altsaa Pulsfrekvensen og Hjærtets Kontraktionskraft samt udvider Hjærtets Kar, ligesom det virker stimulerende paa Iltforbruget, der kan stige til mere end det dobbelte. Dette Stof er altsaa en betydningsfuld Stimulans for Kredsløbet, naar Fordringerne til dette stiger, som f. Ex. under Muskelarbejde. Et andet Hormon, der maa nævnes i denne Forbindelse, er Kulsyren, hvis Virkning paa Hjærtet nærmest minder om Vagusvirkningen; Kulsyren bevirker Dilatation af Hjærtet og formindsket Kontraktionskraft, tillige en langsommere Rhytme.

Det maa imidlertid betragtes som det sandsynligste, at Hormonerne virker paa Hjærtet gennem dets Nerver; hvis nemlig samtlige Nerver til Hjærtet overskæres, kan dette vel under sædvanlige Forhold arbejde paa normal Maade; saasnart derimod Fordringerne til Kredsløbet stiger, da svigter Hjærtet, idet det viser sig ude af Stand til at regulere sit Arbejde efter Behovet til Trods for, at ogsaa det stærkt aktive Adrenalin under Muskelarbejdet produceres i forøget Mængde.

Blodets Strømning i Karrene.

Naar en Vædske fra en Beholder strømmer ud gennem et ueftergiveligt, cylindrisk Rør, vil Udstrømningshastigheden afhænge af Vædskens Højde over Udstrømningsaabningen, og den Vædskemængde, der i Tidsenheden flyder ud af Røret, vil være lig Produktet af Hastigheden og Rørets Tværsnitsareal. Flyder Vædsken ud gennem et Hul i Beholderens Væg af Rørets Tværmaal, vil Udstrømningshastigheden og dermed den udstrømmede Vædskemængde blive større. Grunden til denne Forskel er den, at en Del af Vædsketrykket i Beholderen medgaar til at overvinde Gnidningsmodstanden i Røret. I Røret bevæger samtlige Vædskedele sig i parallele Baner men med forskellig Hastighed, idet Hastigheden er størst midt i dette og aftager ud imod Periferien; ved Rørets Vægge er, naar disse befugtes af Vædsken, Hastigheden = 0. Middelhastigheden regnes lig det halve af den maximale Hastighed. Da en Vædske ikke er kompressibel, er Middelhastigheden i ethvert Tværsnit af Røret den samme. Gnidningsmodstanden i Røret foraarsager en vis Spænding i Vædsken, der, naar man i Afløbsrøret indsætter en Række lodrette Stigrør, viser sig som et Sidetryk, der er størst nærmest Beholderen og derfra aftager efter en ret Linie, indtil det ved Udløbsaabningen bliver Nul (Fig. 8). Sidetrykket angiver, hvor stor en Del af Drivkraften der medgaar til at overvinde Gnidningsmodstanden i Røret, og denne Del er som Regel langt større end den Kraft, der er fornøden til at meddele Vædsken dens Udstrømningshastighed. Strømmer Vædsken ikke gennem et enkelt, cylindrisk Rør men gennem en Række forbundne, ulige vide Rør, da maa der af den ovenfor nævnte Grund i Tidsenheden strømme den samme Vædskemængde gennem ethvert Tværsnit, hvoraf følger, at Hastigheden i de enkelte Afsnit maa forholde sig omvendt som de respektive Tværsnitsarealer. I de snævre Afsnit vil Sidetrykket falde stærkt, medens det i de vide

Afsnit kun behøver at falde ganske lidt; paa Overgangene mellem de forskellige Afsnit kan Forholdene blive mere komplicerede (se Fig. 8). Hvis et Rør deler sig i talrige Grene, hvis samlede Tværsnitsareal er større end det oprindelige Rørs Lysning, og disse Grene derefter atter samles til et enkelt Rør, nærmer vi os Forhold, der minder om Blodkarsystemet. Ogsaa i et saadant System maa de Vædskemængder, der i Tidsenheden passerer et hvilketsomhelst Tværsnit, være lige store. Den formindskede Modstand, der i det enkelte Rør er en Følge af det forøgede Tværsnitsareal, bliver imidlertid helt eller delvis udlignet i det forgrenede System derved, at Berøringsfladen mellem Vædske og Rørvæg i de talrige snævre Rør er betydelig større end i et enkelt, videre Rør med samme Tværsnitsareal.

(For Strømningen i Rør, hvis Diameter ikke overstiger 3 mm, gælder følgende Formel: $Q = k \frac{d^4}{l} h$, hvor Q er den i Tidsenheden udstrømmende Vædskemængde, h er Drivkraften — Differensen mellem de hydrostatiske Tryk ved Rørets Ender — d Rørets Diameter og l dets Længde, medens k er en Konstant, de betegner Gnidningsmodstanden; hvis Vædsken befugter Røret, er som omtalt Vædskens Hastighed langs Væggen = 0, d. v. s., Gnidningen foregaar i saa Tilfælde mellem Vædskedelene indbyrdes; denne »indre Gnidning« er afhængig af Vædskens Viscositet (Klæbrighed). Man har ved Hjælp af denne Formel dannet sig et Skøn over den samlede Modstand, som Blodstrømmen møder i det store Kredsløb, idet man hos en Kanin har bestemt den Blodmængde, der i et Secund passerer Aorta (Q), Trykket i Aorta (h) samt dennes Diameter; naar man kender Konstanten, k, for Kaninblod, faar man ved Hjælp af Formlen et Udtryk for l, d. v. s., man finder, hvor langt et Rør af Aorta's Dimensioner maa være, hvis det skal yde samme Modstand mod Bevægelsen, som det hele Karsystem frembyder. Man fandt i det undersøgte Tilfælde l = 300 m. Det er klart, at et saadant Tal ikke kan betragtes som andet end en Tilnærmelse, men det giver dog en Forestilling om Størrelsen af de Modstande, som Hjærtet har at overvinde, og om disses Beliggenhed).

De Love, der gælder for Strømningen i stive Rør, gælder ogsaa for elastiske, naar Strømningen i disse er kontinuérlig; hvis Vædsken derimod drives gennem Rørene i rhytmiske Stød, vil stive og elastiske Rør forholde sig forskelligt. I

første Tilfælde bevæger hele Vædskemængden sig rhytmisk, og Udstrømningen bliver altsaa intermitterende; i sidste Tilfælde kan Udstrømningen derimod ved en passende Forsøgsanordning blive kontinuérlig, idet de elastiske Karvægge udspændes, naar Drivkraften virker, saaledes, at kun en Del af den i Rørsystemet indførte Vædskemængde samtidig forlader dette gennem Udstrømningsaabningen, medens den elastisk spændte Karvæg virker som Drivkraft i Pauserne. I stive Rør danner derfor Trykkurven en brudt Linie, idet Trykket i Intervallerne, da Drivkraften ikke virker, falder til Nul, medens i de elastiske Rør Trykkurven danner en regelmæsig Bølgelinie, der ikke naaer saa høje Værdier som Trykkurven i de stive Rør, men som til Gengæld heller aldrig falder til Nul (Se Fig. 9).

Blodtrykket.

Naar Blodet bevæger sig i Karrene, udøver det altsaa et Tryk mod Karvæggen; dette Tryk kaldes Blodtrykket. Blodtrykket er en Funktion af den Modstand, som Blodstrømmen møder, det er altsaa højest i Arterierne, mindre i Kapillærerne og mindst i Venerne (Fig. 10). Blodtrykket kan bestemmes direkte ved at indsætte et Stigrør i et Kar eller ved at forbinde Karret med et Kviksølvmanometer; hos Mennesket maaler man Blodtrykket i Arterierne ved at maale, hvor stærkt et Tryk man maa udøve paa Karret for at bringe Pulsen til at forsvinde perifert for det komprimerede Sted. Man anbringer f. Ex. en bred, pneumatisk Manchet om Overarmen; naar en saadan Manchet sættes i Forbindelse med et Manometer og derpaa pumpes op, indtil Radialpulsen forsvinder, da kan man paa Manometret direkte aflæse det maximale eller systoliske Blodtryk i A. brachialis. Iagttager man Manometrets Svingninger, vil man se, at disse i Begyndelsen tiltager og derefter aftager for at forsvinde, naar det systoliske Tryk er naaet. Svingningerne

er størst, naar Arterien netop lader sig fuldstændigt komprimere mellem Systolerne. Det hertil nødvendige Tryk, der altsaa kan aflæses paa Manometret, kalder man det diastoliske Blodtryk. Differensen mellem det systoliske og det diastoliske Tryk kaldes Pulstrykket. Det kan hos Mennesket i Hvile anslaaes til 25—35 mm Hg. Som Regel vil man imidlertid komme til forskellige Resultater, naar man anvender forskellige Instrumenter; og de angivne Størrelser maa derfor ikke betragtes som absolute Maal. Man regner i Almindelighed med et Blodtryk i de middelstore Arterier paa 100—150 mm Hg.; i Kapillærerne har man ad anden Vej bestemt Trykket til omtrent $^1/_3$ af det arterielle Blodtryk, og i Venerne er det altid betydeligt lavere; desuden aftager Trykket i Venerne stærkt fra Periferien ind mod Hjærtet. Ved Dyreexperimenter har man fundet et Tryk i V. cruralis paa 11,4 mm, i V. anonyma paa 0,1 mm Hg. I det lille Kredsløb er Blodtrykket paa Grund af de korte vide Kapillærer overordentlig lavt; det er hér endvidere ret variabelt om end i absolut Maal mindre svingende end i det store Kredsløb. Trykket i A. pulmonalis anslaas til 20—35 mm Hg.

Blodtrykket er afhængigt af forskellige Faktorer: af Hjærtevirksomheden, Blodmængden og Modstanden navnlig i de smaa Arterier og Kapillærerne. Hvad Hjærtevirksomheden angaar, da er dens Indflydelse dog ikke direkte men afhængig af flere forskellige Forhold, og med Hensyn til Blodmængden gælder noget lignende, idet man ved Transfusion kan tilføre betydelige Vædskemængder eller ved Aareladning kan udtømme anselige Kvanta Blod, uden at Blodtrykket derved væsentligt forandres. Derimod vil Forandringer i den perifere Modstand ifølge Sagens Natur være den for Blodtrykket dominerende Faktor. Klinisk set varierer Trykket maalt i en perifer Arterie under forskellige kun delvis kendte Betingelser; det varierer saaledes med Legemets Stilling, idet det som Regel er lavere i liggende

end i de aktive Stillinger. Ved visse fysikalske Indgreb som f. Ex. ved Bestraaling af Huden med kraftigt, kemisk virkende Lys (Finsen-Bade) kan man opnaa en Nedsættelse af Blodtrykket, der kan holde sig i flere Maaneder; ogsaa varme Bade nedsætter Blodtrykket, dette stiger derimod stærkt under kold Douche, ligesom det i Reglen er højt under Ophold i Vandet. Under Muskelarbejde stiger Blodtrykket, hvorom nærmere nedenfor.

Strømningen i Arterierne.

Arterierne er elastiske Rør, hvis Vægge under Ventriklernes Systole passivt spændes, medens den spændte Karvæg under Diastole virker som Drivkraft for Blodet, idet den søger tilbage til sin Ligevægtsstilling; Arterievæggens Elasticitet virker altsaa som Regulator for Blodtrykket og derigennem for Hjærtets Arbejde. Trods Væggenes Elasticitet er Strømningen i Arterierne dog intermitterende, hvad man kan overbevise sig om ved at overskære en saadan; Blodet vil da strømme eller rettere sprøjte ud i Takt med Hjærtekontraktionerne. Den pludselige Udspænding af den elastiske Arterievæg under Systole foraarsager en Bølgebevægelse i Karret, som forplanter sig gennem dettes hele Længde, Arteriepulsen. Pulsbølgens Hastighed kan man maale ved at registrere Pulsen paa to forskellige Steder af samme Arterie og bestemme Tidsdifferensen; man har ad denne Vej fundet en Hastighed paa ca. 8 m. pr. Secund. Pulsen kan optegnes grafisk ved Hjælp af en Pelotte anbragt over en Arterie, der forløber henover et fast Underlag; særlig egnet er i saa Henseende A. radialis i den nederste Del af sit Forløb paa Underarmen. Kurven, Sphygmogrammet, viser en stejl Stigning og et jævnere Fald, der dog ikke er retliniet men viser en eller flere mindre Pukler, hvis Oprindelse endnu er usikker. Pulsen har spillet og spiller fremdeles en vigtig Rolle i Lægevidenskaben, da man ud fra en om-

hyggelig Pulsundersøgelse i mange Tilfælde vil være i Stand til at drage Slutninger med Hensyn til Hjærtets Tilstand.

Pulsbølgens Hastighed maa naturligvis ikke forvexles med Blodstrømmens Hastighed. Til Maaling af denne sidste har man benyttet sig af flere Apparater, af hvilke et af de mest kendte er det saakaldte Ludwig's Strømuhr, der bestaar af to forbundne Beholdere, a og b, saaledes i Forbindelse med de til- og fraførende Rør, som atter er forbundne med henholdsvis den centrale og den perifere Ende af en overskaaren Arterie, at de hurtigt kan drejes og saaledes, at den Beholder, der før var i Forbindelse med det tilførende Rør, nu drejes til Forbindelse med det fraførende og omvendt (Se Fig. 11). Ved Forsøgets Begyndelse har man Olie i a og i b en fysiologisk Saltopløsning; Blodstrømmen vil da drive Olien over i b og derved Saltopløsningen ud i det fraførende Rør. I det Øjeblik, da b er helt fyldt med Olie, drejes Beholderen hastigt rundt; Olien vil da atter drives over i a, og saaledes videre. Hvis a's Rumfang er a, og n er Antallet af Omdrejninger i t Secunder, da er den i Secundet af Karret udstrømmede Blodmængde, Secundvolumen, $S = \frac{a \cdot n}{t}$; er Arteriens Tværsnitsareal q, bliver altsaa Blodstrømmens Hastighed $H = S/q$. Hastigheden er forskellig i forskellige Arterier og varierer under skiftende Forsøgsbetingelser. Man har i Carotis hos en Hund fundet Strømningshastigheder mellem 107—385 mm pr. Secund. I Carotis hos en Hest har man fundet Tallene 150 mm under Diastole og 520 mm under Systole.

Arterievæggen indeholder rigelige Mængder af Muskulatur, og det har derfor ligget nær at tænke paa, om ikke Karvæggen skulde repræsentere en aktiv Drivkraft for Blodstrømmen; en saadan Virksomhed har man dog aldrig kunnet paavise, og man antager derfor, at Karmuskulaturens Opgave alene er dén at regulere Modstandene i Karsystemet.

Arteriernes rumlige Udvidning foregaar ikke proportionalt med Trykket; saalænge Trykket er lavt tiltager den rumlige Udvidning rask med dette, naar Trykket derimod er højt, vil den samme Trykforøgelse kun bevirke en forholdsvis ringe Udvidning, derfor vil ved højt Blodtryk en Forøgelse af Hjærtets Slagvolumen altid bevirke en relativt stor Forøgelse af Hjærtearbejdet.

Strømningen i Kapillærerne.

I Kapillærerne er Blodstrømmen paa Grund af den store Modstand i de smaa Arterier kontinuérlig; dette kan iagttages direkte under Mikroskopet paa dertil egnede Objecter, f. Ex. Lungerne eller Svømmehuden af en Frø. Man kan tillige under Mikroskopet direkte maale Strømningshastigheden; denne er svarende til det betydeligt forøgede Tværsnitsareal, — man har anslaaet Kapillærernes Tværsnitsareal til 400 Gange Tværsnittet af Aorta, — stærkt nedsat i Almindelighed kun 0,5—0,8 mm pr. Secund. Strømningen i Kapillærerne er imidlertid langtfra saa regelmæsig som i de større Kar. Blodstrømmen kan være uregelmæsigt periodisk og indenfor det betragtede Omraade variere meget stærkt; man kan endog lejlighedsvis se en tilbagegaaende Strømning. De angivne Hastigheder maa derfor kun opfattes som et Udtryk for Størrelsesordenen.

Strømningen i Venerne.

Da Venernes samlede Tværsnitsareal er betydeligt mindre end Kapillærnettets, træffer man i Venerne atter en Forøgelse af Blodstrømmens Hastighed, uden at denne dog naaer op til den i Arterierne fundne Hastighed. Man har ved Forsøg med Hunde fundet en Strømningshastighed i V. jugularis interna paa 147 mm, i V. femoralis paa 62 mm pr. Secund. Naar Blodstrømmen træder ind i Venerne, vil

Størstedelen af Hjærtets Drivkraft være opbrugt; da imidlertid den nærmeste Aarsag til Blodets Strømning er den Trykforskel, der hersker paa forskellige Steder i Karsystemet, kan ogsaa andre Momenter, der er i Stand til at indvirke paa denne Trykdifferens, faa Indflydelse paa Blodstrømmen og altsaa komme til at virke som Hjælpekræfter for Hjærtet. Da saadanne Hjælpekræfter ikke er konstante eller kun medvirker under bestemte Betingelser, kunde det synes, som om denne Indgriben af variable Kræfter maatte komme i Strid med de fysiske Love, der fordrer, at den samme Vædskemængde i Tidsenheden skal passere ethvert Tværsnitsareal; dette er dog ikke Tilfældet, idet ogsaa Venernes Tværsnitsareal er en meget variabel Størrelse. Venerne er overordentligt udvidelige, og deres Vægge er saa tynde, at deres Lumen ganske retter sig efter Fyldningsgraden; det er bekendt, at naar en Vene overskæres, vil den ikke som en overskaaren Arterie vise sig som et circulært Rør, men den vil klappe sammen til en snæver Spalte paa Grund af de omliggende Vævs Tryk. Blodstrømmen i Venerne behøver derfor ikke at være jævn. En af de Faktorer, der saaledes virker befordrende paa Blodstrømmen i Venerne, er Undertrykket i Thoraxrummet; dette Undertryk er praktisk talt altid tilstede, men varierer i Størrelse, det er stort under Inspirationen, forholdsvis lille under Exspirationen. Respirationsbevægelsens Virkning paa Kredsløbet bliver derfor den, at Veneblodet under Inspirationen i forøget Mængde strømmer til de store centrale Vener, medens Tilstrømningen under Exspirationen aftager. Dette gælder for en enkelt thoracal Respiration; Gabereflexen vil saaledes utvivlsomt virke befordrende paa Fyldningen af de store Vener. Trykforholdene i Bryst- og Bughule er imidlertid saa komplicerede at man næppe i al Almindelighed kan tale om Aandedrættets Indflydelse paa Kredsløbet i de store centrale Vener. En anden Hjælpekraft for Kredsløbets venøse Side er Muskelbevægelser; ved Musklernes Kon-

traktion og ved Extremiteternes Bevægelser vil Venerne ofte blive komprimerede, og Blodet maa da paa Grund af Klapperne drives i central Retning. Man kan direkte demonstrere Virkningen paa Venekredsløbet af Legemets Bevægelser. Hvis man staar, eller hvis man sidder med hængende Underextremiteter, vil de subcutane Vener paa Dorsum pedis hurtigt vise sig stærkt udspændte af Blod; gaar man nu nogle faa Skridt henad Gulvet, viser det sig, at de spændte Vener tømmes for Blod saaledes, at de ikke mere springer frem over den omgivende Huds Niveau. Heller ikke dette Forhold kan dog generaliseres. Det er givet, at Musklerne, i alt Fald under vedholdende Kontraktion, virker stærkt hemmende paa Blodstrømmen, og Strømningen i de dybe Vener kan derfor meget vel være forskellig fra dén, som man finder i de subcutane.

Endelig har man især fra Anatomernes Side fremhævet de saakaldte »Sugehjærter« (Braune) som et væsentligt Moment, naar det gælder Befordringen af Blodstrømmen i Venerne. De store Veners Vægge er paa flere Steder, saaledes i Axillerne og i Ingvina, fast forbundne med de overliggende Fascier. Naar en saadan Fascie strammes under de omgivende Musklers Kontraktion, skulde Venen udvides, hvorved der skulde fremkaldes en stærk Sugning i Karret, som altsaa maa fyldes stærkt med Blod, der, naar Stramningen i Fascien ophører, ved de omgivende Bløddeles Tryk drives videre i central Retning, idet Veneklapperne hindrer Strømningen mod Periferien. En kvantitativ Betragtning af Forholdene har imidlertid godtgjort, at Resultatet af en saadan Pumpevirksomhed, om denne fandtes, maatte være af en Størrelsesorden, der for Kredsløbet som Helhed maa betragtes som ganske betydningsløs. — Som allerede nævnt naaer Arteriepulsen ikke ud i Kapillærerne, og den naar altsaa endnu mindre til Venerne; alligevel kan der i de store, centrale Vener, der gennem højre Atrium staar i Forbindelse med hinanden og danner et stort Blodreservoir, hvor-

fra Hjærtet fyldes, paavises en Pulsation, der imidlertid beror paa, at Tryksvingninger i Atriet forplanter sig ud i Blodmassen. Venepulskurven, der bedst registreres fra Bulbus venæ jugularis, har en mere kompliceret Form end Kurven fra Radialpulsen; som et af de mest konstante Træk frembyder den en lille positiv Tryksvingning svarende til Atriernes Systole. Blodstrømmen i Venerne synes imidlertid ogsaa at blive reguleret ad andre Veje. Man maatte under iøvrigt lige Forhold vente, at Trykket i de perifere Vener i Foden skulde være større end i Haanden og, hvis Haanden bringes i Niveau med Hjærtet, saa meget større, som Trykket at en Blodsøjle, hvis Højde var Afstanden fra Foden til Hjærtet. Dette er imidlertid ikke Tilfældet; Trykket i Underextremitetens Vener er ganske vist som Regel højere end i Overextremitetens, men langt fra saa meget større, som man efter denne Betragtning skulde vente.

Strømningsforholdene i Kredsløbet kan illustreres ved Hjælp af en forholdsvis simpel Model, der f. Ex. kan være indrettet saaledes som vist paa Fig. 12. H er en Gummiballon i begge Ender forsynet med Ventiler, hvis Klapper aabner sig i samme Retning; denne repræsenterer et Hjærtekammer, medens Røret, K, der er fast pakket med Bomuld, træder i Stedet for Modstanden i Kapillærerne. Saavel i Arterierne som i Venerne findes Trykmaalere indskudte; den venøse Ledning er afbrudt af en aaben Glasbeholder A, der repræsenterer Atriet. Naar H ved Hjælp af Haanden sættes i rhytmiske Bevægelser, vil man se Kviksølvet stige op i M, og Udslaget vil blive størst svarende til »Systolen«, medens M_1 vil give et ret stationært men betydeligt mindre Udslag; endvidere vil man se, at Vædsken strømmer kontinuérligt ud i Forkammeret. — Man har forsøgt at bestemme

Varigheden af et Kredsløb

ved at indsprøjte kemisk let paaviselige Stoffer i den centrale Ende af en Vene og undersøge, hvor hurtigt disse

Stoffer viste sig igen i den perifere Ende af samme Vene. Saadanne Forsøg har vist, at Omløbstiden varierer hos forskellige Dyrearter, men at man som en almindelig Regel maa regne med, at Kredsløbet er tilendebragt i den Tid, der medgaar til 27 Hjærtekontraktioner. Hos Mennesket skulde Omløbstiden efter denne Beregning være 22—23 Secunder. Man maa imidlertid lægge Mærke til, at den fundne Hastighed er den maximale Hastighed, og at denne rundt regnet er dobbelt saa stor som Middelhastigheden; det maa endvidere erindres, at Omløbstiden næppe overalt kan være den samme; det er i alt Fald sandsynligt, at Coronarkredsløbet tilendebringes i kortere Tid end den øvrige Del af det store Kredsløb.

Karrenes Innervation.

Karrenes Ringmuskler saavelsom de kontraktile Elementer i Kapillærernes Vægge staar under Indflydelse af det autonome Nervesystem. Det overordnede vasomotoriske Centrum er beliggende i Medulla oblongata, medens underordnede Centre findes i Rygmarvens Dorsaldel. Disse Centre har Tonus, der reflektorisk kan forstærkes eller afsvækkes. Men Centrene kan ogsaa paavirkes direkte af H-ioner i det gennemstrømmende Blod; særlig er det medullære Centrum følsomt for dette Irritament.

De karbevægende Nerver er to Slags, Vasoconstrictorer og Vasodilatatorer. Constrictorerne forlader Rygmarven med de forreste Nerverødder til samtlige Dorsalnerver og de tre første Lumbalnerver, hvorfra de gennem de hvide Rami communicantes naaer til Grændsestrængens Ganglier, hvor de opløses i Endenet, og hvorfra de fortsættes som postganglionære, marvløse Traade. Nerverne til Hovedet udgaar fra Halsganglierne og slutter sig derefter til de store Karstammer. Constrictorerne til Bughulens Karomraader forløber i Nn. splanchnici; paa Grund af den store

Mængde Blod, der kan rummes i Underlivskarrene, faar disse Nervers Tonus en meget stor Betydning med Hensyn til Fordelingen af den hele Blodmasse, hvorom nærmere nedenfor. Vasodilatatorerne udspringer i Spinalganglierne, hvor deres trofiske Centre er beliggende, og forløber altsaa i de bageste Spinalrødder, hvorfra de gaar over i de blandede Nervestammer. Vasodilatatorerne er de eneste bekendte efferente Baner i de bageste Nerverødder. Man har kaldt de efferente Impulser, der forløber i disse Nerver, »antidrome«, og det samme Navn har man anvendt om de ejendommelige Reflexer (Axonreflexer. Se denne Bogs I Hefte S. 72), der fra afferente Baner indenfor samme Nerve kan gribe over paa disse og foranledige Karudvidning paa et stærkt begrændset Omraade. Naar den blandede Nervestamme irriteres, vil som Regel Constrictorerne have Overvægten; men efter Irritationens Ophør faar man som Eftervirkning en Karudvidning. Overskærer man en vasomotorisk Nerve og irriterer den perifere Ende, faar man altsaa som øjeblikkeligt Resultat en Karkontraktion; men efter nogle Dages Forløb vil man ved Irritation af den samme Nerveende faa en Karudvidning, fordi de vasodilatatoriske Traade degenererer langsommere end Constrictorerne. Man har altsaa at gøre med to forskellige Slags Nerver, hvis Funktion er forskellig men ikke i egentlig Forstand antagonistisk. I de fleste Tilfælde vil en perifer Irritation, der paavirker det vasomotoriske Centrum, foraarsage en Karkontraktion, men der gives dog Undtagelser; saaledes kan Irritation af centripetale Muskelnerver fremkalde en Karudvidning. Om dette Resultat skyldes et vasodilatatorisk Centrums Virksomhed, eller om Vasodilatatorernes Virkning blot er dén at nedsætte Constrictorernes Tonus og altsaa virke som Hemningsnerver for disse, vides ikke med Sikkerhed.

Kredsløbets Regulering.

Kredsløbet kan reguleres, d. v. s., den circulerende Blodmængde kan formindskes eller forøges, eftersom Forholdene kræver det, og den til enhver Tid cirkulerende Blodmængde kan fordeles mellem de enkelte Karomraader saaledes, at Organernes Blodforsyning bringes i Overensstemmelse med deres Behov eller deres Betydning for Organismen. Regulationen kan foregaa ad to Veje, dels gennem en direkte Indgriben i Hjærtevirksomheden, dels gennem perifere Forandringer navnlig af Karrenes Kontraktionstilstand. Disse to Reguleringsmaader er imidlertid ikke uafhængige af hinanden, navnlig vil Forandringer i den perifere vasomotoriske Tilstand næsten altid komme til at virke tilbage paa Hjærtets Arbejde, medens omvendt en Forandring af f. Ex. Hjærtets Rhytme ikke behøver at indvirke nævneværdigt hverken paa Blodfordelingen eller paa Kredsløbets Hastighed.

Den Mængde Blod, der i Tiden et Minut passerer et givet Tværsnit af Karsystemet, kalder man

Hjærtets Minutvolumen.

Det fremgaar af det allerede udviklede, at den Blodmængde, der i Tidsenheden uddrives af højre Hjærte, maa være lig dén, der i samme Tidsrum forlader venstre Hjærte, forudsat at Tidsenheden ikke gøres alt for lille, og endvidere lig den Blodmængde, der passerer et hvilketsomhelst andet Tværsnit f. Ex. Lungekapillærerne. Minutvolumen kan altsaa bestemmes ved at maale hvor stor en Blodmængde, der i Tidsenheden passerer Lungerne. En saadan Bestemmelse kan foretages paa flere Maader. Zuntz har paa en Hest taget samtidige Prøver af Blodet fra højre Hjærte og fra Arteria carotis og ved Udpumpning bestemt dets Indhold af Ilt og Kulsyre; naar man tillige kender Dyrets respiratoriske Stofskifte, kan man heraf beregne Minutvolumen. Hvis der i

Arterieblodet findes a % og i Veneblodet b % Ilt, og hvis Stofskifteforsøget viser, at der optages C cm^3 Ilt pr. Minut, da har man $\frac{a-b}{100} . x = C$ eller $x = C . \frac{100}{a-b}$, hvor x er Minutvolumen. Denne Metode lader sig imidlertid ikke praktisere paa Mennesker. Fridericia har imidlertid anvendt det samme Princip, idet han har bestemt Luftspændingerne i det arterielle og venøse Blod ad indirekte Vej. Spændingerne i det arterielle Blod er meget nær lig de paagældende Luftarters Middelspændinger i Alveoleluften (se senere), og Spændingerne i det venøse Blod kan bestemmes, idet man ved Forsøg finder den Luftblanding, der hverken optager eller afgiver Ilt eller Kulsyre, naar den indesluttes i Lungerne. Naar Spændingerne er bekendte, kan de respektive Luftmængder i Blodet beregnes, og Stofskiftet kan bestemmes i et sædvanligt Respirationsforsøg (se senere). I denne Form er Metoden anvendelig ogsaa til Bestemmelse af Menneskets Kredsløb. En anden Metode bestaar i ved Aanding af ren Ilt at bringe Kvælstofprocenten i Lungeluften ned til et Minimum og derefter maale, hvor meget Kvælstof, der i en given Tid afgives fra Blodet til Lungeluften; naar man véd hvor meget Kvælstof, der findes opløst i Blodet, kan man altsaa beregne Minutvolumen. Man kan imidlertid benytte det samme Princip paa en anden Maade, idet man bestemmer, hvor meget af en indifferent Luftart, opblandet i Lungeluften, der i Løbet af en given Tid afgives til Blodet. En saadan Metode er udarbejdet af Krogh & Lindhard, der til Forsøget anvendte Kvælstofforilte.

(Selve Forsøget udføres i Hovedtræk paa følgende Maade: Man lader Forsøgspersonen gennem Mundstykke og Hane foretage tre dybe Respirationer fra et let bevægeligt, selvregistrerende Spirometer, hvori der findes en passende Kvælstofforilteblanding; Lungevævet vil da blive mættet med Kvælstofforilte ved det givne Tryk, og denne vil blive blandet fuldstændigt med Lungeluften. Den tredie Exspiration, der gøres hurtig og markeret, afbrydes, naar der er udaandet ca. 1 Liter, hvorefter Hanen lukkes, og der tages en

Prøve af den sidst exspirerede Lungeluft gennem et i Hanen indsat Prøvetagningsrør; efter omtrent 10 Secunders Forløb drejes Hanen atter til Spirometret og Forsøgspersonen udaander hurtigt og dybt til Residualluften, hvorpaa Hanen lukkes, og en ny Prøve af Lungeluften tages. Naar Forsøgspersonens Residualluft er bekendt, kan man ved Hjælp af den af Spirometret optegnede Kurve beregne hvor stor en Luftmængde, der i Tiden mellem de to Prøvetagninger har været i Lungerne, endvidere kan man ved Analyse af Lungeluften beregne hvor megen Kvælstofforilte, der er forsvundet, d. v. s. optaget af Blodet. Ved Hjælp af de samme Data kan ligeledes Iltoptagelsen i det samme Tidsrum bestemmes. Kender man nu Kvælstofforiltens Absorptionskoefficient i Blod ved Legemstemperatur, da er man i Stand til at beregne hvor stor en Blodmængde, der i Forsøgstiden har passeret Lungerne, og heraf atter Minutvolumen. Den fundne Iltoptagelse tjener som Kontrol paa, hvorvidt Blodstrømmen gennem Lungerne har været forceret under Forsøget eller ikke; i første Tilfælde maa man ved Hjælp af Forsøgspersonens normale Iltoptagelse, som kan bestemmes i et Respirationsforsøg, reducere det direkte fundne Minutvolumen til Normen. Hele Forsøget, Blandingsrespirationerne iberegnede, maa være tilendebragt i kortere Tid end et halvt Kredsløb, for at man kan være sikker paa, at ikke Blod, der én Gang er blevet mættet med Kvælstofforilte, atter skal naa op til Lungerne, idet Forudsætningen for Beregningen er den, at det gennem Lungerne strømmende Blod er kvælstofforiltefrit).

Man har ved Hjælp af denne Metode i et forholdsvis stort Antal Forsøg fundet, at Minutvolumen i roligt siddende Stilling varierer med Størrelsen af det respiratoriske Stofskifte (Lindhard), idet den Mængde Ilt, der af Blodet afgives til Vævene under Passagen gennem Kapillærerne, er tilnærmelsesvis konstant; den afgivne Iltmængde, Udnytningen, kan regnes til 50—60 cm^3 pr. Liter Blod, nærmest det laveste af disse Tal hos Mænd, nærmest det højeste hos Kvinder. Til en Iltoptagelse paa 200 cm^3 pr. Minut svarer et Minutvolumen paa 3,5—4,0 Liter, og man finder i Overensstemmelse hermed Minutvolumen varierende mellem 4—6 Liter hos Mænd og 3,5—4,5 Liter hos Kvinder. Minutvolumen paavirkes ikke af en forandret Sammensætning af Blodets Luftarter, derimod kan det paavirkes ved forskellige fysiske Indgreb, der ændrer den vasomotoriske Tilstand, saaledes af Stillingsforandringer, varme og kolde Bade osv.

Pulsfrekvensen har under de nævnte Betingelser ingen Indflydelse paa Minutvolumens Størrelse, derfor kan Slagvolumen, den Mængde Blod, som ved Hjærtekontraktionen drives ud i Arterierne, variere meget betydeligt, uden at dette influerer paa Kredsløbet som Helhed. Slagvolumen er bestemt ved Formlen $S = Mv/P$, hvor Mv er Minutvolumen og P er Pulsfrekvensen; det varierer som Regel mellem 50—100 cm^3. Alle de nævnte Størrelser paavirkes i høj Grad af Muskelarbejde men herom i et senere Kapitel.

Som allerede nævnt kan Hjærtefunktionen variere, navnlig er Pulsfrekvensen paavirkelig ad mange forskellige Veje, men Variationer i Hjærtefunktionen afspejler sig ikke direkte i Minutvolumen; hvorvidt de overhovedet faar Indflydelse paa dette afhænger af Hjærtets Fyldning med venøst Blod (Krogh). Da det ikke kan antages, at Hjærtet under normale Forhold kun skulde udtømme en Brøkdel af sit Indhold under Systole, maa man iflg. det foregaaende antage, at den diastoliske Fyldning i Hvile er ufuldstændig. Under disse Omstændigheder er Minutvolumen i Hovedsagen bestemt af Trykket i de store, centrale Vener, Cisterna venosa, og en Forøgelse af Hjærtets Rhytme vil i hvert Fald indenfor ret vide Grændser være uden Betydning for dettes Størrelse; derimod maa naturligvis Slagvolumen variere proportionalt med Frekvensen men i modsat Retning af denne. Hvis Muskulaturens Afspænding efter Systole skulde foregaa meget langsomt eller ufuldstændigt, vilde et saadant Forhold utvivlsomt faa nogen Indflydelse paa Minutvolumen; men under normale Forhold vil man sikkert kunne se bort fra dette, og ligesaa lidt kan Hjærtets større eller mindre Kraft ved ufuldstændig Fyldning antages at komme til at spille nogen betydende Rolle. Hvis den diastoliske Fyldning derimod er adæquat, d. v. s., hvis Ventriklerne fyldes helt med Blod under Diastole, da bliver Pulsfrekvensen den for Minutvolumens Størrelse afgørende Faktor, selv om ogsaa de ovenfor nævnte Forhold i nogen

Maade vil kunne gøre sig gældende, navnlig maa man vente, at Hjærtets Kontraktionskraft i sidste Instans, d. v. s. ved excessiv diastolisk Fyldning og højt arterielt Blodtryk, bliver bestemmende for Organismens Skæbne; hvis Hjærtekraften viser sig utilstrækkelig, da vil Ventriklernes systoliske Tømning blive ufuldstændig, og Hjærtet vil tilsidst standse i Diastole, overfyldt med Blod. Man ser ofte den Betragtning gjort gældende, at Hjærtets Fyldning virker som en Slags Regulator for selve Hjærtearbejdet. Man hævder, at Hjærtets Kontraktionskraft vil tiltage med Ventriklernes Fyldning, idet Hjærtemuskulaturen som enhver anden Muskel er i Stand til at præstere en desto større Kraft, jo stærkere den er udspændt i det Øjeblik, da Belastningen angriber. Nu bliver Venetrykket næppe nogensinde saa højt, at det vil kunne udspænde Hjærtemuskulaturen passivt i nævneværdig Grad indenfor den Tid, Diastolen varer; men paa den anden Side er det klart, at hvis Ventriklerne kun er halvvejs fyldte med Blod i det Øjeblik, da Kontraktionen begynder, saa vil Modstanden først komme til at virke, naar Muskulaturen allerede har naaet en betydelig Grad af Forkortning. For saa vidt er altsaa Paastanden rigtig. Men det maa tillige tages i Betragtning, at samtidig med den forøgede Fyldning voxer de Fordringer, der stilles til Hjærtet, i høj Grad. Hjærtets Arbejde maalt i Literatmosfærer er proportionalt med det uddrevne Blodvolumen og med Modstanden, der arbejdes imod, altsaa med det arterielle Blodtryk, og Slagvolumen vil voxe med 3' Potens af et eller andet lineært Maal, medens et Muskelbundt beliggende i Periferien kan udspændes ligefrem proportionalt med dette; tillige vil det arterielle Blodtryk stige meget stærkt, naar Slagvolumen forøges, og da navnlig, hvis Trykket i Forvejen er højt. Den potentielle Energi er proportional med Musklens Længde og med dens Spænding, hvilken sidste Størrelse voxer med Musklens passive Udspænding efter en ikke ganske bekendt Skala. Under Forudsætning

af, at Ventriklerne tømmes fuldstændigt under Systole, vil en forøget diastolisk Fyldning, selv om man tør regne med, at Muskelspændingen tiltager stærkere end Udspændingsgraden, derfor være en meget tvivlsom Fordel, naar det gælder om at økonomisere med Hjærtets Arbejdskraft. Ogsaa dette har imidlertid den ovenfor omtalte Teori taget i Betragtning, idet man gaar ud fra, at Hjærtets Tømning, naar Ventriklernes Fyldning er adæquat, bliver ufuldstændig saaledes, at man skulde opnaa Fordelene ved, at Hjærtet arbejder med den størst mulige passive Udspænding af Muskulaturen, og samtidig tildels undgaa den store Modstand i Arterierne, der maatte blive Følgen af det stærkt forøgede Slagvolumen; og teoretisk set kan det næppe betvivles, at en saadan Kombination vil være mulig. En ufuldstændig Tømning af Ventriklerne under Systole skulde altsaa efter denne Betragtning ikke være et Svaghedstegn men en hensigtsmæsig Foranstaltning, hvis Fordele navnlig skulde blive iøjnefaldende ved høj Pulsfrekvens. Hvorvidt en saadan Opfattelse stemmer med de virkelige Forhold, kan vistnok for Tiden ikke afgøres med Sikkerhed. Vi skal senere under Omtalen af Kredsløbet under Muskelarbejde vende tilbage til dette Spørgsmaal. Ved adæquat Fyldning af Hjærtet finder man tillige under Atriekontraktionen en tilbageløbende Bevægelse i de centrale Vener, Venepulsen; denne vil derfor som Regel være let at registrere i liggende Stilling; idet man da som oftest træffer en stærkere Fyldning af Hjærtet end i de aktive Stillinger.

Det vil altsaa være af Betydning for Organismen at kunne regulere Hjærtets diastoliske Fyldning, og en saadan Regulation lader sig da ogsaa paavise. Regulationsmekanismen findes imidlertid ikke i selve Hjærtet men i det perifere Karsystem, og det har derfor Interesse at undersøge Virkningen paa Kredsløbet af forandrede Trykforhold i de forskellige Karomraader.

Den perifere Regulation.

Medens den nærmeste Aarsag til Variationer i Hjærtets Minutvolumen i overvejende Grad eller maaske udelukkende er af rent mekanisk Natur, vil man, naar de fjærnere Aarsager tages med i Betragtning, finde andre Kræfter virksomme. De Forandringer i Blodkarrenes fine og fineste Forgreninger, der ad mekanisk Vej virker tilbage paa Hjærteactionen, bestaar i mere eller mindre udtalte og mere eller mindre udbredte Sammentrækninger og Udvidninger af disse, Forandringer, der skyldes Nervevirksomhed eller, som de nyeste Undersøgelser har vist, Hormoner i Blodet.

Det har hidtil været den almindelige Anskuelse, at denne perifere Regulation af Kredsløbet var knyttet til Arteriolæ, og at Kapillærerne var passive Organer, hvis større eller mindre Vidde var et secundært Fænomen, beroende paa Trykket i de smaa og mindste Arterier. Denne Anskuelse var først og fremmest baseret paa en Betragtning af de paagældende Kars histologiske Bygning; man vidste, at netop Arteriolæ er vel forsynede med Muskulatur, medens Kapillærerne ganske mangler en saadan. Nu er det imidlertid gennem Krogh's Undersøgelser over Kapillærkredsløbet definitivt fastslaaet, at ogsaa de egentlige Kapillærer er i Stand til selvstændigt at udvide og kontrahere sig, idet der til Kapillærvæggen er knyttet kontraktile Elementer. Blodtrykket i de smaa Arterier har ringe eller ingen Indflydelse paa Kapillærernes Vidde, og Krogh har paavist, at Udvidning af Kapillærer og Arteriolæ kan foregaa uafhængigt af hinanden. Kapillærernes kontraktile Elementer har Tonus, og denne opretholdes normalt af ubekendte Stoffer i det gennemstrømmende Blod. I hvilende Muskler er kun et forholdsvis ringe Antal Kapillærer aabne, de øvrige er saa stærkt tonisk kontraherede, at Blodet ikke kan passere derigennem. Det er dog ikke til Stadighed de samme Kapillærer, der holdes aabne; naar et Kapillær har

været kontraheret en vis Tid, vil dets Tonus formindskes, og Blodet vil strømme igennem, indtil Karvæggen har genvundet sin Tonus, hvorpaa det atter lukker sig. Ved mekanisk Irritament (Massage) vil et større Antal Kapillærer aabne sig, og naar Musklen bringes til at arbejde, vil dette Antal yderligere forøges meget stærkt. Den samlede Overflade, hvorfra Diffusionen til Vævene foregaar, vil da tiltage enormt. Krogh angiver følgende Tal for Marsvinemuskler:

	Antal synlige Kapillærer pr. mm² Muskeltværsnit.	Kapillær Overflade i cm² pr. cm³ Muskel.	Kapillærvolum i % af Muskelmasse.
Hvile	31	3	0,02
Massage	1400	200	2,8
Arbejde	2500	360	5,5
Maximum	3000	750	15

Det er klart, at en Regulationsmekanisme af denne Art ikke blot virker tilbage paa Hjærtearbejdet; den er tillige afgørende for det enkelte Organs eller det paagældende Væv's Ernæring. Vi skal paa dette Sted nærmere betragte den vasomotoriske Tilstands Betydning for Kredsløbets Mekanik.

Naar man befinder sig i Hvile med en ligelig Blodfordeling til de forskellige Organsystemer, er Arteriolæ jævnt kontraherede, kun et ringe Antal Kapillærer aabne, Venetrykket lavt og Minutvolumen paa Grund af den inadæquate Fyldning ligeledes ret lavt. Hvis under disse Omstændigheder Arteriolæ og Kapillærer i et større Karområde kontraherer sig stærkt som f. Ex. Hudkarrene under Kuldepaavirkning, da vil det arterielle Blodtryk stige, Venetrykket derimod vil falde og Følgen heraf bliver atter en Formindskelse af Minutvolumen. Omvendt bevirker en Dilatation af Hudkarrene et Fald af det arterielle Blodtryk men en Stigning af Trykket i Venerne, hvoraf følger et forøget Minutvolumen. Som man sér, regulerer Blodtrykket altsaa sig selv

indenfor visse Grændser, idet det formindskede resp. forøgede Minutvolumen maa formindske resp. forhøje det arterielle Tryk.

Naar et hvilende Organ træder i Virksomhed, foregaar der momentant en Udvidning af Organets Kar; det arterielle Blodtryk maa altsaa falde. Drejer det sig nu om et større Karomraade f. Ex. Karrene i en stor Muskelgruppe, da vil den ovenfor omtalte Selvregulering svigte, fordi Venetrykket paa Grund af Venernes store Udvidelighed ikke stiger i samme Forhold som det arterielle Blodtryk falder; man har derfor antaget, at der svarende til en Karudvidning paa ét Omraade maatte foregaa en kompenserende Karkontraktion paa et andet, idet man gik ud fra, at en saadan i Forbindelse med det forøgede Hjærtearbejde vilde kunne holde Blodtrykket konstant. Det er klart, at hvis Blodtrykket ikke holdes oppe, da vil alle Organer, hvis Kar ikke deltager i den supponerede Karudvidning, blive utilstrækkeligt forsynede med Blod, idet den Blodmængde, som kommer til det enkelte Organ, *ceteris paribus* maa afhænge af Trykket. Nu er det imidlertid ligeledes givet, at hvis Modstanden paa Grund af de kompenserende Karkontraktioner og hermed atter Blodtrykket holdes konstant, da maa ogsaa Minutvolumen blive konstant, hvilket atter betyder, at de Organer, hvis Kar er kontraherede, faar for lidt Blod. Regulationen maa altsaa tage Sigte paa at holde det arterielle Blodtryk oppe paa normal Højde under saadanne Betingelser, at de enkelte Organers Blodforsyning kan foregaa paa fyldestgørende Maade. Man ser da ogsaa, at dette finder Sted, selv under det sværeste Muskelarbejde, hvor meget store Karomraader er dilaterede, og hvor den samlede Modstand derfor utvivlsomt er nedsat. For at kunne forklare sig dette, maa man antage en Regulation, der gør det muligt for Hjærtet at fylde sig helt under Diastole, selv om Pulsfrekvensen er stærkt forhøjet. Dette vilde være muligt, hvis den circulerende Blodmængde blev forøget i passende Forhold. En Regulator, der virker netop i den hér antydede

Retning, har man i Portalkredsløbet (Krogh). Portalkredsløbet danner et rummeligt Reservoir indskudt mellem to Kapillærsystemer, hvis Modstand kan varieres uafhængigt af hinanden. Tænker man sig en Kontraktion af det første af disse Kapillærnet (i Bugviscera), maa Tilførslen til V. portæ altsaa formindskes, og Reservoiret vil da mere eller mindre fuldstændigt tømme sig ud i V. cava; man faar altsaa et Trykfald i Portaaren men et forhøjet Tryk i Cisterna venosa paa Grund af den forøgede Blodmængde i denne, hvilket atter resulterer i et større Minutvolumen og en Forøgelse af det i Forvejen paa Grund af Kontraktionen i Splanchnicusomraadet ret høje Tryk i Aorta. Omvendt maa en Dilatation af Arteriolæ i Bugindvoldene i Forbindelse med en Forøgelse af den secundære Modstand i Leverkarrene foraarsage en Overfyldning af V. portæ med et dertil svarende forhøjet Tryk, medens paa den anden Side Trykket i Cisterna venosa maa falde. At det virkelig forholder sig saaledes, kan eftervises paa en Kredsløbsmodel. Ved Forsøg med Kaniner har man fundet, at Portaaresystemet kan rumme indtil 30 % af Dyrets Blod; hos Mennesket er Forholdet dét, at Portalsystemet ved moderat Udspænding rummer ca. 500 cm^3, medens man af Leveren kan udpresse omtrent et lige saa stort Rumfang Blod; naar man erindrer, at Cisterna venosa maa antages at rumme 430 cm^3, da forstaar man, at Portalkredsløbet vil kunne virke som en meget effektiv Regulator for Hjærtets Fyldning, selv naar meget store Karomraader forandrer deres Kontraktionstilstand. Ogsaa denne Regulationsmekanisme har dog sin Begrændsning; under Fordøjelsesarbejdet maa Arteriolæ i Splanchnicusomraadet i Analogi med, hvad der finder Sted i andre arbejdende Organer, være udvidede, og netop under disse Forhold er Organismen mindre vel rustet til at kompensere en betydelig Karudvidning paa andre Omraader; man søger som bekendt ogsaa saa vidt muligt at undgaa stærke legemlige Anstrængelser, medens Fordøjelsesarbejdet staar paa.

Der har i det foregaaende især været Tale om at kompensere for et Blodtryksfald foraarsaget ved, at større Karomraader pludseligt udvidede sig, og det viste sig, at saadanne Tryksvingninger kunde neutraliseres ved, at større Blodmængder sattes i Omløb. Man maa da paa den anden Side vente, at naar den omløbende Blodmængde under sædvanlige Forhold forøges, maa Resultatet blive en Blodtrykstigning, med mindre den omtalte Regulationsmekanisme træder i Virksomhed, Ogsaa denne Side af Sagen kan demonstreres ved Forsøg. Som allerede omtalt kan man injicere ret betydelige Vædskemængder i Blodbanerne hos et Forsøgsdyr, før Blodtrykket stiger, og det viser sig da ved nærmere Eftersyn, at den indførte Vædskemængde findes ophobet i Leveren, der under disse Omstændigheder kan være saa haard som Træ, samt i Portaaren; først naar Regulationsmekanismen overanstrænges, stiger Blodtrykket.

Kredsløbets Forhold under Muskelarbejde vil senere finde nærmere Omtale.

AANDEDRÆTTET.

AANDEDRÆTTET er i funktionel Henseende nøje knyttet til Kredsløbet; det er umuligt at naa til en Forstaaelse af den ene af disse Funktioner uden at medinddrage den anden i Undersøgelserne. At det forholder sig saaledes, det fremgaar allerede af det foregaaende, og det vil træde endnu tydeligere frem i det følgende.

Aandedrættets nærmeste Opgave er dén at regulere Blodets Reaction, idet, som vi senere skal se, Luftskiftet i Lungerne er en Funktion af Mængden af H-ioner i Blodet. Denne Regulation foregaar ved Hjælp af den flygtige, let opløselige Syre, Kulsyre, der stadig produceres af Organismen og altid findes i Blodet i betydelige Mængder, og som let kan udskilles men ogsaa kan tilbageholdes alt efter Organismens Behov. Det saaledes foranledigede Luftskifte i Lungerne medfører, at der i Lungeluften under sædvanlige Forhold findes et Ilttryk, tilstrækkelig stort til, at Organismen kan optage den for Stofskiftets Nedbrydningsprocesser nødvendige Iltmængde. Man kan kort udtrykke dette saaledes, at Aandedrættets Opgave er dén at udskille den overflødige Kulsyre (Kultveilte) og at forsyne Organismen med den nødvendige Ilt. Udvexlingen af disse Luftarter mellem Organismens Celler og Luften i Lungealveolerne, det respiratoriske Stofskifte, foregaar med Blodet som Mellemled dels i det store, dels i det lille Kredsløbs Kapillærer ved Hjælp af fysisk-kemiske Kræfter, medens Ventilationen af Lungealveolerne, Aande-

drættet i sædvanlig, populær Betydning, er en rent mekanisk Proces, der foregaar ved Hjælp af Skeletmuskler.

Læren om Aandedrættet falder herefter i to Afsnit nemlig: Aandedrættets Mekanik og Aandedrættets Kemi eller det respiratoriske Stofskifte.

AANDEDRÆTTETS MEKANISKE FORHOLD.

Lungerne

er anbragte lufttæt i Thoraxrummet og adskilte ved Mediastinum. Lungens Overflade saavel som Thoraxrummets Indside er beklædt med Pleura, hvis Anordning er den for serøse Membraner sædvanlige; kun paa et begrændset Parti af den mediale Flade, Hilus, er Lungen ikke pleuraklædt, og hér er den ved Lungeroden, Radix pulmonis, fæstet til Mediastinum; for øvrigt glider den let mod det indesluttende Rums Vægge, adskilt fra disse ved en kapillær, vædskefyldt Spalte, Pleurarummet. Med Hensyn til Lungernes Bygning skal kun ganske enkelte Træk fremhæves paa dette Sted, idet man for øvrigt henvises til de anatomiske Lærebøger.

Det interstitielle Lungevæv er et løst, meget elastisk Bindevæv, der tillader Forandringer saavel af Lungernes Form som ogsaa af dens Størrelse i ret vid Udstrækning. Lungens Form er dog ikke tilfældig. Hvis man blæser en udskaaret Lunge op, vil den ikke som en elastisk Ballon antage Kugleform, men dens Form vil indtil Detailler gengive Formen af det Thoraxrum, i hvilket den har været indesluttet. Lungen tilpasser sig altsaa efter Omgivelserne, idet dens relativt faste Skelet, der dannes af Bronchierne, er saaledes beliggende, at de Udvidninger af Lungerne, der er en Følge af Brystkassens respiratoriske Bevægelser, vil kunne foregaa, uden at der behøver at opstaa abnorme Spændinger i Lungevævet. Som fremhævet af Bohr er den funktionelle Betydning af Lungernes Egenform dén, at Trykket i

Pleurarummet ved en given stationær Udspilingsgrad af Lungen overalt maa blive det samme. Naar man blæser en Lunge op, vil den antage sin Egenform; og naar dette er sket, maa Spændingen overalt i Alveolernes Vægge være ens, fordi der overalt i Alveolerne, der gennem de større Luftveje staar i indbyrdes Forbindelse, maa herske det samme Tryk, fordi Tryk og Modtryk maa have samme Størrelse. Men naar saa er, maa man ogsaa være berettiget til at slutte, at det samme finder Sted, naar Lungen er *in situ*, idet Egenformen som allerede omtalt svarer nøje til Thoraxrummets Form; heraf følger da atter, at Trykket maa være det samme overalt i Pleurarummet.

Medens altsaa Trykket i samtlige Alveoler og Spændingen i disses Vægge i hele Lungen er ens, naar Lungen ved en given Stilling af Brystvæggen har indtaget sin dertil svarende Form, vil der under Bevægelsen, d. v. s. under Respirationsfaserne, kunne opstaa Uoverensstemmelser mellem Lungernes Egenform og det dem indesluttende Rum, selv om man forudsætter, at den indbyrdes Bevægelighed mellem Lungelapperne og mellem Lungerne og Thoraxrummets Vægge overalt foregaar let og uden at møde nævneværdig Modstand, idet Respirationsbevægelsernes Form, navnlig hvis Brystkassen som f. Ex. under gymnastiske Øvelser samtidig undergaar Formforandringer, ikke altid er den samme. Et saadant Misforhold vilde til Skade for Lungevævet let kunne give Anledning til ulige stærke Spændinger i forskellige Lungeafsnit, og det maa derfor antages, at Organismen besidder Evne til at værge sig mod en saadan Eventualitet. Iflg. Bohr's Opfattelse har man en Regulationsmekanisme, der er i Stand til at virke i den antydede Retning, i Bronchiernes Ringmuskulatur, idet denne ved sin Kontraktion eventuelt forbigaaende vil kunne afspærre et truet Lungeafsnit under Respirationsbevægelsen og saaledes afværge en for stærk Spænding i enkelte Lobuli. En for stærk Udspænding af Lungevævet medfører, at dette efterhaanden mister

sin Elasticitet (Emfysem); og selv om Bohr's Opfattelse kun kan betragtes som en Hypotese, vil der dog i gymnastisk Henseende være Anledning til at fare med Lempe og navnlig til ikke at forcere Respirationen under Øvelser, der medfører betydelige Formforandringer af Thoraxrummet.

Aandedrættet

skyldes en rhytmisk Udvidning og Sammentrækning af Brystkassen. Naar Passagen gennem de øvre Luftveje er fri, følger Lungerne disse Bevægelser, og Luften strømmer da afvexlende ind (Inspiration) og ud (Exspiration) af Lungerne. Under normale Forhold er disse altid til en vis Grad elastisk udspændte; den udskaarne Lunge indtager et langt mindre Rumfang end den tilsvarende Halvdel af Brystkassen, selv naar denne befinder sig i dybeste Exspirationsstilling. Naar Lungerne trods den elastiske Modstand altid følger Brystvæggen, er Grunden den, at deres Spænding er ringe sammenlignet med Atmosfærens Tryk; at den imidlertid stadig er til Stede, det viser sig derved, at Lungerne falder sammen til et mindre Volumen i samme Øjeblik, som Pleurahulen aabnes. Lungens elastiske Spænding har meget stor fysiologisk Betydning, idet den er afgørende for Trykforholdene i Brystrummet. Naar Brystkassen i en hvilkensomhelst Stilling befinder sig i Hvile, vil der være Atmosfæretryk saavel paa den ydre Overflade af denne som i Lungernes Hulrum (de øvre Luftveje forudsættes aabne). Atmosfæretrykket i Alveolerne vil modvirkes af Lungevævets Elasticitet, og da Lungerne ikke er fast forbundne med Brystvæggen, opstaar der paa denne Maade i Pleurarummet eller rettere i den Del af Cavum thoracis, som ligger udenfor Lungerne, et mindre Tryk end dét, der er herskende i disses Hulrum, idet Forskellen mellem Trykkene paa Brystvæggens ydre og indre Flade kompenseres af dennes Spænding (Ribben, Muskler osv. Sml. Fig. 13). Dette Undertryk, det

saakaldte Donders'ske Tryk, ogsaa kaldet det negative Tryk, idet man gaar ud fra det forhaandenværende Atmosfæretryk som Nulpunkt, maa iflg. sin Natur voxe med Lungernes Udspilingsgrad, saa længe disses Elasticitetsgrændse ikke overskrides, og altsaa aftage, naar Lungernes Rumfang formindske, idet man dog erindrer, at det aldrig under uhindret Aandedræt kan blive Nul, selv ikke ved den kraftigst mulige vilkaarlige Exspiration. Det Donders'ske Tryk, der kan maales direkte, naar man indfører et Manometer gennem Thoraxvæggen, maa være underkastet individuelle Svingninger, hvis Grændser dog ikke nærmere er fastslaaede; man regner i Almindelighed med et Undertryk i Pleurarummet paa omkring 4 mm Hg., naar Brystkassen er i sædvanlig Exspirationsstilling, og omtrent det dobbelte i Inspirationsstilling; ved forceret Udvidning af Brystkassen kan Undertrykket derimod stige til 30—40 mm Hg. Disse Tal gælder, naar Brystkassen er i Hvile; under Respirationsbevægelserne kan Trykket svinge lidt mere i bægge Retninger; men kun naar Glottis er lukket eller ved Aanding, der hindres af ydre Modstand, vil man finde Tryksvingninger, der gaar nævneværdigt ud over disse Grændser. Man angiver saaledes ved Næseaanding mod et Kviksølvmanometer den maximale inspiratoriske Sugning til ca. 100 mm, det stærkeste exspiratoriske Tryk til ca. 150 mm Hg. Lungernes elastiske Spænding repræsenterer altsaa en exspiratorisk Kraft; den har muligvis ogsaa Betydning som Hjælpekraft for Kredsløbet, idet som allerede nævnt Undertrykket ikke er begrændset til Pleurarummet men forefindes overalt mellem Lungerne og den faste Brystvæg, altsaa ogsaa i Mediastium, hvor som bekendt Hjærtet og de centrale Karstammer er beliggende. Særligt vil det negative Tryk kunne blive af Betydning for Blodets Strømning i Venerne, i hvilke Begyndelsestrykket er lavt.

Med Hensyn til Trykket i Alveolerne, da er det klart, at naar Brystkassen er i Hvile, ligegyldigt i hvilken

Stilling, da maa der i alle med den ydre Luft communicerende Hulrum herske Atmosfæretryk. Naar Brystkassen forandrer sit Rumfang, da forandres Trykket i den i Lungerne værende Luftmængde, men denne Trykforandring vil næsten øjeblikkeligt kompenseres ved, at Luften strømmer ind i resp. ud af Lungerne. Udligningen af Trykket tager imidlertid paa Grund af den relative Snæverhed af de øvre Luftveje en maalelig Tid, længere end dén, der medgaar til Brystkassens Formforandring, derfor vil der under og umiddelbart efter Brystrummets Udvidning findes et ringe Undertryk i Alveolerne, medens Luften strømmer ind i disse, og omvendt maa der, naar Brystkassen trækker sig sammen, findes et Overtryk, der giver Anledning til Luftens Udstrømning. Tryksvingningerne i Alveolerne er dog under roligt, frit Aandedræt ganske smaa, næppe 1 mm Hg. Ved pludselige, stærke Respirationsbevægelser kan de utvivlsomt, om end kun rent forbigaaende, blive noget større, og det samme kan naturligvis i udpræget Grad blive Tilfældet, naar man respirerer gennem Ventiler eller lignende Apparater.

Respirationsbevægelserne

bestaar dels i rhytmisk Udvidning og Sammentrækning af Brystkassens Vægge, dels i en Hævning og Sænkning af Mellemgulvet. Ribbenenes Bevægelser er tidligere omtalte (Se Hefte II S. 87 ff.). Under Inspirationen foregaar der en kombineret Bevægelse af samtlige Ribben, der resulterer i en Forøgelse af Thoraxrummets Diameter antero-posterior saavel som af D. transversalis. Tillige foregaar der en Løftning af Sternum, en Forøgelse af Vinklerne mellem Ribben og Ribbensbruske samt mellem disse og Sternum, endelig en Torsion af Ribbensbruskene og en Formindskelse af Hvirvelsøjlens Dorsalkrumning. Medens Fremdrivningen af Sternum er omtrent lige stærkt udtalt opadtil og nedadtil, idet de nedre Ribben paa Grund af Ledfladernes Anbrin-

gelse højt oppe paa Tværtappene under Inspirationsbevægelsen kan bevæges ganske lidt bagtil, og fordi Spændingen i Tværretning har Tendens til at formindske Brystbenets Bevægelse fremad, er Udvidningen i Tværretning størst svarende til de mellemste lange Ribben, hvis Bruske støder til Sternum under meget spidse Vinkler. Da disse Vinkler udrettes noget under Inspirationen, bliver Løftningen af Sternum mindre end Løftningen af Ribbenenes forreste Ender. Den forskellige Bevægelse af de øvre og nedre Ribben foraarsager en Spænding i Brystbenet, der viser sig som en ringe Formindskelse af Angulus Ludovici. Ribbensbruskenes Snoning kan man illustrere, naar man holder sine Arme bøjede i Albuen og sænkede i Ribbenenes Retning med retvinklet bøjede Haandled. Hvis man fra denne Stilling løfter Armene, idet Albuerne føres lidt udad, vil Fingrene, hvis de i Udgangstillingen vendte nedad, komme til at vise noget udad.

Hele denne sammensatte Bevægelse er aktiv, beror paa Muskelvirksomhed. De enkelte Respirationsmusklers Virkninger findes omtalte i den specielle Muskelfysiologi (Se Hefte II S. 196—97 jfr. Fig. 57), paa dette Sted skal derfor kun nævnes hvilke Muskler, der virker, idet Respirationsbevægelserne tages som Udgangspunkt. Under sædvanlig Hvilerespiration arbejder da følgende Muskler:

Diaphragma
Intercostales externi
Intercartilaginei
Serrati postici
Scaleni?

Det synes tvivlsomt, om Scalenerne medvirker ved rolig Respiration; et Flertal af Forfattere antager vistnok, at dette er Tilfældet, men at Virkningen er ret svag. Hvad Serratus superior angaar, da antages den alene iflg. sin Beliggenhed

at fungere som Ribbensløfter, og med samme Ret betragtes Serratus inferior som Ribbenssænker og Antagonist til Diaphragma. Naar Inspirationen forceres, virker foruden de allerede nævnte tillige følgende Muskler:

Scaleni
Sterno-cleido-mastoideus
Cucullaris I
Prætrachealmusklerne
Pectoralis major & minor
Serratus anticus major

kortere udtrykt alle de Muskler, der kan komme til at virke løftende paa Brystkassen. For at alle disse auxiliære Inspirationsmuskler skal kunne udfolde deres Virkning paa Brystkassen, maa der imidlertid tilvejebringes en Række Fixpunkter, ud fra hvilke de kan arbejde. Til den Ende maa yderligere flere Muskler træde i Virksomhed, og adskillige Led, der normalt er frit bevægelige, fixeres. Man ser derfor Folk, der anspænder deres Respirationsmekanisme til det yderste, indtage karakteristiske Stillinger med Hoved, Hals og Skuldre; saaledes Løbere, der er naaet til Grændsen for deres Ydeevne. Visse Billeder tagne ved de moderne »Olympiske Lege« under Opløbet efter et anstrængende Løb er i saa Henseende meget illustrerende. Stillingen er denne: Stift strakt og noget tilbageført Hals med let tilbagebøjet, fixeret Hoved (*Scaleni*, *Sterno-cleido*, *Cucullaris*), Læberne adskilte, Underkæben noget fremskudt og fixeret (*Prætrachealmusklerne*), Skulderbladene stærkt adducerede og let optrukne (*Serratus ant.*, *Pectoralis min.?*), Overarmene extenderede, fixerede Skulderled (*Pectoralis maj.*). — Ogsaa fra Patologien kender man typiske Stillinger, der indtages af Patienter lidende af Aandenød; man ser saaledes ofte, at saadanne Patienter griber med begge Hænder fast om en Bordkant eller lignende; idet de saaledes fixerer deres Skul-

derparti, faar de deres store Skuldermuskler, navnlig Pectoralis og Serratus, til Raadighed for Respirationen.

Under sædvanlig Hvilerespiration antages Exspirationsbevægelsen at foregaa passivt, alene ved Hjælp af elastiske Kræfter. Brystkassen svinger under Inspirationsbevægelsen ud af sin Ligevægtsstilling, naar den derefter overlades til sig selv, svinger den atter tilbage til denne. De elastiske Kræfter, der træder i Virksomhed, skyldes dels Lungernes Udspiling, dels Ribbensbruskenes Snoning, dels den elastiske Spænding i Ribbenene og i de passivt udspændte Exspirationsmuskler; hvilken af disse Faktorer, der under den sædvanlige Exspiration spiller den største Rolle, kan ikke afgøres; en særlig Betydning har man tillagt Ribbensbruskene, men hvorvidt dette er berettiget eller ikke, maa staa hen.

Under anstrængt Respiration er det imidlertid ikke nok, at Brystkassen føres tilbage til sin Ligevægtsstilling; for at muliggøre en tilstrækkelig Udluftning af Lungerne maa Exspirationen i de fleste Tilfælde fortsættes udover denne; men dette kan kun opnaaes ved Hjælp af Muskelvirksomhed. Som Exspirationsmuskler maa da nævnes:

Bugmusklerne
Intercostales interni
Triangularis sterni
Serratus posticus inferior
Ilio-costales
Quadratus lumborum

og maaske andre af de dybe Rygmuskler. Virkningen af flere af disse Muskler kan dog næppe betragtes som fastslaaet; det er de to første Grupper og frem for alle Bugmusklerne, hvorom det drejer sig. Under aktiv Exspiration opstaar naturligvis elastiske Kræfter, der medvirker i Begyndelsen af den paafølgende Inspiration.

Ved roligt Aandedræt foregaar altsaa Inspirationen ved Hjælp af Diaphragma, Intercostales externi og Intercartilaginei,

men disse Musklers Andel i Bevægelsen kan være ret forskellig; man sondrer derfor mellem to Respirationstyper, den abdominale eller diaphragmatiske og den thoracale eller costale Type. Den førstnævnte Type, der er den sædvanlige hos Mænd, og som siges at være det ogsaa hos Kvinder, der ikke paa Grund af en uhensigtsmæsig Klædedragt har erhvervet sig en nedadtil indsnævret Brystkasse, er karakteriseret derved, at Inspirationen i Hovedsagen foregaar ved en Sænkning af Mellemgulvet. Der hersker endnu nogen Uenighed om, hvorledes Udvidningen af Brystrummet kommer i Stand ved Diaphragma's Sænkning. Det maa vistnok antages, at den centrale Del af dette bevæger sig forholdsvis lidt, at Centrum tendineum i det Højeste sænkes et Par Centimeter ved en kraftig Inspirationsbevægelse, derimod afflades de mere hvælvede Sidepartier, »Kuplerne«, og det komplementære Pleurarum udvides (Se Fig. 14). Udvidelsen af Brystrummet kan paa denne Maade blive ret betydelig. Da Bughulens Indhold ikke lader sig sammentrykke, maa Sænkningen af Mellemgulvet foraarsage en Fremhvælvning af forreste Bugvæg; heraf Navnet abdominal Inspiration. Samtidig med Sænkningen af Mellemgulvet faar man en Udvidning af nedre Thoraxapertur, navnlig i Tværretning, hvilket maaske tildels skyldes Bugindvoldenes Tryk, men paa den anden Side maa det erindres at en skarp Adskillelse mellem de to Aandedrætstyper ikke forekommer i Praxis; der bliver aldrig Tale om ren abdominal Respiration men kun om en overvejende abdominal Type. Den thoracale Type er lettere at faa nogenlunde ren; ved denne Respirationsform kommer Udvidningen af Thoraxrummet i Stand ved en Bevægelse af Ribbenene saaledes som tidligere omtalt, medens Mellemgulvet ikke eller dog blot i ringe Grad forandrer sin Stilling. Hos Kvinder hvis Klædedragt hindrer Brystkassen i at udvide sig i Tværretning bliver Typen »højcostal«, d. v. s., Brystrummets Udvidning foregaar hovedsageligt ved en Løftning af de øvre Ribben. Man vil vistnok ved ren thora-

cal Aanding opnaa en stærkere Ventilation af Lungerne end ved ren abdominal Respiration, men den sidstnævnte Form er dog tilstrækkelig til at sikre det fornødne Luftskifte, saalænge man befinder sig i Hvile; paa den anden Side vil man, saasnart Fordringerne til Aandedrættet stiger i nævneværdig Grad, altid tage sin Tilflugt til en Kombination af begge Typer, der imidlertid kan variere individuelt med Hensyn til den enkelte Types relative Andel i Bevægelsen. Det er værd at lægge Mærke til, at selv Individer, hvis Hvilerespiration i overvejende Grad er abdominal, som Regel paa Kommando vil foretage en Dybaanding af overvejende thoracal Type, medens de overladte til sig selv, altsaa ved en spontan Dybaanding, anvender en blandet Type. De forskellige Respirationstyper og navnlig Kombinationer af disse giver Anledning til varierende og stærkt komplicerede Trykforhold saavel i Brystrummet som i Cavum abdominis og faar en tilsvarende mangfoldig Virkning paa Kredsløbet i de centrale Vener.

Fra den Omstændighed, at Respirationstypen kan være overvejende abdominal eller overvejende costal, ja, endog højcostal, kan man ikke slutte, at det i første Tilfælde navnligt er de nedre, i sidste Tilfælde især de øvre Lungeafsnit, der udvider sig; det maa tværtimod antages, at Lungernes Udvidning i alle Tilfælde foregaar nogenlunde ligeligt i alle Afsnit, idet Lungerne ikke paa noget Punkt er i Forbindelse med Brystvæggen, og fordi Trykket overalt i Pleurarummet saa vel som i Lungealveolerne er det samme. Lungerne er som tidligere omtalt saaledes byggede, at de for en given stationær Udspilingsgrad altid antager Brystrummets Form, i alt Fald under Hvilerespiration og under den Form for Dybaanding, som er den for Individet sædvanlige. Om Lungerne ogsaa er i Stand til at tilpasse sig efter en vilkaarlig forandret Thoraxform, uden at abnorme Spændinger opstaar i visse Partier af Lungen, er naturligvis tvivlsomt; men om en Tilbagetrængen af hele Lungelapper samtidig med en

stærk Udspiling af andre kan der, efter alt, hvad der foreligger, ikke blive Tale.

Foruden de omtalte egentlige Respirationsbevægelser forekommer visse accessoriske Bevægelser saaledes af Larynx og — under anstrængt Respiration — af Alæ nasi. Hvorvidt Bronchialmuskulaturen under almindelige Forhold spiller en Rolle ved Respirationen er endnu et aabent Spørgsmaal.

Respirationsarbejdet.

Det Muskelarbejde, som maa præsteres for at holde Aandedrættet i Gang, er forholdsvis lille. Paa Grundlag af Beregninger, hvis Udgangspunkt var ret usikkert, havde man anslaaer det til ca. 25000 kgm i Døgnet eller 10—15 % af Hvilestofskiftet; men disse Tal synes efter nyere Undersøgelser at være meget for høje. — Lader man en Forsøgsperson aande gennem et artificielt forøget »skadeligt Rum« (se senere), da vil hans Aandedrætsdybde forøges, desto mere, jo større det extra »skadelige Rum« gøres; maaler man den Stofskiftestigning, der svarer til Forøgelsen af Ventilationen, da faar man et Udtryk for Respirationsarbejdet (Liljestrand). Forsøg efter denne Metode har vist, at dette ved sædvanlig, rolig Respiration kun udgør 1—2 % af Hvilestofskiftet, endvidere, at Energiforbruget ved konstant Respirationsfrekvens stiger meget stærkt med Aandedrætsdybden. Indfører man Literatmosfæren som Arbejdsmaal, da kan man, naar det Donders'ske Tryk samt Iltens kaloriske Værdi og den mekaniske Nyttevirkning er bekendte, danne sig et Skøn over Bryst- og Bugvæggens Modstand mod Inspirationsbevægelsen, og det viser sig da, at det er denne, der er den sandsynlige Aarsag til den stærke Stigning af Respirationsarbejdet ved tiltagende Aandedrætsdybde. Medens denne Modstand (den mekaniske Nyttevirkning anslaaet til 20 %) ved Aandedrætsdybder paa 1 Liter eller derunder kun andrager 10-15 mm Hg., kan den ved Respirationer paa 3,5 Liter stige til 74 mm Hg.

Det fremgaar endvidere af Forsøgene, at man opnaaer

en given Ventilation paa den mest økonomiske Maade ved en vis, individuelt bestemt, Frekvens og Dybde, og at den spontane Respiration synes at indstille sig netop saaledes, at dette Hensyn sker fyldest.

Endelig viser det sig, at Energiforbruget er større ved vilkaarlig Forcering af Aandedrættet end ved en lige saa stor Ventilationsforøgelse opnaaet ad fysiologisk Vej. Dette Forhold er vistnok en af Grundene til den store Uoverensstemmelse mellem Resultaterne af de ældre og de nyere Forsøg.

Aandedrættets Rhytme, Respirationsfrekvensen, er forskellig hos det samme Individ under vexlende Betingelser, og den er tillige hos forskellige Individer meget stærkt varierende selv under de samme ydre Forhold.

Blandt de Faktorer, der hos det enkelte Individ er medbestemmende for Respirationsfrekvensen, maa nævnes Alderen. I Barnets første Leveaar er Frekvensen ca. 40 pr. Min., ved 5-aars Alderen ca. 25; den falder herefter jævnt indtil det 20. Aar, hvorpaa den holder sig nogenlunde konstant. Hos det udvoxne Individ regner man med en gennemsnitlig Respirationsfrekvens paa 15. Et saadant Gennemsnitstal har dog en ret underordnet Interesse, fordi de individuelle Variationer er meget betydelige; man kan hos sunde voxne Individer ved rolig Respiration finde Frekvensen varierende mellem 5 og 30. Frekvensen paavirkes endvidere af forskellige klimatiske Forhold saaledes af Lufttryk, Lys og Temperatur. Med aftagende Lufttryk stiger Frekvensen og omvendt; disse Bevægelser er, naar det drejer sig om sædvanlige Barometersvingninger, ret ubetydelige, men de kan, naar det drejer sig om større Trykforandringer f. Ex. ved Bjærgbestigninger, blive ganske anselige. Hvis man udsætter Huden for stærkt kemisk virkende Lys, vil Frekvensen aftage (Hasselbalch); i Overensstemmelse hermed finder man en aarlig Periode i Respirationsfrekvensen saaledes beliggende, at den har sit Maximum mod Slutningen af Vinteren eller om Foraaret, sit Minimum mod

Sommerens Slutning eller om Efteraaret (Lindhard). Man kan dog ikke vente at se denne Periode udtalt i alle Tilfælde, idet Temperaturens Virkning paa denne Funktion netop gaar i modsat Retning; Frekvensen stiger med stigende Temperatur, aftager med faldende. Det er værd at bemærke, at medens Virkningerne af Tryk og Temperatur viser sig hurtigt og atter hurtigt svinder, kommer Lysvirkningen først frem lidt efter lidt men kan til Gengæld holde sig i Uger og Maaneder. Frekvensen stiger efter Maaltider, rimeligvis som Følge af Fordøjelsesarbejdet; den stiger endvidere stærkt under Muskelarbejde, hvorom senere. Derimod synes det fortsatte, metodiske Muskelarbejde, den saakaldte Træning, at nedsætte Frekvensen blivende. Endelig kan tilføjes, at denne ogsaa er paavirkelig ad psychisk Vej. Respirationsfrekvensen kan altsaa paavirkes ad mang foldige Veje, og den kan under visse Forhold, f. Ex. under Stemmegivning, overhovedet ikke bestemmes; alligevel er den en forholdsvis stabil Funktion, der hos det samme Individ under de samme ydre Betingelser varierer meget lidt fra Dag til Dag; den svinger hos de fleste Mennesker langt mindre end f. Ex. Pulsfrekvensen.

Hvorpaa Respirationsfrekvensens individuelle Forskelligheder beror, er endnu et aabent Spørgsmaal; meget tyder dog paa, at den reguleres gennem Huden; den aftager saaledes som ovenfor omtalt, naar Hudens vasomotoriske Apparat lammes ved det kemiske Lysbad, og den kan paa den anden Side bringes til at stige meget stærkt ved elektrisk Irritation af Hudens Nerver.

Aandedrættets Dybde, ɔ: den Mængde Luft, der ved hver Inspiration resp. Exspiration strømmer ind eller ud af Luftvejene, hører ikke som Frekvensen til de fundamentale respiratoriske Funktioner men vil i et givet Tilfælde være bestemt dels af denne, dels af Ventilationen, hvis Størrelse atter beror paa andre Faktorer. Holdes de sidstnævnte Forhold konstante, da varierer Aandedrætsdybden modsat Fre-

kvensen og vil altsaa paavirkes af alle de ovenfor nævnte Indgreb, derimod vil den, naar Fordringerne til Ventilationen bliver andre, variere paa anden Maade, den vil saaledes ligesom Frekvensen stige under Muskelarbejde. Aandedrættets Dybde angives sædvanligt til 500 cc.[1] under rolig Respiration; man kan dog selv under saadanne Forhold finde den varierende mellem 400 og 1400 cc., angivet ved 37°, herskende Barometertryk og Dampmætning.

Nedenstaaende Tabel viser Respirationsfrekvensens og Aandedrætsdybdens Størrelse og aarlige Variationer hos 4 voxne mandlige Forsøgsindivider[2]

1910	Frekv.	Dybde	Frekv.	Dybde	Frekv.	Dybde	Frekv.	Dybde
Februar	8,4	858	15,0	639			16,6	640
Marts					15,0	629		
April	8,6	891	13,9	677			15,3	702
Maj	7,8	940	12,1	749	15,5	661	15,3	751
Juni			10,3	842	14,7	678		
Juli							14,4	779
August	7,7	980	10,0	887	14,3	702		
September			9,9	865	13,5	706	14,6	776
Oktober	10,0	803	11,4	787			14,6	755
November	10,6	760	13,0	704	14,7	688	15,1	720
December					15,5	649		
1911 Januar	11,4	737	13,9	700	15,8	669		

[1]) cc. = cm^3.

[2]) Hos Forsøgsperson I er Frekvensen i den første Forsøgsrække paavirket af uvedkommende Aarsager. Med Hensyn til Aandedrætsdybden, der er angivet i cc. under de ovenfor nævnte Betingelser, da er den i alle Tilfælde ca. 150 cc. for stor, idet Forsøgsindividerne har respireret gennem Respirationsmaske og Ventilapparat.

For at kunne sammenligne Luftvolumina maalte under forskellige Betingelser, maa man henføre dem til samme Tryk, Temperatur og Fugtighedsgrad. Som Regel angives Mængden af en Luftart i Liter eller cc. ved 0°, 760 mm Hg. og Tørhed, saaledes f. Ex. ved alle Stofskiftteberegninger. Men undertiden kan det være hensigtsmæsigt at henføre et Luftrumfang til et andet Sted i Skalaen. Naar Talen er om Luftvolumina, hvis Størrelse svarer til visse Rumforhold i Legemet, saaledes som Tilfældet er med mange af de i dette Kapitel omhandlede Luftmængder, da vil det være naturligt at angive disse ved Legemets Temperatur, ved det forhaandenværende Barometertryk og Dampmætning, hvorved man faar en umiddelbar Forestilling om de paagældende Rumforhold, medens det kræver en ikke ringe Øvelse udfra de til 0°, 760 mm og Tørhed reducerede Tal at danne sig en nogenlunde klar Forestilling f. Ex. om de concrete Lungerumfang. Maalt paa denne Maade giver de ovenfor angivne Tal for Aandedrætsdybden den faktiske Størrelse af den udaandede Luftmængde, d. v. s. Brystrummets Rumfangsformindskelse; dog maa det bemærkes, at Forudsætningen om Dampmætning ikke helt holder Stik; den derved opstaaede Fejl er imidlertid uden større Betydning.

De Formler, der anvendes ved disse Beregninger, udledes ved Hjælp af Boyle-Mariottes og Gay-Lussacs fra Fysiken kendte Love. Har man en Luftart, hvis Rumfang maalt ved Barometerstanden B, Temperaturen t og mættet med Vanddamp er V_t, da finder man Rumfanget ved 0°, 760 mm og Tørhed, V_0, efter Formlen:

$$V_0 = V_t \frac{B - b_t}{760\ (1 + \alpha_t)}$$

hvor b_t betyder Vanddampstensionen ved t^0 og α Luftarternes Udvidelseskoefficient, $\frac{1}{273}$ eller 0,003665. For $t = 37^0$ faar man altsaa:

$$V_0 = V_{37} \frac{B - b_{37}}{760\ (1 + \alpha_{37})}$$

Ved at kombinere de to Ligninger faar man atter:

$$V_{37} = V_t \frac{B - b_t}{B - b_{37}} \cdot \frac{1 + a_{37}}{1 + a_t},$$

hvilken Formel benyttes, naar man vil henføre det maalte Luftrumfang til 37°, forhaandenværende Tryk og Mætning. Formlen giver, som man vil se, den tørre Lufts Rumfang ved 37° og Barometertryk ÷ Dampspændingen ved 37°, men Rumfanget forandres ikke, ved at Luften mættes med Vanddamp, medens Trykket samtidig stiger til Atmosfæretryk.

Den Luftmængde, der i en given Tid aandes ind eller ud, kaldes

Ventilationen; den angives sædvanligt i Liter pr. Minut. Man maaler Ventilationens Størrelse ved at lade Forsøgsindividet aande gennem et Ventilapparat saaledes indrettet, at den indaandede og den udaandede Luft ikke blandes og lade enten den førstnævnte eller den sidstnævnte passere et Gasuhr. Respirationsventilen har i Tidens Løb haft og har fremdeles mange forskellige Former, der hver for sig har sine Fortrin og Mangler. De vigtigste Fordringer, som man maa stille til en saadan, er, at den ikke maa yde kendelig Modstand selv ved stærk Ventilation, og at Rummet mellem den til- og fraførende Klap, Ventilens skadelige Rum, ikke maa være for stort. En ret enkel og brugbar Form for en Respirationsventil (Bohr) findes afbildet som Fig. 15. Ventilen bringes i Forbindelse med Forsøgspersonens Luftveje ved Hjælp af en Respirationsmaske, et tragtformet Apparat, hvis Rør forbindes med Ventilen, medens den brede Del med det mindst mulige overflødige Rum lufttæt omslutter Individets Næse og Mund. En saadan Maske maa derfor tilpasses til hver enkelt Forsøgsperson. I Stedet for Maske kan ogsaa anvendes et Mundstykke (Fig. 16), en gennemboret Kautschukplade forsynet med et Forbindelsesrør til Ventilen. Pladen, der paa sin Bagflade kan have et Par smaa Kiler til Anbringelse mellem Tænderne, anbringes i Vestibulum oris, hvor den uden Anvendelse af nævneværdig Kraft holdes paa Plads af Læber og Tænder. Naar man til Respirationsforsøg an-

vender Mundstykke, maa Næsen tillukkes ved Hjælp af en Klemme. Fig. 27 viser den samlede Forsøgsopstilling skematisk. Naar Exspirationsluften skal maales, ledes den gennem et Forlag, hvor den afkøles til Værelsets Temperatur, og hvor en Del Vanddamp derfor fortættes; herfra ledes den gennem en letløbende Gasmaaler. Inspirationsluftens Volumen er, af Grunde som senere skal omtales, ikke identisk med Volumen af Exspirationsluften, men kender man den ene af disse Størrelser og Sammensætningen af de respektive Luftmængder, da kan man regne sig til den anden.

Den saaledes maalte Ventilation, Totalventilationen, har imidlertid kun Interesse i én bestemt Henseende, nemlig naar det gælder Beregningen af det respiratoriske Stofskifte (se senere); om Fornyelsen af Luften i Lungerne giver den kun ganske omtrentlige Oplysninger. Grunden hertil er dén, at ikke al indaandet Luft naaer ned i de Afsnit af Lungerne, hvor Luftskiftet mellem Blod og Lungeluft foregaar; en sidste Portion bliver staaende i de øvre Luftveje og udaandes uforandret. Hulrummet i de øvre Luftveje, ɔ: Næse(Mund)hule, Svælg, Strubehoved, Luftrør og dettes større Forgreninger, eller maaske rettere: Rumfanget af den Luftmængde, der udaandes i uforandret Tilstand, kalder man med et uheldigt Udtryk det »skadelige Rum«. Dette Udtryk er misvisende, fordi det »skadelige Rum« ikke blot ikke er skadeligt men af stor Betydning for Organismen dels derved, at Inspirationsluften i dette bliver opvarmet og tildels dampmættet, hvorved man undgaar en ødelæggende Udtørring af Lungeepithelet, dels ogsaa derved, at Støvpartikler, Bakterier og andre Forureninger af Luften bliver hængende paa Slimhinderne i de øvre Luftveje, hvorfra de atter ved Hjælp af Fimreepithelet befordres op imod Mundhulen og saaledes hindres i at naa den lettere angribelige respiratoriske Del af Lungerne. Bestemmelsen af det »skadelige Rum« er teknisk ret vanskelig, og Metodiken skal derfor ikke omtales hér. Det »skadelige Rum« er konstant, saalænge Lungernes

Fyldning ikke overskrider det Volumen, der svarer til Brystkassens Ligevægtsstilling; men ved stærkere Fyldning af Lungerne tiltager det noget (Krogh & Lindhard). Det »skadelige Rum« varierer i de foreliggende Forsøg mellem 70 og 160 cc. (37°, Dampmætning). De meget lave Værdier findes som Regel hos Kvinder, de meget høje hos Mænd. Ved maximal Fyldning af Lungerne kan et middelstort »skadeligt Rum« tiltage med henved 100 cc. Muskelarbejde synes derimod ikke som saadant at have nogen Indflydelse paa Størrelsen af dette.

Med en ret grov Tilnærmelse kan man bestemme det »skadelige Rum«, naar man kender Individets Kroplængde, ved Hjælp af følgende, empiriske Formel:

	Mænd	Kvinder
Kroplængde	68 ± n cm	66 ± n cm
»Skadeligt Rum« v. 37° (mættet)	140 ± 7n cc.	115 ± 7n cc.

Kroplængden er maalt i opret siddende Stilling fra Underlaget til Os hyoideum.

Den Del af Inspirationsluften, der kommer til at tjene til Fornyelse af Luften i Lungealveolerne, den alveolære Ventilation, er altsaa lig Totalventilationen minus Respirationsfrekvensen multipliceret med Størrelsen af det »skadelige Rum«. Den Usikkerhed, der klæber ved Bestemmelsen af dette sidste, overføres altsaa paa Beregningen af den alveolære Ventilation, hvor den dog kun i Tilfælde af meget hurtig og overfladig Respiration faar praktisk Betydning. Den alveolære Ventilations Størrelse bestemmes dels af Stofskiftets Størrelse, dels af det Niveau for CO_2-Spændingen i Organismen, som paa det givne Tidspunkt er nødvendig til at opretholde Blodets Reaction. Jo lavere dette Niveau ligger, desto stærkere maa der — Stofskiftet forudsat uforandret — ventileres og omvendt. Derimod er Ventilationen ved uforandret CO_2-Niveau ligefrem proportional med det respiratoriske Stofskiftes Størrelse; den stiger altsaa efter

Maaltider og under Muskelarbejde, i sidstnævnte Tilfælde ofte meget betydeligt.

Ligesom de tidligere nævnte Funktioner har ogsaa den alveolære Ventilation en aarlig Periode med Maximum sidst paa Sommeren. Dens absolute Størrelse kan for voxne Mænd sættes til omkring 5 L. pr. Min. ved 37° og Dampmætning, men Variationerne er ret betydelige.

Lungernes Rumfang under varierede Respirationsforhold.

Det følger allerede af det foregaaende, at den sædvanlige Inspirations resp. Exspirations Dybde ikke angiver Grændserne for det enkelte Aandedræts Størrelse. Ved Slutningen af en sædvanlig Inspiration er man endnu i Stand til ved en forceret Inspirationsbevægelse at indaande et ret betydeligt Kvantum Luft; denne Luftmængde, Komplementærluften, regnes gennemsnitligt til omtrent 1500 cc. Ligeledes kan man efter en sædvanlig Exspiration ved en aktiv Exspirationsbevægelse udaande omtrent 1500 cc. Luft, Reserveluften. Afstanden mellem den dybest mulige Inspiration og den dybest mulige Exspiration kaldes Vitalcapaciteten; denne andrager altsaa, hvis den sædvanlige Aandedrætsdybde, Respirationsluften (Engl. "*the tidal air*"), sættes til 500 cc., omkring 3500 cc. Selv efter den stærkest mulige Exspiration bliver der dog altid en vis Mængde Luft tilbage i Lungerne, den saakaldte Residualluft, hvis Mængde gennemsnitligt anslaaes til 1000 cc. Residualluft og Vitalcapacitet giver tilsammen Lungernes totale Rumfang, Totalcapaciteten; naar de anførte Tal lægges til Grund, bliver denne altsaa 4500 cc.

Disse Lungerumfang maales ved Hjælp af et ***Spirometer*** (Hutchinson). Spirometret bestaar i sin oprindelige Skikkelse af en cylindrisk Beholder, der er lukket for neden men aaben foroven, inden i hvilken en anden lidt mindre

Cylinder er anbragt saaledes, at den forneden slutter til Bunden af den ydre Cylinder, foroven er lukket med en afrundet Bund. Der dannes saaledes mellem de to Cylindre et snævert, rørformet Rum, der fyldes med Vand. I dette Rum bevæger sig en ligeledes cylindrisk Klokke, afrundet foroven saaledes, at den i sin nederste Stilling slutter sig nøje til den indre Cylinders Endeflade. Klokken er ophængt over en Tridse og afbalanceret ved Hjælp af en Kontravægt; ved at føre Snoren over en spiralskaaret Tridse eller ved at forsyne den med en bevægelig Vægt er der sørget for, at den forskellige Opdrift, der virker paa Klokken, naar denne staar højt, eller naar den er dybt nedsænket i Vandet, bliver udlignet. Rummet i Klokken staar i Forbindelse med den ydre Luft gennem et Rør, der føres gennem Bunden af den ydre Cylinder og op gennem den indre, hvor det ender i Niveau med dennes buede Bund. Klokken kan være forsynet med en Viser, der paa en fast Skala angiver hvor stor en Luftmængde, der findes i Spirometret, endvidere med et Thermometer, der angiver den indelukkede Lufts Temperatur. Da Klokken paa Grund af sin særlige Ophængning er i ligegyldig Ligevægt, maa Trykket være det samme i og udenfor denne. Fig. 18 viser et Spirometer af den hér omtalte Type. Apparatet er naturligvis i Tidens Løb blevet modificeret paa mange Maader. En Konstruktion, der særligt fortjener at fremhæves, er det Krogh'ske Vippespirometer, fremstillet skematisk paa Fig. 19. Den underste Del af Apparatet er af Zinkplade, »Klokken«, der bevæger sig paa to Staalspidser, er af meget tyndt Aluminiumblik og yderst let bevægelig. Dette Spirometer har blandt flere andre den meget store Fordel, at man er i Stand til at blande den i Klokken værende Luft, hvilket ikke er muligt i det ovenfor beskrevne Apparat.

Hvis man forsyner Spirometret med en Skrivestift, bliver det muligt at optegne Klokkens Bevægelser paa et forbipasserende Stykke Papir; man kan saaledes registrere Respira-

tionerne, naar man aander frem og tilbage i Spirometret, og hvis man derefter sammenholder den saaledes vundne Kurve med den empiriske Skala paa dette, kan man finde Størrelsen af den enkelte Respiration.

Lader man en Forsøgsperson, hvis Næse er tillukket ved Hjælp af en Klemme, gennem et Mundstykke aande 3—4 Gange frem og tilbage paa naturlig Maade i et halvfyldt Spirometer for derefter at foretage den kraftigst mulige Indaanding efterfulgt af en maximal Exspiration, da kan man paa Spirometerkurven udmaale hans Respirationsdybde, Komplementærluft, Reserveluft og Vitalcapacitet. Kun Totalcapacitet og Residualluft lader sig ikke bestemme paa denne Maade; den førstnævnte Størrelse bestemmes bedst som Summen af Vitalcapacitet og Residualluft, men den kan dog ogsaa bestemmes direkte paa lignende Maade som denne sidste. Vil man bestemme Residualluften, da kan dette ske paa den Maade, at man fylder en vis Mængde — noget større end Forsøgsindividets Vitalcapacitet, idet denne helst skal kunne bestemmes i samme Seance, — af en Brintblanding paa et Spirometer; man tager derpaa en Prøve af Spirometerluften til Analyse, lader Forsøgspersonen foretage en maximal Udaanding til Atmosfæren og derefter en maximal Indaanding fra Spirometret, hvorpaa han med 4—5 meget dybe og hurtige Respirationer blander Spirometerluften med sin Lungeluft for til sidst at exspirere til Residualluften i Spirometret, hvorved den første maximale Exspiration bliver kontrolleret. Herefter tages atter en Luftprøve fra Spirometret, der ligesom den første analyseres paa Brint. Da Brint ikke i nævneværdig Grad optages af Blodet, maa Brintmængden efter Blandingen med Residualluften være den samme som før denne; man har da, idet den oprindelige Blanding i Spirometret var V Liter, Brintprocenten i den første Luftprøve a, i den anden a_1, den søgte Residuallufts Rumfang x:

$$V \cdot a = (V + x) \cdot a_1$$

eller $$x = V\frac{a - a_1}{a_1}$$ Liter,

der omregnet til Legemstemperatur og Dampmætning giver det virkelige Rumfang.

Foruden de allerede omtalte Lungerumfang plejer man ofte at nævne den saakaldte Middelcapacitet (Vitale Middelstilling, Bohr), der skulde angive Lungernes gennemsnitlige Fyldningsgrad under Respirationen. Middelcapaciteten repræsenteres paa Spirometerkurven af en ret Linie parallel med Nullinien, forbindende Midtpunkterne af Kurverne for de enkelte Respirationer. Den saaledes bestemte Middelkapacitet er imidlertid en ren geometrisk Størrelse, der ikke har nogen Forbindelse med de fysiologiske Forhold. Den betyder ikke en Ligevægtsstilling, hvorom Brystkassen svinger under Respirationen; en saadan Ligevægtsstilling findes ikke; Brystkassen svinger som allerede omtalt ikke symmetrisk men ensidigt, ud fra Exspirationsstillingen og tilbage til denne igen. Den angiver heller ikke, naar Hensyn tages til Tiden, Lungernes Middelfyldningsgrad, idet de to Respirationsfaser kan være af ret ulige Varighed. Endelig synes den ikke som af Bohr formodet at være et Led i Organismens Selvregulering men at være bestemt af rent ydre, mekaniske Forhold.

De forskellige Lungerumfang varierer individuelt meget betydeligt; men heller ikke hos det enkelte Individ er disse Størrelser konstante; saavel Total- som Vitalcapacitet forøges ved Øvelse, sidstnævnte derved, at Grændsen for dybeste Inspiration rykker opad, ligeledes varierer begge de nævnte Rumfang med Legemsstillingen, idet de aftager i liggende Stilling, Vitalcapaciteten fordi Grændsen for dybeste Inspiration rykker nedad. Residualluften forandres derimod ikke ved Stillingsforandringer. Ogsaa forskellige gymnastiske Stillinger har Indflydelse paa Lungernes Rumfangsforhold, som omstaaende Tabeller viser:

	Residuall.	Reservel.	Komplementærl.	Vitalcap.	Totalcap.
I					
Fri staaende Stilling	1,60	1,83	2,83	4,66	6,26
Retstilling	1,96	1,76	2,14	3,90	5,86
Bøjstilling	1,94	1,95	2,00	3,95	5,86
Strækstilling	2,01	1,88	2,01	3,89	5,90
Bredst. Spændbøjning	2,27	1,65	1,33	2,98	5,25

	Residuall.	Reservel.	Komplementærl.	Vitalcap.	Totalcap.
II					
Fri staaende Stilling	1,30	2,40	3,57	5,97	7,27
Bredst. Spændbøjning	1,73			4,82	6,55

	Antal Forsøg	Residualluft	Vitalcap.	Totalcap.
III				
Fri staaende Stilling	1	1,22[1])	5,25	6,47
Bøjskraahængende St.	2	1,10	4,88	5,98
St. Spændbøjning	3	1,35	3,95	5,30
Haandstaaende St.	5	1,35	3,86	5,21
IV				
Fri staaende Stilling	4	1,14	3,55	4,69
Retstilling	3	1,13	3,35	4,48
Strækstilling	3	1,12	3,53	4,64
Bøjfrahængende St.	3	1,33	3,00	4,33
St. Spændbøjning	4	1,30	3,13	4,43
Haandstaaende St.	3	1,36	2,89	4,25
V				
Fri staaende Stilling	3	0,86	3,35	4,22
Bøjfrahængende St.	2	0,92	2,30	3,22
St. Spændbøjning	3	0,91	2,93	3,84

[1]) Beror aabenbart paa en Tilfældighed. Residualluften er i andre Forsøg gennemsnitlig 1,10 L.

Forsøgspersonerne I—III er Mænd, medens IV—V er Kvinder. I de to første Tabeller er samtlige Volumina angivne i Liter ved 37° og Dampmætning; Respirationsluften er fordelt ligeligt mellem Reserve- og Komplementærluften. I de 3 sidste er Luftmængderne angivne i Liter ved Stuetemperatur.

Som man ser af Tabellerne, vil i alle bundne Stillinger Vitalcapaciteten formindskes, idet den øvre Grændse for Inspirationen indsnævres, og, da denne Formindskelse er langt større end Forøgelsen af Residualluften, hvis en saadan findes, maa ogsaa Totalcapaciteten formindskes. For øvrigt findes der i de foreliggende Forsøg en karakteristisk Forskel mellem de kvindelige og de mandlige Forsøgspersoner, idet Brystkassen hos Mænd bliver langt stærkere fixeret under Spændbøjning end i Bøjhængende Stilling, medens det omvendte er Tilfældet for Kvindernes Vedkommende. Hvis man gaar ud fra den frie staaende Stilling, bliver Totalcapacitetens Formindskelse i % under

	Spændbøjning	og Bøjhængende St. for
I	16,1	(9,7)[1]
II	9,9	—
III	18,1	7,6
IV	5,5	7,7
V	9,0	23,7

Dette Forhold fortjener nærmere Undersøgelse; hvis den hér fremsatte Formodning bekræfter sig, da er det et nyt Fingerpeg i Retning af, at stærke Hævøvelser ikke er egnede for Kvinder. Forsøgspersonerne III og IV har foretaget Forsøg i Haandstaaende Stilling med Støtte, og denne Stilling er i bægge de undersøgte Tilfælde dén, der hemmer Brystkassens Bevægelser stærkest, idet Vitalcapaciteten viser sig formindsket med henholdsvis 26,4 og 18,6 %. Hvad

[1]) Differensen paa to Dobbeltbestemmelser af Vitalcapaciteten.

Residualluften angaar, da finder man for denne i Haandstaaende Stilling gennemsnitligt de højeste Værdier, som man overhovedet træffer hos det paagældende Individ; men den er tillige forholdsvis stærkt og uregelmæsigt svingende. Residualluftens Variationer er for øvrigt underkastet betydelige individuelle Forskelligheder. De er i det Hele taget stærkest udtalte hos den ældste Forsøgsperson (I).

De gymnastiske Stillinger og særlig da saadanne, der kræver et betydeligt statisk Arbejde af Overextremitetens Muskler, hvilket atter medfører, at Brystkassen fixeres, virker altsaa hemmende paa Aandedrættet, navnlig paa Inspirationen. Det samme Resultat kommer man til ved at sammenligne Komplementærluften i Fri staaende Stilling og ved en Øvelse som Hovedbøjning bagud med Armvridning udad, man finder da i

Fri st. Stilling	Komplementærluft	2,65	(8 Forsøg)
Hovedb. m. Armvr.	—	2,28	(7 Forsøg)

For saa vidt som de saakaldte Aandedrætsøvelser i Gymnastiken foretages fra bundne Stillinger, kan de altsaa ikke bidrage til at forøge Lungernes Rumfang, ligesaalidt som de kan tjene til at udvide de paagældende Leds Bevægelsesbaner. Derimod kan Legemsøvelser i al Almindelighed udvikle Brystkassens og Lungernes Rumfang, idet de tager Respirationsorganerne i Arbejde. Betydningen af en stærkt udviklet Brystkasse er naturligvis under sædvanlige Forhold ikke stor, ved anstrængende Arbejde derimod vil denne kunne vise sin Overlegenhed.

AANDEDRÆTTETS KEMI.

De kemiske Processer, der knytter sig til Aandedrættet, foregaar dels i Lungerne dels i Vævene.

LUNGERESPIRATIONEN.

Almindelige Bemærkninger.

I Lungerne sker der en Udligning mellem Spændingerne af de i Blodet opløste eller dissociabelt bundne Luftarter og Alveoleluften, hvis Hovedresultat er en Optagelse af Ilt (O_2) og en Udskillelse af Kulsyre eller Kultveilte (CO_2), det saakaldte respiratoriske Stofskifte i snævrere Forstand, medens Atmosfærens Kvælstof (og andre indifferente Luftarter) ikke deltager i Omsætningen. Dette Stofskifte er i det Hele og Store et Udtryk for de Forbrændingsprocesser, der foregaar i Legemet, men man maa dog erindre, at Forholdet mellem den optagne Iltmængde og den afgivne Kulsyremængde kan forrykkes, naar der samtidigt med Nedbrydningsprocesserne foregaar Synteser i Organismen, endvidere, at navnlig Kulsyreudskillelsen temporært kan være ret forskellig fra Kulsyreproduktionen, idet CO_2 rent fysisk kan »udvadskes« ved en forstærket Ventilation.

Til Dannelsen af 1 Molekyle Kulsyre medgaar 1 Molekyle Ilt; ikke desto mindre vil dog som Regel den optagne Iltmængde og den udskilte Kultveilte være forskellige; Forholdet $\frac{CO_2}{O_2}$, den respiratoriske Kvotient, vil være < 1; under sædvanlige Forhold er den 0,80—0,85. Dette beror paa, at ikke blot Kulstoffet men ogsaa Brinten i de organiske Molekyler iltes fuldstændig, og at den i selve Molekylet tilstedeværende Ilt end ikke er tilstrækkelig til Forbrænding af Brinten. Kun i Kulhydratmolekylet er disse to Stoffer til Stede i samme Forhold som i Vand, og kun ved den rene Kulhydratforbrænding bliver derfor den respiratoriske Kvotient $= 1$.

Det respiratoriske Stofskifte giver altsaa Oplysninger om Stofskifteprocessens Omfang, medens den respiratoriske Kvotient er et Udtryk for dens Art.

Det respiratoriske Stofskifte.

Det respiratoriske Stofskifte defineres i Praxis som den Mængde Ilt, der optages i, og den Mængde Kultveilte, der udskilles fra Lungerne i en given Tid. Hvis Stofskiftet bestemt paa denne Maade skal være et Udtryk for, hvad der foregaar i Organismen, da maa man sørge for, at Lungeluftens Mængde og Sammensætning er ens ved Forsøgets Begyndelse og Slutning, eller man maa skaffe sig Oplysning om en eventuel Forandrings Størrelse og Retning. Særlig ved ganske kortvarige Forsøg kan dette Forhold faa Betydning. Er denne Fordring opfyldt, da kan man beregne det respiratoriske Stofskifte, naar man kender saavel Inspirationsluftens som Exspirationsluftens Sammensætning og Mængde. De respektive Luftmængder kan bestemmes paa den tidligere (S. 75—76) beskrevne Maade. Luftens Sammensætning findes ved Analyse. Samtidig med, at Ventilationen bestemmes, skaffer man sig gennem en Stikledning indskudt efter Blandingsbeholderen (se Fig. 27) en kontinuérlig Prøve af Exspirationsluften ved Hjælp af den paa Fig. 17 afbildede Kviksølvrecipient; paa tilsvarende Maade kan man naturligvis tage Prøve af Inspirationsluften. Disse Gennemsnitsprøver anvendes til Analyse. Der findes forskellige Former for Apparater til Luftanalyse, af hvilke en af de mest enkle er afbildet som Fig. 20.

Apparatet bestaar af en inddelt og kalibreret Glasburette B, der nedad er i Forbindelse med en Gummislange, hvis anden Ende er forbundet med Kviksølvbeholderen K; opad er Buretten lukket med en Tregangshane H, hvis Indretning er vist paa Fig. 21. Denne Hane har et Rør i Burettens Forlængelse, hvorigennem Luften, der skal analyseres, kan indtages; det tredie Rør er forbundet med en Slange S, der atter er forbundet med Hanen H_1, hvis Indretning ligeledes er vist paa Fig. 21. De to andre Rør paa H_1 er forbundne med to Absorptionspipetter A og A_1, der indeholder henholdsvis en Opløsning af Kaliumhydroxyd og pyrogalussurt Kali. Disse Pipetter bestaar af en Glasklokke nedsænket i en ydre Glasbeholder af noget større Dimensioner, der er i Stand til at optage Absorptions-

vædsken, naar denne drives ud af Klokken. Absorptionsvædsken staar ved Analysens Begyndelse til et Mærke i Klokkens Hals og er i den ydre Beholder beskyttet mod Luftens Indvirkning ved et Lag af Vaselinolie, medens Hanen H_1 er lukket. Hanen H stilles nu saaledes, at Vejen til S, der i Forvejen maa være fyldt med Kvælstof, er lukket, medens Passagen i Burettens Forlængelse er aaben; ved at hæve K saaledes, at Kviksølvet stiger op gennem H, uddrives al Luft af Buretten, og H sættes derpaa i Forbindelse med den i Forvejen udskyllede Ledning fra en Beholder indeholdende den Luftprøve, der skal analyseres. Naar nu K sænkes, vil denne strømme ind i B; efter at et passende Kvantum saaledes er indtaget, lukkes H, og K hæves eller sænkes, indtil Kviksølvoverfladerne i K og B staar nøjagtigt i samme Højde; man har da Atmosfæretryk i B. Man aflæser nu Kviksølvoverfladen i B, drejer H i Tværstilling saaledes, at der bliver Forbindelse mellem B og S, og sikrer sig, at dette ikke har forandret den første Aflæsning, drejer derpaa H_1 til Forbindelse med A, hvorpaa man hæver og sænker K afvexlende saaledes, at Luften strømmer frem og tilbage mellem A og B; naar dette er gentaget et passende Antal Gange, suges Absorptionsvædsken op til sit Mærke, H_1 lukkes, og de to Kviksølvoverflader stilles atter i samme Niveau, der aflæses paa B som før. Differensen mellem de to Aflæsninger viser hvor megen CO_2, der er forsvundet, idet denne er absorberet af Kaliluden i A. Man fører derefter Luften et passende Antal Gange over i Pyrogallolopløsningen, hvor Ilten vil absorberes, hvorpaa man aflæser det forsvundne Rumfang. En simpel Beregning vil derefter give de to Luftarters procentiske Mængde i Blandingen. Dette gælder dog kun, hvis Apparatet ikke har forandret sin Temperatur under Analysens Gang; for at sikre sig paa dette Punkt plejer man at omgive B med en Vandkappe.

			Diff.
Expl.	Indtaget til Analyse	(1. Aflæsning) 9,22	
			0,36
	Efter Absorption af CO_2	(2. Aflæsning) 8,86	
			1,30
	Efter Absorption af O_2	(3. Aflæsning) 7,56	

Naar Buretten er inddelt i cc. faar man ved Multiplication af Differenserne med $^{100}/_{9,22}$ de respektive Procenttal, altsaa 3,9 % CO_2 og 14.1 % O_2.

Indaandingsluften.

Er Inspirationsluften en artificiel Luftblanding, da maa man naturligvis i hvert enkelt Tilfælde bestemme dens Sammensætning; hvis man derimod indaander atmosfærisk Luft,

kan man, da dennes Sammensætning har vist sig at være overordentlig konstant[1]), i de allerfleste Tilfælde benytte den angivne Gennemsnitsværdi, som iflg. Krogh's Analyser er:

$$CO_2 = 0{,}03\ \%$$
$$O_2 = 20{,}95\ \%$$
$$N_2 = 79{,}02\ \%$$

(N_2 betyder i denne Forbindelse i Virkeligheden ikke Kvælstof men »indifferente« Luftarter; der findes nemlig i Atmosfæren foruden CO_2, O_2 og N_2 tillige omtrent 1 % Argon samt minimale Mængder af flere andre Luftarter.)

Udaandingsluften

maa altid analyseres i hvert enkelt Tilfælde, idet dens Sammensætning kan variere indenfor ret vide Grændser.

Dette beror paa, at den er en Blanding af Luft dels fra Lungerne, dels fra det »skadelige Rum«. Da det er Lungeluften, der træder i Vexelvirkning med Blodet, medens Luften i det »skadelige Rum« er uforandret Inspirationsluft, er det klart, at Exspirationsluften selv ved uforandret Stofskifte og Alveolærventilation maa variere, naar Respirationsfrekvensen forandres, og da saaledes, at den nærmer sig Inspirationsluften i Sammensætning, naar Frekvensen tiltager, og omvendt. Vil man i et givet Tilfælde bestemme Variationernes Størrelse, da kommer naturligvis ogsaa Størrelsen af det »skadelige Rum« i Betragtning.

Naar disse Data er skaffede til Veje, volder Beregningen af Stofskiftet ingen Vanskeligheder.

Er Inspirationsluftens Volumen V_i, og indeholder den a % CO_2 og b % O_2, Exspirationsluftens Volumen V_e indeholdende a_1 og b_1 % CO_2 resp. O_2, da har man for den

[1]) Dette gælder ikke absolut for Stueluft. Man finder navnlig i slet ventilerede Opholdsrum noget mere CO_2 og noget mindre O_2 end i det Frie, dog vil CO_2-procenten næppe komme til at overstige 0,1 med en tilsvarende Nedgang i Iltprocenten.

udskilte CO_2-Mængde og den optagne Iltmængde Formlerne:

$$CO_2 = \frac{V_e \cdot a_1 - V_i \cdot a}{100}, \text{ og } O_2 = \frac{V_i \cdot b - V_e \cdot b_1}{100}.$$

Stofskiftet angives som Regel i cc. ved 0^0, 760 mm og Tørhed.

Hvis $V_i = V_e$ simplificeres ovenstaaende Formler; man faar da:

$$CO_2 = V \frac{a_1 - a}{100} \quad \text{og} \quad O_2 = V \frac{b - b_1}{100}.$$

Dette Tilfælde kan imidlertid iflg. det tidligere udviklede kun indtræffe, naar den respiratoriske Kvotient er $= 1$; man kan dog ogsaa i andre Tilfælde anvende en lettere Fremgangsmaade, idet man udtrykker det ene af de to Luftvolumina ved Hjælp af det andet, hvilket kan ske ved at anbringe en forholdsvis simpel Korrektion; og da det som Regel vil være Udaandingsluften, man maaler, udtrykker man altsaa V_i ved Hjælp af V_e. Man kommer da til den omhandlede Korrektion ud fra følgende Raisonnement: I den udaandede Luft maa der være den samme Mængde Kvælstof som i den indaandede, da dette Stof ikke deltager i det respiratoriske Stofskifte; hvis derfor Kvælstofprocenten i de to Luftmængder er forskellig, maa dette hidrøre fra, at Rumfanget har forandret sig under Luftens Ophold i Lungerne og forandret sig i det Forhold, som Kvælstofprocenten angiver. Man maa altsaa have:

$V_e \cdot c_1 = V_i \cdot c$ eller $V_i = V_e \frac{c_1}{c}$, hvor c og c_1 er de respektive Kvælstofprocenter. I de fleste Tilfælde er $V_i > V_e$, og man har da i Forholdet $\frac{c_1}{c}$ et Maal for »Kontraktionen«. Da imidlertid V_i i de oprindelige Formler indgaar i Produktet $V_i \cdot a$, bliver Resultatet naturligvis det samme, hvadenten man korrigerer den ene eller den anden af disse Størrelser, og man faar da:

$$CO_2 = V_e \frac{a_1 - a \cdot \frac{c_1}{c}}{100} \text{ og } O_2 = V_e \frac{b \cdot \frac{c_1}{c} - b_1}{100};$$

c og c_1 findes af Analyserne, idet man maa have $c = 100 - (a + b)$ og $c_1 = 100 - (a_1 + b_1)$. Hvis man aander atmosfærisk Luft er Korrektionen for Kulsyrens Vedkommende naturligvis ganske betydningsløs.

Hvis i et givet Tilfælde Exspirationsluften indeholder 3,5 % CO_2, 16,5 % O_2 og altsaa 80 % N_2, da bliver Stofskiftet (idet vi for Nemheds Skyld ogsaa ser bort fra den anden Decimal for Inspirationsluftens Vedkommende), naar Ventilationen er 6,0 L. pr. Minut:

$$CO_2 = 6000 \cdot \frac{3,5}{100} = 210 \text{ cc.}$$

$$O_2 = 6000 \cdot \frac{20,9 \cdot \frac{80}{79} - 16,5}{100} = 276 \text{ cc.},$$

hvoraf Kvotienten R. Q. = 0,76.

Stofskiftets kvantitative Forhold vil blive behandlede i et senere Kapitel; paa dette Sted skal kun anføres, at Iltoptagelsen under sædvanlige Forhold i Hvile ligger mellem ca. 190 og ca. 270 cc. pr. Minut, idet de lavere Tal vil træffes hos Kvinder, de højere hos Mænd; endvidere, at Iltoptagelsens Niveau i Praxis er bestemt alene ved Organismens større eller mindre Aktivitet og altsaa er uafhængig af den i Lungerne tilstedeværende Iltmængde, idet Hæmoglobinet ved den sædvanlige Iltspænding paa omkring 100 mm er saa vidt mættet, at en Forøgelse af denne kun vil kunne bidrage til at forøge Mængden af den i Plasmaet opløste Ilt, der som anført paa S. 94 er overmaade ringe.

Alveoleluften.

Luften i Lungealveolerne har iflg. det foregaaende ikke samme Sammensætning som Udaandingsluften. Da det nu

som nævnt er Alveoleluften, der træder i Vexelvirkning med Luftarterne i Blodet, er det selvfølgelig for Forstaaelsen af Respirationen af største Betydning at lære dennes gennemsnitlige Sammensætning at kende. Det kunde synes en let Opgave men er ikke desto mindre ret vanskeligt at tilvejebringe paalidelige Gennemsnitsprøver af normal Alveoleluft. At skaffe sig en Prøve af Alveoleluften er i og for sig en ganske simpel Sag, man behøver til den Ende blot at aande saa dybt ud, at det »skadelige Rum« bliver godt gennemskyllet med Alveoleluft, og derefter tage en Prøve af den sidst udaandede Luft; men en saadan Prøve giver naturligvis kun Sammensætningen af Alveoleluften i det Øjeblik, da den tages, ikke den gennemsnitlige Sammensætning; thi Luften strømmer stadigt ud eller ind, og det respiratoriske Stofskifte foregaar uophørligt. Man har derfor set sig om efter særlige Metoder. En tilsyneladende simpel og meget anvendt Metode er angivet af Haldane; denne bestaar i, at man i det Øjeblik, da en sædvanlig Inspiration resp. Exspiration er tilendebragt, foretager en meget dyb og navnlig meget hurtig Udaanding gennem et særligt Mundstykke ind i en lang, vid Gummislange. Naar Udaandingen slutter, lukkes Mundstykket med Tungen, og Prøve tages af Luften umiddelbart foran Munden i en paa dette Sted indskudt Recipient, der enten er fyldt med Kviksølv eller pumpet lufttom (Sml. Fig. 28). Denne Metode lider under den Mangel, at den er uanvendelig under Muskelarbejde, idet den dybe Udaanding under disse Forhold tager alt for lang Tid; den kan derimod med nogen Øvelse fra Forsøgsindividets Side give meget smukke Resultater i Hvile. Nedenstaaende Tabel er et Exempel paa CO_2-Bestemmelser i Alveoleluften *ad modum* Haldane. CO_2-Procenten er bestemt paa den angivne Maade saavel ved Indaandingens som ved Udaandingens Slutning; de anførte Tal er Middeltal hvert af 10 Forsøg foretagne paa forskellige Dage men paa samme Tid af Døgnet og for øvrigt under samme Betingelser. Al-

veoleluftens gennemsnitlige Sammensætning findes i det enkelte Forsøg som det arithmetiske Middeltal af de to Bestemmelser. Gennemsnittenes Middeltal med deres sandsynlige Fejl er i Tabellen angivet i mm Hg.

J. L. 1910	Insp. %	Exsp. %	Middel mm Hg.
$^{30}/_{3}$—$^{12}/_{4}$	5,085	5,36	37,3 ± 0,086
$^{9}/_{5}$—$^{21}/_{5}$	4,79	3,26	35,8 ± 0,17

Forskellen paa Differenserne mellem Ind- og Udaandingsprøverne i de to Serier skyldes Variationer i Respirationsfrekvens og Aandedrætsdybde.

Medens denne Metode, hvis Resultater staar og falder med en fuldkommen regelmæsig Respiration, fordrer en vis Træning og Disciplin fra Forsøgsindividets Side, har man i Bohr's indirekte Bestemmelse af Alveoleluften en Metode, der er langt mere objectiv, idet den tillader Beregning af Lungeluften ved Hjælp af den gennemsnitlige Respirationsdybde, Exspirationsluftens Sammensætning og Størrelsen af det »skadelige Rum«. Denne Metode bygger ikke paa et enkelt Aandedræt og fordrer ikke Forsøgspersonens Medvirkning, den er anvendelig lige saa godt under Arbejde som under Hvile, men den fordrer til Gengæld den noget omstændelige Bestemmelse af det »skadelige Rum«; og den Usikkerhed, hvormed denne sidste er behæftet, kan gøre Metoden uanvendelig i saadanne Tilfælde, hvor Respirationsdybden er meget ringe. Bohr's Formel er denne:

$$x = \frac{V \cdot E - s \cdot I}{V - s},$$

hvor V er Aandedrætsdybden, s det »skadelige Rum« E og I Iltprocenten resp. CO_2-Procenten i henholdsvis den udaandede og den indaandede Luft. Hvis disse sidste Størrel-

ser, som i det ovenfor valgte Exempel, for Exspirationsluftens Vedkommende er henholdsvis 16,5 og 3,5, medens Aandedrætsdybden er 500 og det »skadelige Rum« 140 cc., da finder man følgende Sammensætning af Alveoleluften:

$$CO_2 = \frac{500 \cdot 3{,}5 - 140 \cdot 0{,}03}{500 - 140} = 4{,}85\ \%$$

$$\text{og } O_2 = \frac{500 \cdot 16{,}5 - 140 \cdot 20{,}9}{500 - 140} = 14{,}8\ \%$$

Hvis Barometerstanden sættes til 760 mm, da bliver altsaa, idet Vanddampstensionen ved 37^0 er 47 mm, de respektive Luftarters Spændinger (Partialtryk) henholdsvis 34,6 og 105,8 mm Hg.

Man maa nu ikke forestille sig, at Alveoleluften »fornyes« ved hvert Aandedræt; de beregnede Tal er ganske vist Middelværdier, hvorom de faktiske Værdier svinger, men Svingningerne er ved sædvanligt, roligt Aandedræt forholdsvis smaa, hvad en omtrentlig Regning let vil vise. Tager man som Exempel de paa S. 82 Fp. I anførte Tal, da har man ved Slutningen af Exspirationen i Lungerne ca. 3,2 L Luft (Residualluft 1,60, Reserveluft 1,60 L). Er CO_2-Procenten paa dette Tidspunkt 5,0, da vil der i alt være 160 cc. CO_2 i Lungerne; med de ovenfor givne Værdier for Aandedrætsdybden og det »skadelige Rum« kommer der under Inspirationen 360 cc. atmosfærisk Luft ned i Lungerne; denne er praktisk talt fri for CO_2. Der findes nu i Lungerne 3,56 L Luft indeholdende 160 cc. CO_2 plus den Mængde, der er produceret i den Tid, Inspirationsbevægelsen har varet; ser vi bort fra denne sidste, vil Lungeluften altsaa ved Inspirationens Slutning indeholde 4,5 % CO_2, medens den tilsvarende Beregning for Iltens Vedkommende giver 15,2 % O_2. I Virkeligheden vilde Svingningerne under de givne Betingelser paa Grund af Stofskiftet blive endnu mindre.

De alveolære Luftspændingers gennemsnitlige Niveau er

individuelt ret forskelligt beliggende, og det varierer hos det enkelte Individ under skiftende Forsøgsbetingelser, hvorom nærmere i det følgende Kapitel. Under de samme Betingelser er det imidlertid hos den Enkelte ret konstant.

Luftarterne i Blodet.

Det er altsaa den forholdsvis iltfattige og kulsyrerige Lungeluft, der gennem Lungealveolernes og Blodkapillærernes yderst tynde Vægge træder i Forbindelse med Blodet. Luftarterne i Blodet forekommer dels opløste, dels dissociabelt bundne. Hvor stor en Mængde af en Luftart, der kan opløses i en given Vædskemængde, beror paa Luftartens og Vædskens Natur, desuden paa Temperaturen og Luftartens Partialtryk. Bringes en Luftart i Berøring med en Vædskeoverflade, da vil Luftmolekylerne vandre ind i Vædsken, men samtidigt vil en Del Molekyler atter vandre fra Vædske til Luft; naar den Tilstand er naaet, da lige mange Luftmolekyler vandrer ind og ud af Vædsken, siges denne at være »mættet« med den paagældende Luftart ved det forhaandenværende Partialtryk. Den Mængde af en Luftart, maalt i cc., der ved 0^0 og 760 mm Tryk optages i 1 cc. Vædske, kalder man Luftartens Absorptionskoefficient; denne forholder sig direkte som Trykket men aftager med stigende Temperatur efter en ikke retliniet Kurve; Absorptionskoefficienterne er for

	Kultveilte	Ilt	Kvælstof
I Vand ved 0^0	1,713	0,049	0,024
I Vand ved 38^0	0,555	0.024	0,012
I Blod ved 38^0	0,511	0,022	0,011

Den formindskede Opløselighed i Blodet skyldes de i Plasma opløste Salte og Proteinstoffer. Da nu Kulsyrens og Iltens Partialtryk i Alveolerne langt fra er 760 mm, — man kunde

ansætte de resp. Tryk f. Ex. til 40 og 100 mm, — saa skulde 100 cc. arterielt Blod kun kunne optage 2,7 cc. CO_2 og 0,29 cc. O_2. Hvis man imidlertid bringer 100 cc. arterielt Blod under Luftpumpen, da viser det sig, at man kan udpumpe

ca. 40 cc. CO_2 og 20 cc. O_2.

Derimod viser Kvælstofmængden sig at være uforandret minimal. Medens altsaa N_2 viser sig at være tilstede i Opløsning, maa de to førstnævnte Luftarter i Blodet være kemisk bundne, og de paagældende Forbindelser maa, da de spaltes i Vacuum, være dissociable.

Bringes 100 cc. Veneblod under Luftpumpen, vil der kunne frigøres

ca. 46 cc. CO_2 og 12 cc. O_2;

det venøse Blod indeholder altsaa mindre Ilt og mere Kultveilte end det arterielle. Kender man nu Iltens og Kultveiltens Partialtryk i Blodet kan man altsaa iflg. det foregaaende regne sig til hvormeget af disse Luftarter der findes i Opløsning og hvormeget der er kemisk bundet.

De paagældende Luftarters Spændinger i Blodet findes ved Hjælp af et Tonometer; et Apparat, hvori en begrændset Luftmængde bringes i Spændingsligevægt med det strømmende Blod, hvorefter dens procentiske Sammensætning bestemmes ved Analyse; man har da ved en simpel Omregning Partialtrykket, og deraf igen den opløste Luftmængde i cc. iflg. Formlen $\frac{100\alpha p}{760}$, hvor α er Absorptionskoefficienten og p Partialtrykket. Subtraheres denne Størrelse fra den udpumpede Luftmængde, faar man den dissociabelt bundne Mængde af den paagældende Luftart i 100 cc. Blod.

For Iltens Vedkommende er Sagen forholdsvis simpel, idet denne, bortset fra den altid minimale Mængde, der findes opløst i Plasma, er bundet til Hæmoglobinet. Blod-

farvestoffets Iltbindingskurve er tidligere omtalt (Se S. 15 og Fig. 6). Iltbindingen er imidlertid ikke uafhængig af den tilstedeværende CO_2 (Sml. Fig. 23), hvorom nærmere nedenfor. Undersøger man Mængden af bunden CO_2 ved forskellige Partialtryk, da vil man komme til en Kurve, der i store Træk minder om Iltbindingskurven. Ogsaa denne Kurves Form varierer under Paavirkning af andre Stoffer. CO_2 kan forbinde sig med Proteinstofferne i Plasma og med Hæmoglobin; men Hovedmassen af den bundne Kulsyre forekommer som Bicarbonat, en dissociabel Forbindelse, der spalter sig i Vacuum efter Formlen

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2CO_3,$$

hvilken sidste Forbindelse atter kan adskilles i $H_2O + CO_2$ eller kan findes spaltet i Ioner. Karbonaterne kan omsætte sig med de i Blodet opløste Fosfater efter følgende Skema:

$$Na_2CO_3 + 2NaH_2PO_4 = 2Na_2HPO_4 + H_2CO_3$$

Da disse Forandringer ogsaa kan forløbe i modsat Retning, kommer Fosfater og Karbonater, og da navnlig disse sidste, til at virke som »Stødpuder«, naar det drejer sig om Forandringer af Blodets Reaction. Denne kan ved Hjælp af disse Salte reguleres overmaade fint, idet den svage Syre, Kulsyren, ved Lungeventilationen kan fjærnes i større eller mindre Mængde, alt efter Behovet. I Hovedsagen er Blodreactionen bestemt ved Forholdet mellem den frie og den bundne Kulsyre i Blodet (Hasselbalch); ogsaa andre Stoffer spiller dog med ind, især Oxyhæmoglobinet, der ved tiltagende alkalisk Reaction virker som en stærkere og stærkere Syre. Naar Reactionen i det venøse Blod paa Grund af dettes større CO_2-Indhold bliver surere, vil denne Reactionsforandring kompenseres derved, at samtidig en Del af Oxyhæmoglobinet reduceres.

Mængden af opløst Kvælstof er, som det vil fremgaa af det foregaaende, direkte proportional med denne Luftarts

Partialtryk, og da dette under almindelige Forhold i Lungeluften er ret konstant, bliver N_2-Mængden i Blodet det samme. Hvis Kvælstofprocenten i Alveolerne bringes stærkt ned f. Ex. ved Iltaanding, da vil Blodet afgive Kvælstof til Lungeluften, og det samme vil ske, hvis Totaltrykket falder pludseligt og stærkt; men i dette Tilfælde kan Forandringerne foregaa saa voldsomt, at Kvælstoffet frigøres som Luftblærer i Karrene, hvilket af fysiske Grunde medfører en øjeblikkelig Standsning af Circulationen. Det er dette, der finder Sted, naar Dykkere fra et Tryk paa flere Atmosfærer pludseligt kommer op til Jordens Overflade.

Luftskiftet mellem Lungeluft og Blod.

Det har ved tonometriske Undersøgelser vist sig, at Spændingerne i Blodet i det Hele varierer parallelt med de samme Luftarters Spændinger i Alveoleluften saaledes, at CO_2-Spændingen i Blodet altid er ubetydeligt højere end i Lungeluften, medens Blodets Iltspænding ligger kendeligt lavere end Iltspændingen i Alveolerne (Krogh). Der foregaar altsaa under Blodets Passage gennem Lungerne en Udligning af Spændingsdifferenserne mellem Blodets Luftarter og Alveoleluftens, og denne Udligning foregaar ved Diffusion. Den Luftmængde, der i en given Tid diffunderer gennem en Vædske eller en vædskefyldt Membran, er bl. a. afhængig af dennes Udstrækning og Tykkelse, af Absorptionskoefficienten for den paagældende Luftart og af Spændingsforskellen paa de to Sider af Membranen. Flere af disse Størrelser er for Lungernes Vedkommende meget vanskelige at bestemme; man anslaar i Almindelighed Lungens indre Overflade til 90 m^2, men Angivelserne varierer meget betydeligt; Tykkelsen af Alveolevæg plus Karvæg angives til 0,004 mm, men heller ikke denne kendes med Sikkerhed. Derfor vil en Beregning ad rent fysisk Vej blive ret upaalidelig. Man er da gaaet en anden Vej, idet man har be-

stemt Spændingerne i Alveoleluft og Veneblod, og derpaa ved direkte Forsøg Lungediffusionskonstanten, d. v. s. den Mængde af den paagældende Luftart, maalt i cc., der pr. Minut og pr. mm Spændingsdifferens kan diffundere fra Alveolerne ind i Blodet. Saadanne Forsøg er udførte ved Hjælp af Kulilte, idet en CO-holdig Luftblanding af kendt Sammensætning indelukkes i Lungerne i en nøje bestemt Tid, hvorefter Spændingsfaldet bestemmes. Diffusionskonstanten kan da beregnes, ikke blot for CO men ogsaa for andre Luftarter. Denne Størrelse er individuelt varierende; den varierer for Iltens Vedkommende hos sunde, voxne Mennesker mellem 23,7 og 43,3; ved Lungerumfang mindre end Middelcapaciteten er den uafhængig af dette, derimod voxer den ved større Volumina proportionalt med Lungerumfanget (M. Krogh). Hvis Spændingerne i Alveoleluften er 107 og 40 mm henholdsvis for Ilt og Kulsyre, medens Spændingerne for de samme Luftarter i Veneblodet er henholdsvis 37 og 46 mm, da er de største Spændingsdifferenser altsaa 70 resp. 6 mm. Spændingen falder imidlertid ikke efter en ret Linie, og Middelspændingsdifferensen maa derfor bestemmes ad Omveje; er denne for Iltens Vedkommende f. Ex. 55 mm, saa vil der med de ovenfor givne Diffusionskonstanter kunne optages fra 1300—2380 cc. O_2 pr. Min., er den 30 mm, bliver Tallene 710—1300, er den blot 15 mm., hvilket er meget lavere, end den i det valgte Exempel kan være, kan der optages 355—650 cc., hvilket endnu er mere, end normalt Hvilestofskifte kræver. Beregning vil vise, at ogsaa naar Iltprocenten i den indaandede Luft falder saa stærkt, at den alveolære Iltspænding naaer ned til ca. 40 mm, vil Luftskiftet for Iltens Vedkommende kunne foregaa ved Diffusion; for Kulsyrens Vedkommende er Diffusionskonstanten saa høj at den under ingen Omstændigheder vil volde Vanskelighed set fra et fysisk Standpunkt.

(Medens de ældre Respirationsfysiologer paa Grundlag af de den Gang foreliggende Spændingsbestemmelser betragtede det som givet, at Luftskiftet

i Lungerne foregik ved Diffusion, blev Sagen for omtrent en Menneskealder siden taget op fra et helt nyt Synspunkt af Bohr. Nogle Spændingsbestemmelser, som Bohr foretog med en forandret Metodik, gav det Resultat, at Iltspændingen i Alveoleluften ofte var lavere end i Arterieblodet, medens det for Kultveiltens Vedkommende kunde forholde sig omvendt. Disse Resultater maatte naturligvis betragtes som absolut uforenelige med Diffusionsteorien, og Bohr opstillede da den Hypotese, at Luftskiftet i Lungerne foregik under aktiv Medvirkning fra Lungeepithelets Side, at det med andre Ord maatte betragtes som en Secretionsproces. Secretionen maatte altsaa dels være intern (Ilten), dels extern (Kulsyren). Denne Secretionshypotese blev af Bohr og hans Elever underbygget dels med et meget stort og varieret experimentelt Bevismateriale, dels med Analogier hentede fra andre Omraader af Dyreriget. Bohr henviste saaledes til, at man i Svømmeblæren, der er et med Pattedyrenes Lunger homologt Organ, hos visse Fiske finder næsten ren Ilt; udtømmes Ilten ved Punktur, viser det sig, at den i Løbet af kort Tid atter vil være til Stede i Svømmeblæren, og den maa da nødvendigvis være secerneret af dennes Epithel, da Fiskeblodets Iltspænding naturligvis er meget betydeligt lavere. Hertil kom endvidere, at Bohr iflg. de af ham anstillede Forsøg og Beregninger maatte antage, at Diffusionsforholdene i Lungerne var langt ugunstigere, end de ved senere Undersøgelser har vist sig at være. Men Grundlaget, hvorpaa Bohr byggede, viste sig ved nærmere Prøvelse uholdbart, og Diffusionsteorien er derfor atter i de seneste Aar, navnlig støttet til Kroghs omfattende og omhyggelige Arbejder, traadt saa stærkt i Forgrunden, at den maa siges at være saa godt som eneraadende).

VÆVSRESPIRATIONEN.

Luftskiftet i Lungerne er imidlertid kun den ene Side af Respirationsprocessen. Det venøse Blod indeholder som flere Gange nævnt mindre Ilt og mere Kulsyre end det arterielle, hvoraf følger, at der i Vævene maa have fundet et Luftskifte Sted, der for saa vidt gaar i modsat Retning af Lungediffusionen, som Blodet gennem Kapillærernes Vægge maa have afgivet Ilt og optaget CO_2. Ogsaa dette Luftskifte maa betragtes som en Diffusionsproces; men har det været vanskeligt at komme til Klarhed over Processen i Lungerne, da er det endnu langt vanskeligere at naa til fuld Forstaaelse af, hvad der foregaar i Periferien, og Vanskelig-

hederne falder som sædvanligt ikke paa Kulsyren men paa Ilten. Man kender ikke Iltspændingen i Vævene, og denne kan for Tiden ikke bestemmes med nogen større Grad af Sikkerhed. Iflg. Krogh's Iagttagelser og Beregninger maa det antages, at hvis samtlige Kapillærer i en Muskel er aabne, da vil den for Iltforsyningen under Hvile nødvendige Spændingsdifferens mellem Blod og Væv være saa lille, at Iltspændingen — i alt Fald hos Pattedyr — maatte være praktisk talt den samme i Muskelvæv som i Blod. Saaledes er Forholdet imidlertid ikke, idet — som tidligere omtalt — kun et ringe Antal af Musklens Kapillærer samtidig er aabne under Hvile; men selv under disse Omstændigheder viser Beregningerne, at den Spændingsdifferens, der er en Betingelse for, at Diffusionen kan foregaa i tilstrækkeligt Omfang, altid vil være til Stede. Det er dog sandsynligt, at Iltspændingen i Muskelvævet under Hvile næppe er meget over Nul; derimod har man i enkelte Kirtler fundet en ret høj Iltspænding og det samme gælder rimeligvis med Hensyn til Centralnervesystemet. Man kan derfor foreløbig ikke behandle Problemet ud fra almindelige Synspunkter.

Selv i Tilfælde, hvor Vævenes Iltspænding er yderst ringe, vilde dog en Udligning af Iltspændingerne mellem Blod og Væv under Blodets Passage gennem Kapillærerne ikke kunne tilføre Vævene nævneværdige Mængder af Ilt, saalænge Hæmoglobinets Iltbindingskurve beholdt den tidligere omtalte Form uforandret, idet denne Kurves Vendepunkt ligger ved et Ilttryk paa omkring 30 mm, d. v. s., først naar Spændingen falder under denne Værdi, vil der frigøres betydeligere Iltmængder, og et saadant Tilfælde forekommer iflg. de foretagne Spændingsbestemmelser paa Veneblod ikke under almindelige Forhold. For at Blodet skiftevis skal kunne afgive og optage større Mængder af Ilt, maa den Iltbindingskurve, der svarer til de givne faktiske Forhold, have en saadan Form, at Hæmoglobinet ved den i Lungerne forekommende Iltspænding bliver helt eller dog saa godt

som fuldstændig mættet, medens det ved det kapillære Iltryk aflades til henimod Halvdelen. En Mekanisme, der virker i denne Retning, er da ogsaa paavist, idet Iltbindingskurven forandrer sin Form under Paavirkning af forskellige Faktorer, der i Lungerne og i Vævene optræder med forskellig Intensitet. Iltbindingskurven vil saaledes forandre Form i den ønskede Retning, naar Temperaturen stiger, hvilket altid er Tilfældet i de arbejdende Organer, d. v. s. paa de Steder, hvor Ilten forbruges; Kurven vil yderligere forandres i nævnte Retning, naar Blodet optager Kulsyre, og Forandringen tiltager med Kulsyrespændingen. Dette gælder dog altsaa kun saalænge, Ilttrykket er lavt; ved høje Ilttryk har Kulsyrespændingen ingen Indflydelse paa Iltbindingen; CO_2-Spændingen i Alveolerne kan ikke hindre Hæmoglobinets Mætning med Ilt, hvorimod den høje Kulsyrespænding i Vævene virker stærkt befordrende paa Oxyhæmoglobinets Dissociation (Fig. 23). En lignende Virkning som Kultveilten tilkommer ogsaa andre Syrer, saaledes de ikke flygtige Syrer, antagelig Mælkesyre, der dannes under Muskelarbejde.

Aandedrættets Regulering.

Ved Aandedrættets Regulering forstaar man dén automatiske Indstilling af den alveolære Ventilation, der — i Forbindelse med Nyrefunktionen — under sædvanlige Forhold tjener til at opretholde Blodets konstante Reaction. Under særlige Omstændigheder, saasom under Muskelarbejde, kan Regulationen tjene ogsaa andre Formaal og kan tildels iværksættes ved Hjælp af én fra den sædvanlige forskellig Mekanisme, hvorom nærmere i et følgende Kapitel. Men i alle Tilfælde er Objectet for Regulationen den alveolære Ventilation, og denne beherskes mekanisk ved Hjælp af Aandedrætsbevægelserne.

Respirationsbevægelserne koordineres og reguleres fra et

Reflexcentrum beliggende i den forlængede Marv. Dette Centrum, Aandedrætscentret lader sig ikke nøje afgrændse anatomisk: den tidligere saa populære Livsknude har man maattet opgive; Centret synes at have forholdsvis stor Udstrækning, det er i alt Fald bilateralt; man kan gennemskære Medulla paa langs, uden at dets Funktion forstyrres. Men at et Respirationscentrum virkelig findes og er beliggende i Omegnen af IV'Hjærneventrikel, det fremgaar med Bestemthed deraf, at en Overskæring af Medulla i Højde med Foramen magnum, d. v. s. ovenfor de paagældende Muskelnervers Udspring, har en øjeblikkelig Standsning af Respirationen til Følge, hvorimod en Gennemskæring af Medulla ovenfor Calamus scriptorius, hvorved Medulla skilles fra de ovenfor liggende Hjærnedele, er mulig, uden at Aandedrættet gaar i Staa. Dette Centrum er altsaa Udgangspunktet for de efferente Impulser til Respirationsmusklerne; det er tillige Endepunkt for afferente Baner, navnlig for saadanne, som forløbe i Nn. vagi, med hvis Kerner det aabenbart er ret nøje forbundet; men ogsaa afferente Nerver fra Strube, Svælg og Næse har Forbindelse med Centret, og Impulser udgaaende fra disse Organer kan dels under fysiologiske Forhold (Synkning), dels under særlige Omstændigheder (Afværgebevægelser som Hosten, Nysen etc.) blive bestemmende for Centrets Virksomhed. Endelig har dette ogsaa Forbindelse med højere liggende Hjærnedele helt op til de corticale Centre, hvorfra Respirationsbevægelserne vilkaarligt kan hemmes eller paaskyndes indenfor visse Grændser.

Naar Aandedrætscentret stimuleres, fremkalder det en Forøgelse af Respirationsfrekvensen og af Aandedrætsdybden, indbyrdes varierende individuelt men altid saaledes, at der sker en Forøgelse af den alveolære Ventilation; det er altsaa denne Funktion, der er Genstand for Centrets regulerende Virksomhed. Hvis Nn. vagi gennemskæres, antager Respirationen en ejendommelig Karaktér, idet den bliver langsommere og dybere, og der kan optræde Pauser paa

Højden af Inspirationen, medens den exspiratoriske Pause forkortes; hvis tillige Hjærnestammen gennemskæres, bliver denne Respirationstype endnu mere accentueret, Aandedrættet bliver krampagtigt og i Længden utilstrækkeligt til at sikre den for Livets Bestaaen nødvendige Ilttilførsel. Den normale Stimulus tilføres imidlertid ikke Respirationscentret gennem afferente Nervebaner men derimod ad Blodvejen. Denne Kendsgerning er ikke uforligelig med, hvad man ved om Vagusfunktionen; det er nemlig givet, at overhovedet ingen koordineret Muskelbevægelse er mulig uden stadig effektiv Kontrol ved Hjælp af afferente Nerveimpulser, og det er denne Kontrol, der effektueres gennem Nervi Vagi. Aandedrætscentret hører altsaa til de saakaldte »automatiske« Reflexcentre. Det har vist sig, at naar man afbryder enhver nervøs Forbindelse mellem Forkrop og Bagkrop paa et Forsøgsdyr og derefter bringer Bagkroppens Muskler til at arbejde ved Hjælp af kunstigt Irritament, da vil Aandedrætscentret ligesom ved det naturlige Arbejde stimuleres til forøget Virksomhed; dette vil derimod ikke være Tilfældet, naar man hindrer Blodet fra de arbejdende Muskler i at vende tilbage til Hjærtet. Heraf har man sluttet, at den arbejdende Muskel maa producere Stoffer, der virker inciterende paa Respirationscentret, og det Stof, man da først og fremmest kommer til at tænke paa, er Kultveilten. De talrige Forsøg, man efterhaanden har anstillet for at prøve denne Hypotese, har fuldt ud bekræftet Formodningens Rigtighed, idet de for det første har vist, at Centret er yderst følsomt selv for smaa Forandringer i Blodets CO_2-Spænding. En af de simpleste Prøver, man kan anvende, bestaar i at blande Kulsyre til Inspirationsluften; det vil da vise sig, at Ventilationen forøges, og at den forøges desto mere, jo mere CO_2 der er tilsat.

K. A. H.	Antal Forsøg	Frekvens	CO_2-% i Inspir.	Alv. CO_2-Sp.	Alv. Vent.
1911	6	9,5	0,08	36,9	5,1
	6	9,4	1,12	37,9	6,0
	5	9,9	2,01	39,4	7,6
	6	10,0	3,96	44,4	12,4

Som man ser af ovenstaaende Tabel, paavirkes Frekvensen kun lidt af den indaandede Kulsyre, medens en Forhøjelse af den alveolære Kulsyrespænding med omtrent 1 % mere end fordobler den alveolære Ventilation. Forøvrigt er Forholdene individuelt varierende; den Forøgelse eller Formindskelse af den alveolære Ventilation, som er Regulationens Maal og det kvantitative Udtryk for dennes Intensitet, kan nemlig komme i Stand ved at variere saavel Respirationsfrekvens som Respirationsdybde, og den Andel i det samlede Resultat, der tilkommer hver af disse Faktorer, varierer saavel af ydre som af individuelle Grunde; den er afhængig af de Omstændigheder, der har foranlediget, at Regulationsmekanismen er traadt i Virksomhed, men tillige af personlige, tildels rent mekaniske Forhold. Hvis den Hypotese, som vi hér beskæftiger os med, er rigtig, da maa man vente, at en Sænkning af den alveolære Kulsyrespænding under et vist Niveau maa medføre Standsning af Aandedrættet Ogsaa dette viser sig at slaa til. Hvis man vilkaarligt forcerer Ventilationen, da vil man ad rent fysisk Vej »udvadske« Kultveilte af Blodet, idet denne paa Grund af sin store Opløselighed og store Diffusionshastighed, altid vil naa at komme i Niveau med Alveoleluften; man kan paa denne Maade udvadske flere Liter Kulsyre af Legemet og sænke den alveolære CO_2-Spænding 2—3 %. I det Øjeblik, da Forceringen ophører, indtræder der Apnoë[1]), og denne Tilstand, vedvarer, indtil den alveolære CO_2-Spænding

[1]) Apnoë = Respirationsstandsning. Hyperpnoë = forstærket Ventilation. Dyspnoë = Aandenød.

omtrent er naaet op til sit tidligere Niveau, hvilket efter Omstændighederne kan vare flere eller færre Minutter.

En Sænkning af Organismens Kulsyreniveau er imidlertig ikke noget indifferent Indgreb; hvis man forcerer Respirationen, vil der som Regel ret hurtigt optræde et Symptomkomplex, der under ét kaldes Acapni. De vigtigste Acapnisymptomer er forhøjet Pulsfrekvens, Svimmelhed, en Række abnorme Sensationer fra Hudnervernes Omraade og uregelmæsig Respiration, idet denne bliver arhytmisk og den enkelte Aandedrætsbevægelse usikker. Selv ved svag Forcering kan Acapnien i mindre end $^1/_2$ Time blive yderst ubehagelig for Individet; stærk Forcering er kun mulig i 1—2 Minutter.

Det var længe en almindelig Antagelse, at Respirationscentret ogsaa paavirkedes af Iltmangel, at altsaa selve den Omstændighed, at Iltspændingen i Blodet faldt under et vist Niveau, skulde stimulere Centret til forøget Virksomhed. Saaledes forholder det sig imidlertid ikke. Hvis man forcerer Respirationen i en Atmosfære med lav Iltspænding, vil den forøgede Ventilation medføre en Stigning af den alveolære Iltprocent, og man vil derfor, saa længe Forceringen varer, være forholdsvis godt stillet med Hensyn til Ilttilførsel; men naar Forceringen ophører, da viser det sig, at der som sædvanligt indtræder Apnoë, og det Iltforraad, som Organismen da har at tære paa, er betydeligt mindre end under sædvanlige Forhold. Hvis nu Iltmanglen var et Irritament for Respirationscentret, da maatte man vente, at Apnoë'en meget hurtigt maatte ophøre, naar Iltspændingen sank, uden Hensyn til Kulsyrespændingens forhaandenværende Niveau; men dette er ikke Tilfældet: er Kulsyrespændingen bragt tilstrækkeligt langt ned, da kan man se Forsøgsindividet besvime af Iltmangel uden at have foretaget en eneste Aandedrætsbevægelse.

Ved Forsøg, som de ovenfor omtalte, vil det dog vise sig, at Kulsyrespændingen ikke behøver at naa helt op til sit oprindelige Niveau, før Apnoë'en brydes; dette beror paa, at Ilten uden selv at virke irriterende paa Aandedrætscentret forandrer dettes Følsomhed for Kultveilten og da saaledes,

at Centrets Følsomhed aftager noget, naar Iltspændingen stiger, medens den tiltager meget stærkt, naar Iltspændingen falder (Lindhard). Respirationscentrets Følsomhed kan ikke direkte maales, men man kan finde et Udtryk for den ved at undersøge, hvor meget den alveolære Kulsyrespænding stiger, naar der blandes en vis Mængde Kulveilte til Inspirationsluften. Jo mere følsomt Centret er, desto mindre faar den alveolære CO_2-Spænding Lov til at stige, jo mindre Følsomhed, desto mere Kultveilte vil der ophobes i Blodet, forinden Centret ved forøget Virksomhed sætter en Grændse for Stigningen. Da Alveolærventilationen naturligvis maa forholde sig omvendt som den alveolære CO_2-Spænding, vil det følsomme Centrum altsaa foraarsage en stærk Ventilation og omvendt. Men den alveolære CO_2-Spænding og Ventilationen kan man maale, og man har da i Forholdet mellem disse et Maal for Følsomheden. Nedenstaaende Tabel giver et Exempel:

K. A. H. 1911	Frekvens.	CO_2 i Inspir.	O_2 i Inspir.	Alv. CO_2-Sp.	Stigning.	Alv. Ventilat.	Stigning.
	9,7	0	16	37,2		5,5	
					9,9		32,2
	16,0	6	—	47,1		37,7	
	10,1	0	20	37,7		5,1	
					10,7		22,9
	14,2	6	—	48,4		28,0	
	10,5	0	96	35,9		5,0	
					16,0		11,2
	11,4	6	—	51,9		16,2	

Man ser let af Tallene, der hvert er Gennemsnit af flere Forsøg, foretagne paa forskellige Dage, at den samme Tilblanding af CO_2 til Inspirationsluften giver en ganske forskellig Stigning af den alveolære CO_2-Spænding, hvortil svarer

en Forskel gaaende i modsat Retning for Alveolærventilationens Vedkommende, og at denne sidste Størrelse aftager med stigende Iltprocent. — Respirationscentrets Følsomhed kan forøvrigt bringes til at variere ved forskellige saavel fysiske som kemiske Indgreb, ligesom den selvfølgelig varierer individuelt.

Den Respirationsteori, der støttede sig til disse Kendsgerninger, gik da ud paa: at den normale og tilstrækkelige Stimulus for Respirationscentret er Blodets Kulsyre, at man som Index for denne kan benytte den alveolære CO_2-Spænding, og at det er Regulationens Opgave at holde denne Størrelse konstant (Haldane). Der viste sig snart visse Vanskeligheder for denne Teori; der rejstes visse Indvendinger, som dog lod sig afvise, naar Hensyn toges til Centrets vexlende Følsomhed, — denne Funktion havde man længe helt ladet ude af Betragtning, eller man havde i Henhold til ældre Undersøgelser betragtet den som konstant. — Men ét Spørgsmaal stod tilbage, det nemlig, om Kulsyrens Virkning paa Respirationscentret maatte betragtes som en specifik Virkning, eller om Virkningen maatte antages at bero paa dens Syreegenskaber saaledes, at den i denne Forbindelse vilde kunne erstattes med andre Syrer, bortset naturligvis fra eventuelle særlige Virkninger hos disse. Spørgsmaalet har forholdsvis hurtigt fundet sin Løsning derhen, at man maa betragte Blodets Brintioner som det virkelige Irritament for Respirationscentret. Forsøg har endvidere vist, at Regulationen ikke gaar ud paa at vedligeholde et konstant Niveau for den alveolære CO_2-Spænding, men at dens Opgave er at holde Blodets Reaction konstant. At en saadan Neutralitetsregulation (Hasselbalch) er det essentielle i Aandedrættets Regulationsmekanisme, det fremgaar af, at man er i Stand til at variere Alveoluftens og altsaa ogsaa Blodets Kulsyrespænding inden for ret vide Grændser, medens saavel Respirationscentrets Følsomhed som Blodets Reaction forbliver konstant. Saadanne Varia-

tioner af den alveolære CO_2-Spænding kan man opnaa alene ved Diætforandringer, som nedenstaaende Gennemsnitstal fra en af Hasselbalch's Forsøgsrækker viser.

		Blodreaction	
	Alv. CO_2 mm	p_H ved 40 mm CO_2	p_H ved alv. CO_2
Køddiæt	38,9	7,33	7,34
Plantekost	43,3	7,42	7,36

Trods den betydelige Forskel paa den alveolære CO_2-Spænding ligger Forskellen paa Bestemmelserne af p_H i sidste Kolonne indenfor den anvendte Metodes Fejlgrændser. Det blev i andre, samtidige Forsøg konstateret, at Respirationscentrets Følsomhed for H-ioner ikke paavirkedes af Kostforandringen.

Hvis der optræder ikke flygtige Syrer i Blodet, da kan disse eventuelt udskilles gennem Nyrerne. En Udskillelse ad denne Vej tager imidlertid forholdsvis lang Tid; det varer adskillige Minutter, før man ved strængt Muskelarbejde kan paavise Mælkesyre i Urinen. Men Blodets Surhedsgrad kan ogsaa formindskes derved, at overskydende Brintioner inciterer Respirationscentret til forøget Virksomhed, hvorved CO_2 udvadskes gennem Lungerne, og denne Maade at regulere paa er baade hurtig og effektiv, navnlig hvis den understøttes af en positiv Følsomhedsændring for Respirationscentrets Vedkommende, en Ændring, der kan optræde ganske momentant og med en betydelig Intensitet. Omvendt vil ved formindsket Ventilation foraarsaget f. Ex. ved en negativ Følsomhedsændring H-ioner tilbageholdes, og Blodet saaledes — *ceteris paribus* — blive surere. Den alveolære CO_2-Spændings Niveau er altsaa bestemt dels ved Neutralitetsregulationen, dels af Respirationscentrets Følsomhed for H-ioner. Om en Forandring i den alveolære CO_2 skyldes den ene eller den anden af disse Faktorer, kan ikke paa Forhaand afgøres; man maa kende de to af disse tre Størrelser for at

kunne bestemme den tredie; hvis f. Ex. CO_2-Spændingen falder fra 40 til 35 mm, da kan dette enten skyldes en forøget Følsomhed hos Centret eller en Forøgelse af ikke flygtige Syrer i Blodet (jfr. Fig. 22). I første Tilfælde vil Blodet være blevet mere alkalisk, i sidste Tilfælde vil Reactionen være uforandret. Man maa altsaa foruden den alveolære CO_2-Spænding tillige kende Blodets Reaction.

MUSKELARBEJDETS INDFLYDELSE PAA RESPIRATION OG KREDSLØB.

Muskelarbejde stiller forøgede Fordringer saavel til Respiration som til Kredsløb, og man finder da ogsaa, at disse Organsystemer er yderst fintmærkende overfor saadanne Krav, selv naar det gælder ganske smaa Arbeidspræstationer. Man har saaledes ved elektrisk Registrering af Hjærteslaget fundet, at naar Forsøgspersonen paa et givet Signal knytter Haanden, da vil, hvis Muskelkontraktionen falder sammen med Hjærtets Systole, allerede den følgende Diastole blive forkortet. Ved stærke Muskelanstrængelser vil som Regel saavel Respiration som Kredsløb, oftest det sidste, hurtigt nærme sig den maximale Ydeevne; det er som Regel disse Organsystemers Tilstand, der sætter Grændsen for en Arbejdspræstation. Naar de egentlige Udholdenhedsprøver undtages, er det vistnok sjældent, at den almindelige Muskulatur naaer til de højere Grader af Træthed; det er ligeledes forholdsvis sjældent, at Respirationsmekanismen ikke viser sig sin Opgave voxen, selv om det ganske vist ingenlunde er ualmindeligt, at de auxiliære Respirationsmuskler maa bringes i Anvendelse; i langt de fleste Tilfælde viser det sig, at Grændsen for Arbejdspræstationen sættes af Hjærtet, naar dettes Ydeevne ikke mere formaar at tilfredsstille de voxende Fordringer. Disse Funktioner har derfor Krav paa særlig

Opmærksomhed fra gymnastisk Side. I det følgende skal da først undersøges hvilke Forandringer, der foregaar paa Aandedrættets og Kredsløbets Omraade under Arbejde, dernæst, hvorledes disse Funktioner under saadanne Forhold reguleres.

Der er i Tidens Løb foretaget et ikke ubetydeligt Antal Forsøg for at vise Muskelarbejdets fysiologiske Virkninger; en hel Del af disse har dog kun ringe Interesse, fordi de er foretagne efter Arbejdets Slutning, idet de Forandringer, hvorom det drejer sig, foregaar eller kan foregaa saa hurtigt, at man, navnlig hvor der er Tale om mindre stabile Tilstande som ved Overgang fra Hvile til Arbejde eller omvendt, som Regel vil være ganske ude af Stand til at drage Slutninger, der har Gyldighed udover Forsøgsøjeblikket. Det er ulige lettere at gøre Forsøg efter Arbejdet end under dette; da Opgaven imidlertid netop er dén at undersøge Forholdene under Arbejdet, maa man søge at overvinde Vanskelighederne; uden om dem kommer man i Følge Sagens Natur ikke. En anden og ikke mindre generende Ulempe, der klæber ved et Flertal af foreliggende Arbejdsforsøg, er dén, at Arbejdets Størrelse ikke er bestemt. Denne Mangel skyldes ikke Sjuskeri fra de paagældende Undersøgeres Side men har sin naturlige Grund deri, at denne tilsyneladende saa simple Maaling i Virkeligheden er et for Øjsblikket uløseligt Problem, idet man ikke kan nøjes med en Bestemmelse af det ydre Arbejde, men ogsaa har at regne med det indre, hvortil bl. a. hører det Arbejde, der er nødvendigt for at fixere Legemet i Arbejdsstillingen. Denne Ulempe ved det forhaandenværende Materiale vil dog kun kunne virke i kvantitativ Retning. Forholdene kompliceres yderligere derved, at de forskellige Arbejdsformer utvivlsomt har forskellig Virkning, i alt Fald kvantitativt, paa de Funktioner, der hér interesserer os, endvidere, at et forskelligt Arbejdstempo og utvivlsomt ogsaa en forskellig øjeblikkelig Tilstand, (Disposition) hos det arbejdende Individ er Faktorer, der kan

have en ret uberegnelig Indflydelse paa Forsøgsresultaterne. Undersøgelsen af Muskelarbejdets Fysiologi er derfor endnu i sin Vorden, selv om det maa indrømmes, at enkelte Hovedlinier af Problemets Konturer hist og hér begynder at skinne igennem.

Lungernes Rumfang.

Hvad Lungerumfangene angaar, da tyder alle foreliggende Iagttagelser paa, at Vitalcapaciteten aftager under Arbejde i forskellig Grad efter Arbejdets Art og efter individuelle Forhold. Forsøgene i nedenstaaende Tabel, der er foretagne i siddende Stilling paa det Krogh'ske Cycle-Ergometer, maa tjene som Exempel:

	Resp.	Resl.	Kompl.	Vtcp.	Resid.	Totcp.
Hvile	0,93	1,77	1,50	4,20	1,46	5,66
Arbejde	2,18	0,80	0,86	3,84	1,52	5,36

De første 4 Kolonner giver Middeltal at 5 resp. 4 Forsøg; Tallene for Residualluften er Middeltal af Dobbeltbestemmelser. Alle Bestemmelser er opgivne ved Stuetemperatur og forhaandenværende Tryk.

Som man ser er Vitalcapaciteten formindsket med 0,36 L. under Arbejde, og, da Residualluften kun er ganske lidt forøget, falder næsten hele den nævnte Nedgang ogsaa paa Totalcapaciteten. I Modsætning til de øvrige Tal er Værdierne for Reserveluft og Komplementluft under Arbejde ret varierende, saaledes at de anførte Gennemsnitstal næppe kan anses for helt paalidelige Udtryk for de virkelige Forhold. Dette betyder atter, at Middelstillingen under Arbejdet har været varierende; i Følge Gennemsnitstallene er den formindsket fra 3,69 til 3,41 L. Man har tidligere (Bohr) anset Middelstillingsforandringerne for et af Organismens Regulationsmidler og i Overensstemmelse hermed betragtet det som Regel, at Middelstillingen under Arbejde maatte være forhøjet. Forskellige Undersøgelser har imidlertid vist, at

det ikke forholder sig saaledes, at Middelstillingen varierer som Følge af mekaniske, rent individuelle Forhold. Det kan forøvrigt ikke benægtes, at en forhøjet Middelstilling eventuelt kan frembyde visse Fordele, navnlig som omtalt gunstigere Diffusionsforhold, en Forøgelse af det Donders'ske Tryk og muligvis en Formindskelse af Modstanden i det lille Kredsløb. Her maa man imidlertid ogsaa tage andre Forhold i Betragtning navnlig Brystkassens Ligevægtsstilling, der i Modsætning til Middelstillingen er en fysiologisk vigtig og vel karakteriseret Størrelse. Jo nærmere Middelstillingen ligger ved Ligevægtsstillingen, desto tidligere maa man, naar Ventilationen forøges, gribe til aktiv Exspiration. Jo højere Middelstillingen er beliggende, desto hurtigere vil man naa til den Grændse, da det inspiratoriske Arbejde forøges uforholdsmæsig stærkt. Er Ligevægtsstillingen lav, — og forskellige Iagttagelser tyder paa, at trænede Idrætsmænd ofte har en lav Ligevægtsstilling, — vil derfor en forhøjet Middelstilling under Arbejde utvivlsomt være fordelagtig, medens man, naar Ligevægtsstillingen er høj, maa betragte en uforandret Middelstilling under Arbejde som det mest hensigtsmæsige. Hvormeget det samlede Resultat i Realiteten betyder for Organismen kan næppe afgøres.

I et foregaaende Kapitel er Lungerumfangene i forskellige gymnastiske Stillinger omtalte. Da flere af disse Stillinger repræsenterer et anseligt statisk Muskelarbejde, bør de bringes i Erindring ogsaa paa dette Sted. Man vil ved Sammenligning mellem Ergometerforsøgene og f. Ex. Forsøgene i Bøjhængende Stilling finde, at Arbejdets Virkning paa Lungernes Rumforhold principielt er den samme, men at Udslagene i Ergometerforsøgene er langt mindre end i de sidstnævnte. Dette beror sikkert ikke paa en Forskel i Arbejdets Art eller Intensitet men alene paa en forskellig Fixation af Brystkassen, hvilken atter finder sin Forklaring i, at man i Ergometerforsøgene saa godt som udelukkende arbejder med

Underextremiteterne, medens Arbejdet i Bøjhængende Stilling alene falder paa Overextremiterne.

Andre Forsøg har vist, at der umiddelbart efter anstrængende Løb findes en ringe Formindskelse af Vitalcapaciteten, en noget større Forøgelse af Residualluften og altsaa en forøget Totalcapacitet. I Løbet af 5—10 Minutter vender Forholdene tilbage til Normen.

ARBEJDSFORSØG.

De følgende Tabeller omfatter saavel Respirations- som Kredsløbsforsøg foretagne under Muskelarbejde. De repræsenterer alle Danske eller Svenske Undersøgelser. Hermed skal dog ikke være sagt, at paalidelige Arbejdsforsøg ikke er foretagne andre Steder; der foreligger saavel Amerikanske som Engelske og Tyske Forsøg med forskellige Idrætsformer; men disse Forsøg angaar saa godt som udelukkende Respiration og Stofskifte, hvorimod Kredsløbet — paa en enkelt Undtagelse nær — enten slet ikke er taget i Betragtning eller er behandlet saa stedmoderligt ved Hjælp af øjensynligt ufyldestgørende Metoder, at de foreliggende Resultater kun kan tillægges ringe eller ingen Vægt. Medens disse Forsøg, der, hvad Respiration og Stofskifte angaar, viser god Overensstemmelse med de Danske og Svenske, tildels vil finde Omtale i et senere Kapitel (Stofskiftet under Muskelarbejde), vil alene de sidstnævnte blive taget i Betragtning paa dette Sted.

Den første Tabel (Lindhard) indeholder Forsøg foretagne under Arbejde paa det Krogh'ske Cycle-Ergometer. Da disse Forsøg i en vis Forstand maa betragtes som Standardforsøg, idet man hér undtagelsesvis er i Stand til at bestemme Arbejdets Størrelse med nogenlunde Sikkerhed, skal den anvendte Arbejdsmaskines Bygning kort omtales.

Det af Krogh konstruerede Cycle-Ergometer (Fig. 26) bestaar af en faststaaende Cycle, hvis Baghjul er erstattet

med en Kobberskive, der bevæger sig i et stærkt magnetisk Felt, hvis Modstand mod Bevægelsen kan graderes meget nøjagtigt. Kobberskiven er forsynet med en svær Blykrave, der virker som Svinghjul. Magneterne er anbragte i en Jærnramme, der kan dreje sig om en horizontal Axe. Rammen er forsynet med en Viser, der angiver den lodrette Stilling, tillige har den en horizontal »Arm«, der bærer en kontrabalanceret Vægtskaal, der kan belastes paa passende Maade. Afstanden fra Axen til Belastningens Angrebspunkt, altsaa Armens Længde er $\frac{1}{\pi}$ m. Hvis Belastningen er p kg, bliver det Arbejde, der fordres til at holde Vægtens »Arm« vandret under en Axeomdrejning paa Ergometret,

$$A = p \times 2\pi \frac{1}{\pi} = 2\ p\ kgm.$$

	Arb. i kgm pr. Min.	Respirations Frekvens	Vol. af 1 Exp. v. 37°	Vent. i L. v. 37°	Iltopt., cc. pr. Min.	R. Q.	Minutvolumen L, red.	Puls	Slagvolumen cc.	O₂-Opt., cc. pr. L Blod
I.	0			9,1	332		5,8	71	82	58[1]
1914	137,5	18,35	910	16,7	606	0,88	6,3	86	73	96
	429	19,5	1414	27,6	1171	0,925	14,75	92	160	79,5
	826	19,4	1835	35,6	1880	0,90	18,5	130	143	101,5
	1287	25,8	2160	55,7	2750	1,01	28,6	(155)	(184)	96
	1452	26,1	2400	62,7	3204	0,99	35,0	168	208	91,5
II.	0			5,8	248		4,0	63	63	63[1]
1914	147,5	9,4	1670	15,7	547	0,90	5,5	84	61	99
	502	14,7	1905	28,0	1272	0,905	12,6	104	121	101
	806	18,8	2494	46,85	1893	0,99	14,4	172	84	131
	979	23,8	2865	68,2	2250	1,10	16,9	152	111	133
	1308	31,6	2855	90,2	2547	1,17	17,2	174	99	148,5

[1] S. i Arbejdsstillingen.

I staaende Stilling Drejning af Ergometret med venstre Haand.

	Arb. i kgm pr. Min.	Respirations Frekvens	Vol. af 1 Exp. v. 37°	Vent i L. v. 37°	Iltopt., cc. pr. Min.	R. Q.	Minutvolumen L, red.	Puls	Slagvolumen cc.	O_2-Opt., cc. pr. L Blod
II.	25[1]	5,6	1725	9,7	312	0,82	3,9	64	60,5	80,7
1914	305	20,15	1680	33,8	1041	0,95	11,0			94,0
	351	17,3	2450	42,4	1165	1,08	10,3	134	77	112,8

[1] Ubelastet Ergometer.

Hvileforsøgene er Middeltal af 2—3 Enkeltbestemmelser; Arbejdsforsøgene er Enkeltforsøg.

De følgende Respirationsforsøg (Liljestrand & Stenström) er foretagne under fri Svømning, idet Apparaterne var opstillede i en ledsagende Jolle. De tilsvarende Kredsløbsforsøg (Liljestrand & Lindhard) er foretagne under Svømning paa Stedet, idet Svømmeren arbejdede mod en bevægelig Vægt paa 2 hhv. 3 kg, medens Apparaterne var anbragt i fast Opstilling paa Land. Tallene for Hvileforsøgene er ligesom i den følgende Tabel Gennemsnit fra flere Forsøg, hvorimod Arbejdsforsøgene er Enkeltbestemmelser.

	Hastighed L/Min.	Antal Svømmetag pr. Min.	Respirationsfrekvens	Ventilalion L/Min., red.	CO_2, cc. pr. Min.	O_2, cc. pr. Min.	R. Q.
III.		0		4,53	167	200	0,84
1917	22,2	28,2	28,2	22,2	963	1149	0,84
	32,9	31,6	31,6	31,8	1538	1590	0,97
	40,8	45,6	45,6	58,6	2033	1971	1,03
IV.		0		4,66	182	220	0,83
1917	28,2	18,2	18,2	24,4	1182	1453	0,81
	29,8	16,4	16,4	30,5	1513	1852	0,82
	31,1	22,5	22,5	24,6	1209	1586	0,76

	Minutvol. L, red.	Puls	Slagvol., cc.	Iltopt., cc. pr. Min.	O_2 pr. L Blod, cc.		Minutvol, L, red.	Puls	Slagvol., cc.	Iltopt., cc. pr. Min.	O_2 pr. L Blod, cc.
III.	4,7	55	88	200	43,5	IV.	5,1	72	70	220	45
	19,2	120	142	1265	66		17,0			1615	95
	20,8		133		75		22,7		142		90
		116		1557				118		2018	
	19,7		128		80		20,7		138		97

Forsøgene under Roning (Liljestrand & Lindhard) foregik i en almindelig Baad, i hvilken foruden Roeren tillige Forsøgslederen og forskellige Apparater havde Plads. Forsøgspersonerne forstod at haandtere Aarerne, men var ikke Sportsroere og ikke særligt trænede. Under Respirationsforsøgene foregik Roningen frit over en afmærket Bane, under Kredsløbsforsøgene foregik Roningen paa Stedet, idet Baaden var bremset af en Fjedervægt. Forsøgslederen var stadig i Baaden, men en Del af Apparaterne stod i fast Opstilling paa Land.

	Hastighed, m/Min.	Antal Aaretag pr. Min.	Respirationsfrekvens.	Ventilation L/Min., red.	CO_2. cc. pr. Min.	O_2, cc. pr. Min.	R. Q.
II.		0	5,6	4,20	164	202	0,81
1918	90,9	25	8,3	18,2	790	983	0,80
	77,0	27,6	11,4	26,1	1187	1395	9,85
	85,5	34,2	11,7	36,2	1554	1790	0,87
IV.			12,5	5,43	185	225	0,82
1918	69,1	17,4	17,4	25,4	1251	1307	0,96
	82,6	27,8	27,8	43,7	2090	2120	0,99
	96,6	32,6	32,6	44,0	2062	2217	0,93

	Minutvol. L, red.	Puls	Slagvol., cc.	Iltopt. cc. pr. Min.	O_2 pr. L Blod, cc.		Minutvol. L, red.	Puls	Slagvol., cc.	Iltopt. cc. pr. Min.	O_2 pr. L Blod, cc.
II.	6,0	58	103	202	34	IV.	5,1	68	75	225	44
	14,6				70		13,5				88
				1019						1192	
	12,6				81		13,9				86
	13,1				101		19,2				107
				1335						2055	
	14,6				92		14,0				147

De efterfølgende Forsøg over statisk Muskelarbejde (Lindhard) er foretagne i Bøjskraahængende resp. Bøjfrahængende Stilling. Arbejdets Varighed er omtrent 50 Secunder. Tallene angiver som Regel Gennemsnittet af 2—4 Forsøg.

		Respirationsfrekvens	Respirationsdybde, 37°	Ventilation L/Min., red.	Iltoptagelse, cc., pr. Min.	R. Q.	Minutvol. red., L.	Puls	Slagvolumen cc.	O_2 pr. L Blod, cc.
II.	Hvile.....	5,0	1143	4,55	236	0,76	5,1	66	78	47
1919	Arbejde	8,65	1524	10,9	416	0,97	10,9			39
	Umiddelbart efter Arb.....	13,0	2276	24,9	691	1,49	13,6	132	103	53,5
V.	Hvile.....	8,1	1066	6,94	315	0,93	5,5	64	86	56,5
1919	Arbejde	11,9	1828	18,8	524	1,24	10,95			48,5
	Umiddelbart efter Arb.....	10,1	2171	18,2	707	1,39	9,15	84	106	77
	1 Min. efter Arb.						11,1	84	127	50
	2 Min. efter Arb.	10,6	1870	16,3	435	1,72	9,6	78	124	47,5
	3 Min. efter Arb.						7,9	68	116	52,5
	5 Min. efter Arb.	10,7	1280	11,6	373	1,20	6,3	64	98	55

Endelig skal her tilføjes en Række Forsøg over elektrisk induceret Muskelarbejde (Krogh & Lindhard). For Sammenligningens Skyld tilføjes nogle Forsøg foretagne paa Cycle-Ergometret, med den samme Forsøgsperson i samme Forsøgsperiode.

	Respirations-frekvens	Ventilation L/Min.	Iltoptagelse cc. pr. Min.	R. Q.	Minutvol., red.	Puls	Slagvolumen, cc.	Iltoptagelse, cc. pr. Min.	O_2 pr. L Blod, cc.
II.	Bergonié				6,75	59	114	251	37
1915	19,5	25,1	825	0,99					
	13,0	24,4	1050	0,87					
	22,0	51,8	1365	1,04	17,1	124	138	1328	78
					17,25	110	157	1360	79
	20,2	37,8	1567	0,81					
	Ergometer				4,9	71	69	250	51
	14,0	21,3	1045	0,88					
	15,9	32,0	1415	0,94	17,65	118	150	1415	80
	16,0	33,2	1455	0,94	19,0	120	158	1455	76,5

Vi skal i det følgende gennemgaa Hovedpunkterne af, hvad Forsøgene lærer angaaende Aandedrættets og Kredsløbets Forhold under Muskelarbejde, for derefter kort at omtale den Regulationsmekanisme, der ligger til Grund for de paaviste Forandringer.

Da Ergometerforsøgene er de eneste Forsøg, hvor det tekniske Arbejde kan bestemmes med nogenlunde Tilnærmelse, maa man i alle Tilfælde, hvor de respiratoriske eller circulatoriske Funktioners Variationer skal sammenholdes med dette, udelukkende holde sig til disse Forsøg. Det tekniske Arbejde er imidlertid kun i særlige Tilfælde et brugbart Maal for Organismens fysiologiske Arbejdspræstation. Naar Forsøg foretagne under ganske forskelligt Arbejde skal sam-

menlignes, maa man sammenholde Energiforbruget, der atter er udtrykt i Iltoptagelsen. Nu varierer Iltens kaloriske Værdi, saaledes som det senere skal omtales nærmere (se Kapitlet: Stofskiftet under Muskelarbejde), med Størrelsen af den respiratoriske Kvotient; men da denne i det foreliggende Materiale i Hvileforsøgene holder sig til Middelværdier, er det tilladeligt at hævde, at i Forsøg, hvor Iltoptagelsen er nogenlunde den samme, kan de øvrige undersøgte Funktioner, Ventilation osv., direkte sammenlignes. Det har nemlig vist sig, at den virkelige Kvotient kun forandres ved Overgangen til Arbejde, naar den i Hvile er enten meget høj eller meget lav.

Arbejdets Størrelse.

I Ergometerforsøgene er Arbejdets Størrelse vel ikke ganske exakt udmaalt; men paa den anden Side kan det, naar der indføres en passende Korrektion for Arbejdet med at bevæge Underextremiteterne, næppe være ret mange Procent fejlagtigt. Arbejdet har i alle Tilfælde varet omtrent $^1/_4$ Time og har, som Tallene viser, i sidste Forsøg i hver af de to første Forsøgsrækker naaet en anselig Størrelse. Forsøgsperson I. var en kraftig Mand, der tidligere havde været stærkt trænet netop til Cyclekørsel, men som paa Forsøgenes Tidspunkt var ude af Træning; Forsøgsperson II. var mindre kraftig af Bygning og havde aldrig været i saa god Træning som I., men havde til Gengæld heller aldrig været helt ude af Træning. Det sidste Forsøg i Rækken repræsentererer i bægge Tilfælde de Paagældendes maximale Arbejdspræstation. Dette sidste gælder ogsaa for den tredie Forsøgsrække, hvor Ergometret blev drejet med Haanden; men for øvrigt er Arbejdet i disse Forsøg mindre sikkert bestemt, idet det saakaldte »indre Arbejde«, som bestaar i at bevæge selve Legemet og at fixere visse bevægelige Afsnit af dette i Forhold til andre, hér spiller

en forholdsvis stor Rolle sammenlignet med det paa Ergometret aflæste Arbejde.

Med Hensyn til de andre Arbejdsformer, da er det ikke muligt at opgive det tekniske Arbejdes Størrelse i absolut Maal. Hvad Svømning angaar, da har Liljestrand & Stenström, ligesom ogsaa for Skiløb, bestemt den Modstand, som Forsøgspersonen yder, naar han passivt trækkes afsted med en given Hastighed. Modstanden i Kilo gange Vejen i Meter giver altsaa Arbejdet i Kilogrammeter. For Svømningens Vedkommende ligger Modstanden mellem 2 og 4 Kilo ved Hastigheder mellem 30 og 40 m pr. Minut og afhænger bl. a. af Forsøgspersonens Vægt og Stilling i Vandet. For Skiløbets Vedkommende svarer en Modstand paa 4—10 kg til Hastigheder paa 50—150 m pr. Minut. Modstanden er hér foruden af Forsøgspersonens Vægt i høj Grad afhængig af Føret. Som absolut Maal for Arbejdets Størrelse betyder de Tal, som man finder ad denne Vej, dog kun lidt. Men heller ikke relativt er de synderlig oplysende. Under Svømning skulde ligesom under Roning Modstanden stige med Hastighedens Kvadrat, forudsat, at den Modstandsflade, som Legemet eller Baaden frembyder, er uforandret. Men ser man paa Iltoptagelsen, da stiger denne vel med tiltagende Hastighed men langt fra saa stærkt, som man skulde vente. For Svømningens Vedkommende er Aarsagen tildels dén, at Legemets Stilling i Vandet forandres med Svømmehastigheden og dermed ogsaa den Flade, som Vandets Modstand virker paa. Hvad Roningen angaar, er dette Forhold rimeligvis temmelig uforandret, men ikke desto mindre er Stofskiftestigningen ved tiltagende Hastighed forholdsvis lille, i ét Tilfælde endog mindre end Hastighedstilvæxten, hvilket rimeligvis betyder, at det »indre Arbejde« ved Roning er forholdsvis stort. Det er yderst usandsynligt at disse Forskelligheder skulde kunne bero paa en forskellig Nyttevirkning hos de paagældende Forsøgspersoner.

Hvad det statiske og det elektrisk inducerede Muskel-

arbejde angaar, da kan der overhovedet ikke tales om teknisk Arbejde; dette er iflg. den fysiske Definition af Arbejde lig Nul.

DE RESPIRATORISKE FUNKTIONER.

Respirationsfrekvensen stiger i Ergometerforsøgene proportionalt med Arbejdet men ulige stærkt hos de to Forsøgspersoner og stærkest hos Fp. II, hvis Lungerumfang er mindst. Sammenligner man Frekvensen i Forsøg, hvor Arbejdet har været noget nær ens, da finder man:

	I.		II.	
Arbejde i kgm	137,5	1287	147,5	1308
Frekvens	18,35	25,8	9,4	31,6

Dette gælder dog kun, naar Arbejdstempoet er nogenlunde uforandret. Naar Tempoet sættes op, stiger Frekvensen, uden at man dog kan paavise nogen Proportionalitet. Ved det ubekvemme Arbejde at dreje Ergometret med Haanden kommer Tempoets Indflydelse derimod tydeligt frem; man finder i disse Forsøg omtrentligt 1 Respiration for hver 3 Pedalomdrejninger. Og i andre Forsøg, hvor Arbejdet i væsentlig Grad falder paa Overextremiteterne, er Forbindelsen aabenbar. Man finder saaledes i Svømmeforsøgene en med Svømmetagene ganske synchron Respirationsfrekvens, og noget ganske tilsvarende gælder i Roforsøgene for Fp. IV, medens II frembyder mere uregelmæsige Forhold; dog finder man i de 2 Forsøg et Aandedræt for hvert tredie Aaretag. Ganske analoge Forhold findes under Skiløb, hvor Respirationsfrekvensen er afhængig af Brugen af Skistaven. Det maa imidlertid bemærkes, at den paapegede Regelmæsighed først viser sig efterhaanden; hos ganske uøvede Forsøgspersoner varierer Respirationsfrekvensen tilsyneladende mere tilfældigt. Denne Frekvensens Afhængighed af rent ydre mekaniske Forhold gør det naturligvis umuligt at fore-

tage direkte Sammenligninger mellem de forskellige Arbejdsformer for denne Funktions Vedkommende.

Med Hensyn til Løb og Skøjteløb da stiger Respirationsfrekvensen ligeledes med Stofskiftet om end langt fra saa regelmæsigt som i Ergometerforsøgene. Og i Forsøgene med statisk Arbejde genfinder man det samme Forhold. Hos en Forsøgsperson, hvis Respiration er undersøgt i 8 forskellige gymnastiske Stillinger med et forholdsvis anseligt statisk Arbejde, varierede Frekvensen i store Træk proportionalt med Stofskiftet. Den absolute Stigning var dog betydeligt mindre end i Ergometerforsøgene med samme Iltoptagelse.

Endelig finder man ogsaa ved det elektrisk inducerede Arbejde en forhøjet Respirationsfrekvens, men denne varierer meget stærkt og meget uregelmæsigt. Frekvensstigningen synes i disse Forsøg først og fremmest at bero paa »illegitime« Virkninger af det elektriske Irritament.

Aandedrætsdybden. Iflg. Liljestrand's Undersøgelser over Aandedrætsarbejdet finder man for en given Frekvens en meget stærk Stigning af dette med tiltagende Respirationsdybde, ligeledes finder man, om end i mindre udpræget Grad, en Stigning af Arbejdet ved stigende Frekvens med uforandret Dybde; der findes hos hvert enkelt Individ, naar Ventilationen er givet, et bestemt Forhold mellem Frekvens og Respirationsdybde, der er det fordelagtigste, og som Organismen derfor søger at indstille sig paa. De to nævnte Funktioner er altsaa ikke uafhængige af hinanden. Da Ventilationen imidlertid er bestemt ved Respirationscentrets Virksomhed, og da Frekvensen er underkastet flere forskellige Indflydelser, bliver Variationerne i Aandedrætsdybden langt mindre regelmæsige end Frekvensforandringerne, selv om man i det Store og Hele finder en Forøgelse af Aandedrætsvolumen ved forøget Arbejde. Dette viser sig tydeligst i Ergometerforsøgene; men medens Aandedrætsdybden hos Fp. I., hvis Vitalcapacitet er over 6 Liter, stiger

jævnt og ikke nogensinde naaer blot i Nærheden af sin øverste Grændse, voxer Dybden hos II. meget hurtigt til en Grændse, ud over hvilken den ikke synes at kunne komme. Fp. II.'s Vitalcapacitet er noget over 4 Liter, og denne Grændse naaes ikke i Forsøgene, den naaes overhovedet aldrig i Praxis. Teoretisk set ligger den nedre Grændse for Respirationsdybden ved Størrelsen af det »skadelige Rum«, den øvre ved Vitalcapaciteten; men disse Grændser berøres aldrig; der findes for hvert enkelt Individ et Niveau, udover hvilket det er upraktisk at gaa; naar dette er naaet, forøges Ventilationen alene ved at forhøje Frekvensen; dette er netop, hvad der foregaar hos Forsøgsperson II.

I Forsøgene med bunden Respirationsfrekvens, Svømmeforsøgene osv., er Aandedrætsdybden fuldstændig bestemt af denne og Ventilationen og varierer da ofte omvendt proportionalt med Frekvensen. Under det statiske Muskelarbejde forøges Aandedrætsdybden hos nogle Forsøgspersoner kun lidt, hos andre mere, medens den som Regel stiger stærkt efter Arbejdets Ophør. Nogen regelbunden Variation kan ikke paavises; dette gælder ligeledes for det inducerede Arbejde i Bergonié's Stol.

Lungeventilationen. Ventilationen hører til de fundamentale respiratoriske Funktioner, idet den er Genstand for Respirationscentrets regulerende Virksomhed. I Tabellerne er den totale Ventilation opført; men selv om denne paavirkes noget af individuelle Forhold, idet Frekvensen og Størrelsen af det »skadelige Rum« er medbestemmende for dens Størrelse, medens det er den alveolære Ventilation, der er det direkte Object for Regulationen, kan man dog, i alt Fald hvad den enkelte Forsøgsperson angaar, meget vel anvende Totalventilationen til Sammenligning mellem de forskellige Arbejdsformer. Nu kan Respirationscentrets Følsomhed for Irritamentet variere under Arbejde, og større Forandringer i positiv Retning vil give sig til Kende ved

en ofte voldsom Forøgelse af Ventilationen og en Stigning af den respiratoriske Kvotient til Værdier over 1. Saadanne Stigninger af Ventilationen, der beror paa individuelle Forhold, og som særligt viser sig hos uøvede Personer, eller naar Arbejdet nærmer sig Grændsen for Individets Ydeevne eller paa anden Maade bliver ubehageligt, er ikke direkte afhængige af Arbejdets Størrelse og gør derfor Ventilationen i de paagældende Forsøg uanvendelig til Sammenligning med andre, naar Arbejdsydelsen lægges til Grund for denne. Forsøg, i hvilke den respiratoriske Kvotient er $>$ 1, bør derfor som Regel ikke medtages i Sammenstillingerne.

Betragter man Ergometerforsøgene, finder man, at Ventilationen hos Fp. I stiger efter en ret Linie med tiltagende Stofskifte, medens den hos Fp. II i de sidste Forsøg stiger uforholdsmæsig stærkt, navnlig i det allersidste Forsøg, hvor Ventilationen nærmer sig Grændsen for, hvad den paagældende overhovedet er i Stand til at præstere. Selv om en saa voldsom Ventilation naturligvis vil medføre en højere alveolær Iltspænding og selv om den medfører en forøget Fordampning fra Luftvejene og for saa vidt træder i Varmeregulationens Tjeneste, kan den dog næppe betragtes som hensigtsmæsig men maa opfattes som et Tegn paa den yderste Anstrængelse, idet de centrale Impulser, der saa at sige forbereder enhver Arbejdsydelse bl. a. (som det senere skal omtales nærmere) netop bevirker en Forøgelse af Respirationscentrets Følsomhed, hvilket naturligvis bliver hensigtsløst, naar andre Organsystemer ikke længere kan svare til de forøgede Fordringer eller maaske af selve de stærke Respirationsbevægelser hindres i at udføre deres Funktioner.

Sammenholder man Ventilationen pr. Stofskifteenhed hos samme Forsøgsperson ved forskelligt Arbejde, da finder man som nedenstaaende Oversigtstabel viser, naar man betragter Forsøg med middelstort eller nogenlunde kraftigt Arbejde, at den overalt hører til samme Størrelsesorden, medens den hos forskellige Individer kan variere betydeligt.

		O_2 pr. Minut	Vent. ved Stuetp., cc. pr. cc. O_2			O_2 pr. Minut	Vent. red. cc. pr. cc. O_2
II.	Ergometer 1914	1893	22,6	N. S.	Gang	1420	16,5
	Ergometer 1915	1456	22,8		Løb	2525	17,3
	Ergometer m. Haanden	1041	30,0		Skiløb	2588	15.5
	Roning	1790	21,9		Skøjteløb	2542	16,5
	Bøjskraahæng. Stilling	416	27,8		Brystsvøm	2553	21,8
	Induceret Arbejde	1567	24,1		Rygsvøm	2060	19,0

De to Rækker frembyder karakteristiske Forskelligheder. Bortset fra, at Ventilationen i den første er angivet ved Stuetemperatur, medens den i den sidste, der stammer fra Liljestrand & Stenström's Forsøg, er reduceret til 0^0 og 760 mm, er det utvivlsomt, at Fp. II i Almindelighed ventilerer betydelig stærkere end N. S. ved et ligestort Arbejde. Naar det Arbejde, der præsteres af Fp. II gennemgaaende er langt mindre end det, der præsteres af N. S., skyldes dette dels, at N. S. er meget kraftigere og mere trænet end Fp. II, dels Arbejdets Art, men dels ogsaa den Omstændighed, at sidstnævnte forholdsvis hurtigt naaer til de højere Grader af CO_2-Udvadskning med respiratoriske Kvotienter > 1. Ogsaa i de hér medtagne Forsøg er Kvotienterne hos Fp. II betydeligt højere end i Hvileforsøgene, hvorved hele Rækkens Niveau utvivlsomt forhøjes kendeligt, medens Kvotientstigningen hos N. S. vel er paaviselig men uden nævneværdig Betydning for Resultaterne. For N. S.'s Vedkommende synes Svømningen at kræve en større Ventilation end de øvrige Arbejdsformer; dette beror dog vistnok kun paa, at Arbejdet i disse Forsøg har nærmet sig til Maximum. I Svømmeforsøg, hvor Iltoptagelsen er < 2000 cc. pr. Minut, er Ventilationen ikke større end i de øvrige Forsøg.

Den alveolære Kultveiltespænding, der ikke findes opført i de hér medtagne Forsøgstabeller, forholder sig

individuelt meget forskelligt under Muskelarbejde. I de hér anførte Ergometerforsøg er den hos Forsøgspersoner med et følsomt Respirationscentrum saaledes som Fp. II i de fleste Tilfælde lavere end i Hvile; i andre Ergometerforsøg med samme Forsøgsperson er den let forhøjet; hos Fp. I er CO_2-Spændingen undertiden lav men som Regel forhøjet; i andre Tilfælde er den regelmæsigt betydelig forhøjet. Under statisk Arbejde var den alveolære CO_2-Spænding hos 3 Forsøgspersoner en Del lavere end under Hvile, medens den hos en fjerde var ganske lidt forhøjet. Nogen lovbunden Variation synes ikke at kunne spores i de foreliggende Forsøg.

Den respiratoriske Kvotient og dens Betydning, eller maaske rettere dens Tydning, har længe hørt til de omstridte Spørgsmaal indenfor Muskelarbejdets Fysiologi. Idet man er gaaet ud fra, at Kvotienten altid eller dog i alle Tilfælde, hvor den ikke oversteg Værdien 1,0, var et Udtryk for de Nedbrydningsprocesser, der foregik i Organismen, har man ment, at en Stigning af den respiratoriske Kvotient maatte tages som Bevis for, at Kulhydrater i forøget Mængde blev inddraget i Stofskiftet. Og da man som Regel i kortvarige Arbejdsforsøg — og de foreliggende Arbejdsforsøg er næsten alle forholdsvis kortvarige, — fandt en Stigning af Kvotienten, sluttede man heraf, at Muskelarbejdet i det Væsentlige maatte foregaa paa Bekostning af Kulhydrater. Det har imidlertid ved langvarige og under særlige Kauteler foretagne Arbejdsforsøg af Krogh & Lindhard, som senere skal omtales nærmere, vist sig, at denne Betragtning ikke er rigtig, at den respiratoriske Kvotient i Almindelighed forbliver uforandret under Arbejde. Naar Kvotienten, saaledes som det fremgaar af de meddelte Forsøgstabeller, oftest er forhøjet, da skyldes dette Udvadskning af CO_2 beroende enten paa en Forhøjelse af Respirationscentrets Følsomhed eller paa Optræden af ikke flygtige Syrer, specielt Mælkesyre, i Blodet. Det er allerede omtalt,

at i Forsøg, hvor Forsøgspersonen stadig maa præstere en maximal Anstrængelse, stadig maa have sin Opmærksomhed henvendt paa Arbejdet, hvis han skal kunne holde det paa det opgivne Niveau, dér stiger den respiratoriske Kvotient i Almindelighed over 1. Og det samme er Tilfældet, naar Arbejdet af en eller anden Grund virker ubehageligt; typisk i saa Henseende er det inducerede Arbejde i Bergonié's Stol. I disse Tilfælde er Kvotientstigningen utvivlsomt af nervøs Natur, og det samme gælder for Stigningen under det statiske Arbejde. Paa den anden Side finder man efter det statiske Arbejdes Ophør, tillige, om end i langt ringere Grad, efter Arbejde paa Ergometret, mægtige Kvotientstigninger, der i Hovedsagen maa antages at bero paa Optræden af Mælkesyre i Blodet. Forsøg over statisk Arbejde synes endelig at vise, at Kvotienten kan variere med Respirationstypen; men hvorledes en saadan Afhængighed skal forklares, maa indtil videre staa hen. Nogle Minutter efter Arbejdets Ophør finder man ofte, som en senere Tabel vil vise (S. 150), respiratoriske Kvotienter, der er lavere end den rene Fedtkvotient, som Udtryk for, at Organismen atter tilbageholder Kulsyre for at bringe den alveolære CO_2-Spænding op paa dens oprindelige Niveau, naar Centrets Følsomhed vender tilbage til den individuelle Norm, eller naar Mælkesyren ad anden Vej elimineres fra Blodet. Det maa derfor betragtes som almindelig Regel, at man ikke fra Kvotienten i kortvarige Arbejdsforsøg, i særlig anstrængende eller ubehagelige Forsøg, eller fra Kvotienter bestemte i de første 10—20 Minutter efter Muskelarbejde er berettiget til at drage Slutninger med Hensyn til Arten af de Stoffer, der nedbrydes i Organismen.

Respirationscentrets Følsomhed for Kulsyre eller rettere for H-ioner spiller som allerede flere Gange nævnt en betydelig Rolle, naar man skal bedømme de respiratoriske Funktioners Variationer, særlig naar Talen er om Ventilationen og den respiratoriske Kvotient. Centrets

Forhold under sædvanlig Hvilerespiration er allerede omtalt. Hvorledes det forholder sig under Muskelarbejde er endnu kun mangelfuldt undersøgt; men det er dog vist (Krogh & Lindhard), saaledes som det vil fremgaa af nedenstaaende Tabel, at Centrets Følsomhed er forhøjet under Arbejdets

Teknisk Arbejde kgm pr. Min.	CO_2 i Inspir. %	O_2 i Inspir. %	Respirations-frekvens	Vol. af 1 Exspir. 37° cc.	Alveolær Ventilat, L, 37°	Alveolær CO_2-Spænding mm Hg	Differens Ventilat.	Differens CO_2-Spænding.
0	0,03	18,42	7,3	842	4,75	35,9	4,29	2,1
—	3,27	17,55	8,2	1314	9,04	38,0		
0	0,05	20,66	7,2	1030	6,06	33,3	5,84	5,7
—	3,60	—	9,6	1462	11,90	39,0		
0	0,05	90,85	6,7	969	5,17	37,1	3,94	5,0
—	3,97	—	8,2	1335	9,11	42,1		
700	0,00	21,04	15,9	2810	41,8	39,1	52,7	2,8
710	2,55	20,79	33,3	3055	94,5	41,9		
735	2,93	17,66	35,7	3000	99,5	39,9		
860	3,63	90,85	27,2	3100	78,3	50,6		
652	(0,03)	(13,45)	19,95	2705	50,2	30,0		

første Stadier. Det er endvidere vist (Lindhard), at Følsomheden kan være forøget under statisk Arbejde.

De i Tabellen anførte Arbejdsforsøg er foretagne 2,1—3,7 Minutter efter Arbejdets Begyndelse, paa hvilket Tidspunkt Iltoptagelsen i de to Forsøg (1 og 3), hvor tilstrækkelige Bestemmelser foreligger, ligesom ogsaa de øvrige respiratoriske Funktioner maa antages at have naaet konstante Værdier. Det var for øvrigt, Iltforsøget undtaget, i de For-

søg, hvor der var blandet CO_2 til Inspirationsluften, umuligt at fortsætte Arbejdet længere paa Grund af den excessive Ventilation, der lagde Beslag paa Forsøgspersonens hele Opmærksomhed. Forsøgene er med Undtagelse af det sidste foretagne med samme Forsøgsperson paa forskellige Dage indenfor samme Forsøgsperiode og for øvrigt under ganske ens Betingelser. Arbejdsforsøget i Ilt er en Dobbeltbestemmelse. Det sidste Forsøg (5) er foretaget i atmosfærisk Luft men ved en Barometerstand paa 495 mm. Ved Hjælp af denne er Iltprocenten henført til sædvanligt Tryk beregnet.

Forsøgene viser, at Centrets Følsomhed i Hvile som tidligere omtalt varierer modsat Iltspændingen i Indaandingsluften. De viser endvidere, at Følsomheden under Arbejde, naar der aandes atmosfærisk Luft, er meget stærkt forøget. Da Udgangsværdierne mangler, kan der ikke siges noget afgørende om de to Forsøg (3 og 4) med varieret Iltspænding i Inspirationsluften. Det kan dog vistnok betragtes som sikkert, at Centrets Følsomhed ligeledes er stærkt forøget i Forsøget med nedsat Iltspænding (3), idet man ikke kan antage at Udgangsværdierne har været meget forskellige fra dem der findes i Atmosfæreforsøget. Iltspændingen i Alveolerne var i det her omtalte Forsøg omtrent 100 mm, medens den i det sidst anførte Forsøg (5) kun var 64,4 mm; og dog er Ventilationen i dette blot moderat forøget. Nogen mere indgaaende Sammenligning mellem de to Forsøg er dog ikke mulig. Om der derimod findes forhøjet Følsomhed i Iltforsøget, er mere tvivlsomt, idet man, saalænge Følsomhedens Væsen ikke er nærmere undersøgt, ikke kan afgøre, om Ilten virker paa samme Maade i Hvile som under Arbejde. Det er i alt Fald muligt, at Virkningen er kvantitativt forskellig, og at den positive Følsomhedsændring, som findes under Arbejde, kan kompenseres af Iltens modsatrettede Virkning eller maaske endog kan bringes til at slaa over i sin Modsætning. En Sammenligning af Iltforsøget med Atmosfæreforsøget viser med tilstrækkelig Tydelighed, at Iltvirkningen

under Arbejde er overordentlig stærk; skønt det tekniske Arbejde i Iltforsøget er forøget med 21 % og CO_2 i Inspirationsluften med 42 %, er Ventilationen nedsat med 17 %. Iltoptagelsen kan i dette Forsøg ikke bestemmes.

Iltoptagelsen. Paa Grund af den respiratoriske Kvotients ovenfor omtalte Afhængighed af Respirationens Mekanik har CO_2-Udskillelsen i de fleste foreliggende Arbejdsforsøg kun underordnet Interesse, naar Talen er om det respiratoriske Stofskiftes Størrelse. Der vil derfor kun være Anledning til at beskæftige sig med Iltoptagelsen under Arbejdet. Da denne imidlertid som Regel er det kvantitative Udtryk for Organismens Arbejdsydelse, vil dens Forhold blive gjort til Genstand for nærmere Omtale i et senere Kapitel, hvor ogsaa flere Arbejdsforsøg findes meddelte.

Medens man altsaa i Almindelighed, naar man undtager Arbejdets første Minut eller første Minutter, da Iltoptagelsen, der ikke stiger momentant men efter en mere eller mindre stejl Kurve, endnu ikke har naaet sit blivende Niveau, kan betragte denne som et Udtryk for Muskelarbejdets Størrelse, idet det ved Iltoptagelsens gradvise Stigning foraarsagede Iltdeficit først kompenseres efter Arbejdets Ophør, gælder dette ikke for det statiske Arbejdes Vedkommende. Det statiske Arbejde er altid kortvarigt, fordi Musklerne meget hurtigt trættes ved denne Arbejdsform, og Stofskiftet er, naar Hensyn tages til den Anstrængelse, som Arbejdet volder Individet, og i endnu højere Grad, naar man betragter det totale Energiforbrug foranlediget ved Arbejdet, paafaldende lavt i selve Arbejdsperioden. Desuden stiger Iltkurven ikke stejlt som under Arbejdet paa Ergometret, hvor Iltforbruget i Løbet af $^1/_5$ Minut kan være 5 doblet. Under et Forsøg med statisk Arbejde, der varede ca. $2^1/_4$ Minut, var Iltoptagelsen i det første Minut 528 cc., i det følgende $1^1/_4$ Min. kun 577 cc. pr. Minut. Det viser sig derimod, at medens der efter Arbejdet paa Ergometret findes en Forøgelse af Iltoptagelsen svarende til det under Arbejdets Be-

gyndelse opstaaede Iltdeficit, saa finder man efter det statiske Arbejde, saaledes som det fremgaar af Forsøgstabellerne, en meget stærk Stigning af Stofskiftet, der kan blive mere end dobbelt saa stor som Stofskiftestigningen under selve Arbejdet, og medens denne ofte varer mindre end et Minut, kan den efterfølgende Stigning holde sig i adskillige Minutter saaledes, at langt den største Del af det Merforbrug af Ilt, som Arbejdet kræver, først dækkes efter dettes Ophør. I et Forsøg hvor den samlede Stofskiftestigning i Anledning af Arbejdet, Bøjhængende Stilling i henved 1 Minut, var 1123 cc O_2, faldt kun 168 cc. paa selve Arbejdsperioden, medens 955 cc. faldt paa de efterfølgende 6 Minutter. Aarsagen til dette ejendommelige Forhold skal senere omtales; men det er klart, at under saadanne Omstændigheder kan Iltoptagelsen under Arbejde ikke betragtes som et Maal for dettes Størrelse. Nedenstaaende Tabel, der omfatter Forsøg over statisk Muskelarbejde i 8 forskellige Stillinger, viser, hvor forskelligt Forholdet mellem Iltoptagelsen under selve Arbejdet og den samlede, af dette foranledigede Stofskiftestigning kan være hos samme Forsøgsperson.

		Iltoptagelse, cc. pr. Min., under Arbejdet.	Arbejdets Varighed, Min.	Samlet Stofskiftestigning O_2, cc. pr. Min.
V	Haandstaaende Stilling	906	0,85	1970
	Bøjskraahængende —	557	0,80	1760
	Bøjfrahængende —	524	0,90	1370
	Hugstaaende —	742	1,28	1210
	Fremliggende —	566	1,48	940
	Halvfaldsiddende —	508	1,67	685
	Rygvinkelliggende —	410	1,56	580
	Haandliggning	562	2,01	575

De anførte Tal er Gennemsnitsværdier fra flere Forsøg. Alle Forsøg er foretagne med en saa øvet Forsøgsperson,

at Resultaterne sikkert ikke er forstyrret af noget ujævnt virkende Træningsmoment. Tiderne kan betragtes som et relativt Maal for Anstrængelsen. Man ser, at under det mest anstrængende Arbejde træder det for det statiske Arbejde karakteristiske Forhold tydeligst frem.

Lungediffusionskonstanten. Et Spørgsmaal, der uvilkaarligt frembyder sig, er dette: er det muligt, at den store Iltoptagelse, som findes i Forsøgene med strængt Arbejde, — der findes senere anført Arbejdsforsøg, hvor Iltoptagelsen ligger omkring 3,5 Liter pr. Minut — kan være foregaaet ved Diffusion? — Diffusionen er, som det vil erindres, bestemt ved en individuel Faktor, Diffusionskonstanten, og Spændingsdifferensen mellem Lungeluft og Blod, og bægge disse Størrelser forøges under Arbejde. Middeldiffusionskonstanten for O_2 er under Arbejde fundet varierende mellem 37,0 og 56,1 (M. Krogh), hvilken Stigning skyldes Forøgelsen af Blodstrømmens Hastighed; den tiltager desuden, naar Lungernes Rumfang er større end Middelcapaciteten, proportionalt med Volumenforøgelsen af disse. For Spændingsdifferensens Vedkommende kendes Variationsomraadet ikke nøje, men tager man det sidste af Ergometerforsøgene med Fp. II som Exempel, da kan den beregnes til ca. 92 mm som Middelværdi. Da Diffusionskonstanten for Ilt for denne Forsøgsperson under Arbejde er 56,1, vil der altsaa, selv om Middelcapaciteten forbliver uforandret, gennem hans Lunger kunne diffundere 92×56 cc $= 5{,}15$ L O_2 pr. Minut, hvilket er en langt større Iltoptagelse, end man nogensinde har observeret i et Arbejdsforsøg. Der foreligger overhovedet ikke noget Arbejdsforsøg selv ikke blandt dem, der er foretagne i stærkt fortyndet Luft, hvor Iltoptagelsen maa forudsætte andre virkende Kræfter end Diffusion. Lungefunktionen kan altsaa i det omtalte Tilfælde ikke være den Faktor, der sætter Grændsen for Arbejdsydelsen, og dog maa det antages, at denne sættes af Respirationen, idet andre Forsøg har vist, at den paagældende Forsøgspersons Hjærte er i

Stand til at præstere et endnu større Minutvolumen end dette Forsøg udviser. Denne og andre Omstændigheder gør det sandsynligt, at det i det foreliggende Tilfælde er Respirationens Mekanik der hindrer Hjærtets diastoliske Fyldning og — da Udnytningen næppe kan ventes at stige yderligere, — dermed sætter Grændsen for Arbejdspræstationen. Det fortjener at bemærkes, at den dybe Respiration altsaa ikke i dette Tilfælde virker aspirerende paa Blodstrømmen trods alle de Grunde, der paa Forhaand kunde anføres til Støtte for en saadan Opfattelse. Disse Forhold er aabenbart paa Grund af deres indviklede Natur endnu ikke til at overse.

Respirationsarbejdet. Det er iflg. det foregaaende klart, at det Arbejde, som selve Aandedrætsbevægelserne kræver, maa være forøget under Muskelarbejde, idet saavel Respirationsfrekvensen som Aandedrætsdybden stiger stærkt. Iflg. Liljestrand's tidligere omtalte Forsøg finder man, ved en Stigning af Ventilationen fra 8 til 44 Liter med en samtidig Frekvensforhøjelse fra 10 til 20, et Merforbrug af 75 cc. O_2 pr. Minut. Disse Tal forudsætter, at Respirationen foregaar naturligt og uhindret. Under Svømning f. Eks., hvor dette ikke er Tilfældet, idet særlig Inspirationen er hemmet af Vandets Tryk, har Liljestrand & Stenström fundet en Forøgelse af Respirationsarbejdet udover det ovenfor nævnte paa omkring 50 % ved nogenlunde stærk Ventilation. Det er endvidere sandsynligt, at man i de fleste Tilfælde, hvor Arbejdet overvejende falder paa Armenes Muskler, vil have at gøre med lignende Vanskeligheder. De foreliggende Bestemmelser af Lungerumfangene ved visse Former af statisk Arbejde peger i alt Fald i denne Retning.

KREDSLØBET.

Pulsfrekvens og Blodtryk. Medens det under Hvile er en ganske enkel Operation at bestemme Pulsfrekvensen, f. Ex. ved Tælling af Radialpulsen, er det under Arbejde altid vanskeligt, og meget ofte, ikke mindst i de Tilfælde,

hvor Bestemmelsen har den største Interesse, nemlig under det maximale Arbejde, er Vanskelighederne uovervindelige. At disse maa blive store ligger i mange Tilfælde lige for, saaledes naar Forsøgspersonen bevæger sig hurtigt f. Ex. i Løb. Under Svømning kan dog Pulsen ofte tælles paa Carotiderne, bedst af Forsøgspersonen selv; men han kan da kun bruge den ene Arm til Svømning, hvilket naturligvis sætter Arbejdspræstationen ned. Men selv om Forsøgspersonen er i relativ Ro som under Arbejdet paa Ergometret, kan Pulsen kun undtagelsesvis tælles under det strængeste Arbejde paa Grund af uvilkaarlige Trækninger i Muskulaturen. End ikke Hovedets Arterier kan palperes paa Grund af Muskeluro, og Electrocardiografien svigter af samme Grund. I de hér omtalte Arbejdsforsøg paa Ergometret er Pulsfrekvensen under det svære Arbejde bestemt, idet Forsøgspersonen arbejdede med blottet Overkrop med et Stethoscop fastspændt paa Brystet. Fra Stethoscopet førte en Gummislange til et tilstødende Værelse, hvor Hjærtelydene kunde høres, uden at Observator blev forstyrret af Arbejdsmaskinen. I de fleste Tilfælde har man maattet nøjes med at bestemme Pulsen umiddelbart efter Arbejdets Ophør; men en saadan Fremgangsmaade giver kun en ufuldstændig Forestilling om Forholdene under selve Arbejdet, som nedenstaaende Tællinger viser. Pulsen er talt i ét Minut og Antallet af Pulsslag er noteret for hvert Kvartminut.

Secunder efter Arbejdets Ophør	15	30	45	60
Antal Pulsslag	35		80	
— —	35	60	84	102
Pulsfrekvens	140	100	96	72

I disse Tilfælde er det lykkedes at begynde Tællingen saa at sige momentant efter Arbejdets Ophør, hvilket kun undtagelsesvis lader sig gøre. Man ser let, at varer det blot 10 Secunder, før Tællingen begynder, da faar man en

Værdi, der er ikke saa lidt for lav. Og er Pulsfrekvensen højere under Arbejdet end i dette Tilfælde, da falder Kurven endnu stejlere, og Fejlen bliver da selvfølgelig større. De Bestemmelser, der er foretagne efter Arbejdet, giver imidlertid, hvis de er gennemførte systematisk, i alt Fald relative Værdier, der kan være af stor Interesse.

	Forsøgsbetingelser		Pulsfrekvens	Blodtryk Max.	Blodtryk Min.	Pulstryk	O_2 pr. Minut
N.S.	Hvile i Land		74	128	91	37	
	Hvile i Vandet		89,5	147,5	105	42,5	399
	Svømning, Belastning i kg	2	104	150	107,5	42,5	1149
	Svømning, Belastning i kg	5	113	162	105	57	2359
	Staaende St.		73,8	124,6	88,8	35,8	270
	Gang, Hastighed m/Min.	95,3	92,4	134,2	94,1	40,1	1330
	Løb, Hastighed m/Min.	264,3	153,4	164,0	102,4	61,6	3650
III	Hvile i Land		51,4	111,0	84	27	
	Hvile i Vandet		55,5	136,5	97,5	39	567
	Svømning, Belastning i kg	2	90,5	143,5	93,5	50	1435
	Svømning, Belastning i kg	4	131	150	94	56	2015
	Staaende St.		59,4	114,7	87,3	27,4	215
	Gang, Hastighed m/Min.	98,0	56,4	120,5	89,0	31,5	740
	Løb, Hastighed m/Min.	260,7	131	136,3	93,6	42,7	2150

I Ergometerforsøgene stiger Pulsfrekvensen ret regelmæsigt med Arbejdets Størrelse. For tre mandlige Forsøgspersoners Vedkommende fandtes den ved maximalt Arbejde at være henholdsvis 174, 173,5 og 168, hos en kvindelig Forsøgsperson var Frekvensen derimod kun 150 pr. Minut. Iflg. andre Opgivelser skal Pulsfrekvensen dog under den yderste Anstrængelse kunne stige til 200 eller muligvis derover. Saadanne Stigninger er dog sikkert kun ganske kortvarige. Pulsfrekvensen afhænger ikke blot af Arbejdets Størrelse men tillige, som det synes i ikke ringe Grad, af Arbejdstempoet, idet den stiger stærkt, naar Tempoet sættes op. Systematiske Undersøgelser desangaaende foreligger dog vistnok ikke. Hvad de sparsomme Pulstællinger under andre Former for Arbejde angaar, da synes disse ikke at frembyde noget usædvanligt. Der synes specielt ikke at være nogen nævneværdig Forskel paa Frekvensen under det inducerede Arbejde og i Ergometerforsøg fra samme Periode.

I omstaaende Tabel, der stammer fra Liljestrand & Stenström's Undersøgelser, er saavel Pulsfrekvens som Blodtryk bestemt efter Arbejdet, som Regel omtrent 10 Secunder efter Arbejdets Ophør; Forff. betragter derfor de angivne Tal som Minimumværdier. Og ser man paa Tallene for N. S. under Løb, da synes det heller ikke sandsynligt, at en Forsøgsperson, hvis Hvilestofskifte er 270 cc. O_2 pr. Minut skulde kunne præstere en Iltoptagelse af den usædvanlige Størrelse 3650 cc. pr. Minut eller $13^1/_2$ Gange Hvileværdien med en Pulsfrekvens paa kun 153 pr. Minut. I et Tilfælde som dette, kan de 10 Secunder, der forløber efter Arbejdets Ophør, blive kompromitterende for Resultatet. Hvis man i det foran angivne Exempel havde talt Pulsen fra det 10. til det 20. Secund efter Arbejdets Ophør, vilde man have fundet en Pulsfrekvens paa omtrent 110 i Stedet, for de 140, som man faar ved Tælling i det første Kvartminut, eller de omtrent 150, som en Extrapolation giver som den virkelige Arbejdsværdi. I Svømmeforsøgene med Fp. III, hvor Pulsen

er talt umiddelbart efter Standsning af Svømmebevægelserne, er Pulsfrekvensen ved 2 kg Belastning 90,5, medens den i den tidligere anførte Tabel for samme Forsøgsperson under Svømning med samme Belastning, hvor Frekvensen er bestemt under selve Svømningen, i to Forsøg er henholdsvis 120 og 116. Pulstællingerne giver derfor kun relative Værdier; hvorledes Blodtrykket i denne Henseende forholder sig, vides ikke. Stofskiftet er bestemt i andre Forsøg foretagne med samme Belastning eller Hastighed; alle de anførte Tal er Middeltal af flere Bestemmelser.

Forsøgene viser saavel for Gang og Løb som for Svømning en regelmæsig men individuelt forskellig Stigning af de undersøgte Funktioner med tiltagende Stofskifte, hvilket, da ogsaa Hjærtets Slagvolumen tiltager i høj Grad under Arbejde, maa resultere i stærkt forøgede Fordringer iil Hjærtemuskulaturen. Svømningen indtager for saa vidt en Særstilling, som selve Opholdet i Vandet allerede udøver en betydelig Indflydelse navnlig paa Blodtrykket. Betragter man Blodtrykket under Hvile i Vandet som Udgangsværdi i Svømmeforsøgene, da finder man hos Fp. III, hos hvem det maximale Stofskifte er omtrent det samme under Løb som under Svømning, en Stigning af Pulstrykket som Følge af Arbejdet paa henholdsvis 15 og 17 mm. Det højere Niveau for Svømmeforsøgenes Vedkommende skyldes altsaa udelukkende Opholdet i Vandet og ikke Svømningen som saadan.

En systematisk Bestemmelse af Pulsfrekvens og Blodtryk under selve Arbejdet vilde være af overordentlig Betydning med Hensyn til Bedømmelsen af de Fordringer, som det paagældende Arbejde stiller til Hjærtearbejdet. Pulsfrekvensen (eller i sidste Instans Hjærtemuskulaturen, for hvis Effectivitet Pulsfrekvensen imidlertid netop under strængt Muskel arbejde kan betragtes som Index), er desuden den begrændsende Faktor for Kredsløbet under maximalt Arbejde. Da Hjærtets Slagvolumen er anatomisk begrændset af Hjærteventriklernes Rumfang, der næppe i større Udstrækning kan

forandres indenfor ganske korte Perioder, og da Udnytningen af Blodets Ilt naturligvis er begrændset af Blodets Iltcapacitet, der heller ikke er underkastet større momentane Svingninger, maa Minutvolumen — adæquat Fyldning af Hjærtet forudsat — variere direkte proportionalt med Pulsfrekvensen.

Hjærtets Minutvolumen. De Undersøgelser, der foreligger angaaende Kredsløbet under Muskelarbejde, er meget sparsomme. Medens der dog efterhaanden findes et anseligt Materiale til Bedømmelse af Aandedrættets og Stofskiftets Variationer under Arbejde, er Kredsløbsbestemmelserne praktisk talt indskrænkede til de Forsøgsrækker, hvoraf de hér meddelte Tabeller er et Uddrag. Aarsagen hertil er dels dén, at man først nylig har faaet uddannet nogenlunde paalidelige Metoder til Minutvolumenbestemmelse, dels, at disse teknisk set er langt vanskeligere at arbejde med og fordrer en langt større Medvirken fra Forsøgspersonens Side end de Metoder, der anvendes ved Respirationsforsøg. Blandt de hér meddelte Forsøg er naturligvis atter Laboratorieforsøgene, d. v. s. Forsøgene foretagne paa Ergometret og under statisk Arbejde, de paalideligste. Under Roning og især under Svømning er de tekniske Vanskeligheder, der skal overvindes, saa store og den Træning af Forsøgspersonen, der er nødvendig for, at man skal kunne opnaa regelmæsige Forsøgsrækker, saa vanskelig at opnaa, at disse Forsøg kun i store Træk kan anvendes til Sammenligning med Ergometerforsøgene.

I Ergometerforsøgene stiger Minutvolumen proportionalt med Stofskiftet men ulige stærkt hos de to Forsøgspersoner, idet Fp. I har en langt stejlere Kurve end Fp. II. Sammenholder man disse Forsøg med andre foretagne med de samme to Forsøgspersoner, da maa det antages, at denne Forskel først og fremmest beror paa en forskellig øjeblikkelig Træningstilstand. En ganske tilsvarende om end mindre regelmæsig Stigning af Minutvolumen fandtes hos to andre Forsøgspersoner, der blev undersøgte paa samme Tidspunkt.

Hvad det maximale Arbejde angaar, da findes der i de to anførte Tabeller en betydelig Forskel mellem de to Forsøgspersoner. Hos Fp. I naaer Minutvolumen under et Arbejde paa omtrent $^1/_3$ HP den kolossale Størrelse af 35 Liter. Den paagældende var meget anstrængt af Forsøget og ønskede ikke at gøre det om; dette var imidlertid forløbet regelmæsigt og faldt ikke meget udenfor Rækken af de øvrige Forsøg, og der kunde ikke paavises tekniske Fejl under Udførelsen. Resultatet maa derfor blive staaende; der kan dog næppe være Tvivl om, at man i alt Fald hermed er naaet til Grændsen for, hvad et Menneskehjærte kan præstere. Hvis man paa den tidligere angivne Maade beregner Hjærtets Arbejde i dette Forsøg, faar man, hvis Blodtrykket anslaaes til 133 mm, og hvis man regner højre Ventrikels Arbejde lig en Femtedel af venstre Ventrikels,

$$0{,}200 \times \frac{133}{760} \times \frac{6}{5} \times 174 \times 10{,}3 = 75{,}4 \text{ kgm pr. Minut.}$$

Og saa er der endda ikke taget Hensyn til »Hastighedsfaktoren« $\frac{pv^2}{2g}$, der næppe saaledes som i Hvile helt kan lades ude af Betragtning. Hos Fp. II, der ligeledes var paa Grændsen af sin Ydeevne, er Minutvolumen derimod paafaldende lavt, ikke saa lidt lavere end i andre Forsøg med noget mindre Arbejde. Dette Forsøg skal muligvis betragtes som en af disse »Rekordpræstationer«, som den paagældende kun under særlig gunstige Betingelser er i Stand til at udføre; men muligvis er de gunstige Arbejdsbetingelser for Hjærtet ogsaa blot at opfatte som en simpel Følge af den daarligt indstillede Respiration. Den voldsomme Ventilation har i saa Tilfælde virket som en Sikkerhedsventil for Hjærtet. Hos den eneste undersøgte kvindelige Forsøgsperson var Forholdet mellem Stofskiftestigningen og Minutvolumenforøgelsen det samme som hos tre mandlige Forsøgspersoner; men de absolute Tal er betydeligt lavere, idet den maximale Iltop-

tagelse var 1070 cc. pr. Minut og det dertil svarende Minutvolumen 10,7 Liter ved et teknisk Arbejde paa 367 kgm pr. Minut. I de Forsøg, hvor Fp. II drejede Ergometret med Haanden, finder man Værdier for Minutvolumen, der falder paa samme Kurve som den, der fremgaar af Hovedtabellen. Nedenstaaende Tabel giver en Oversigt over Minutvolumen ved maximalt Arbejde hos de 4 Forsøgspersoner

Forsøgsperson	Hvile i Arbejdsstillingen		Maximalt Arbejde		Forøgelse i Forhold til Hvile	
	Minutvol.	Stofskifte	Minutvol.	Stofskifte	Minutvol.	Stofskifte
I	5,8	330	35,0	3204	6,0	9,7
II	4,0	248	17,2	2547	4,3	10,3
3	4,8	310	18,05	2157	3,8	7,0
4	4,0	223	10,7	1070	2,7	4,8

De paagældende Forsøgspersoners absolute Ydeevne fremgaar af den anførte Rækkefølge.

Hvad de øvrige Former for Arbejde angaar, da falder Resultaterne for Roforsøgene ganske i Traad med Ergometerforsøgene, derimod findes der utvivlsomt et uforholdsmæsigt stort Minutvolumen under Svømning, hvilket træder tydeligt frem ved en Sammenligning mellem Ro- og Svømmeforsøgene med Fp. IV. Dette store Minutvolumen i Forbindelse med det tidligere omtalte høje Blodtryk under Svømningen viser, at denne Idrætsform fordrer en kraftig Hjærtemuskulatur af sine Udøvere. I Forsøgene med elektrisk induceret Arbejde forholder Minutvolumen sig som i de samtidigt udførte Ergometerforsøg.

En særlig Omtale kræver Forsøgene med statisk Muskelarbejde. Som Prototype for denne Arbejdsform er i Tabellerne anført Forsøg i Bøjhængende Stilling, der fordrer en meget kraftig Spænding af Albuens Bøjemuskler. Betragter

man Forsøgene med Fp. II, da finder man i det Ergometerforsøg med det mindste Arbejde en Forøgelse af Minutvolumen paa 1,5 Liter svarende til en Stofskiftestigning paa 299 cc. O_2 pr. Minut, medens man i Bøjhængende Stilling finder en Forøgelse af Minutvolumen paa 5,8 Liter svarende til en Forøgelse af Iltoptagelsen paa 180 cc. Følgen af dette Misforhold er, at medens Iltoptagelsen pr. Liter Blod i alle andre undersøgte Tilfælde stiger under Muskelarbejde, saa falder den ved statisk Arbejde til under Hvileværdien. Dette Resultat finder man hos alle de fire Forsøgspersoner, hos hvem Kredsløbet er undersøgt under statisk Arbejde. De hér omtalte Forsøg er foretagne henimod Arbejdets Slutning; hos én Forsøgsperson, hvor Kredsløbet blev undersøgt under Arbejdets Begyndelse, var det omhandlede Forhold endnu mere fremtrædende. Naar man sammenholder dette Resultat med Kredsløbsforholdene umiddelbart efter det statiske Arbejdes Slutning, hvor Minutvolumen i 3 Tilfælde forøges yderligere og hos 1 formindskes noget, medens Udnytningen af Blodets Ilt i alle Tilfælde stiger til over Hvileværdien, og naar man erindrer Iltoptagelsens tidligere omtalte ejendommelige Forhold, da faar man overvejende Sandsynlighed for, at selve de haardt kontraherede Muskler danner en Hindring for Blodets Passage gennem Kapillærerne, at de statisk kontraherede Muskler saa at sige kvæler sig selv.

Det maa paa Grundlag af Ergometerforsøgene være berettiget at antage, at Minutvolumen under Arbejde ligesom i Hvile er en Funktion af Stofskiftet, og at det med den Begrændsning, der følger af, hvad der ovenfor er sagt om Pulsfrekvensen, reguleres ad mekanisk Vej gennem Forandringer i den circulerende Blodmængde og den perifere Modstand.

Hjærtets Slagvolumen er i Almindelighed en secundær Funktion, hvis Størrelse er bestemt af Minutvolumen og Pulsfrekvens. Naar Hjærtets Fyldning er adæquat, be-

grændses dog naturligvis Slagvolumens Størrelse af Hjærteventriklernes Rumfang; men om det nogensinde naaer denne Grændseværdi, er atter et Spørgsmaal om, hvorvidt Ventriklernes Tømning under Systole er fuldstændig eller ikke.

Spørgsmaalet om Hjærteventriklernes systoliske Tømning under Muskelarbejde er stadig Genstand for Discussion. Man har som tidligere omtalt betragtet en ufuldstændig Tømning som en Hensigtsmæsighedsforanstaltning, der skulde give Hjærtemuskulaturen Lejlighed til at arbejde under stærk Udspænding og altsaa under Udfoldelse af den størst mulige Kraft. Nu foreligger der imidlertid paalidelige Kredsløbsbestemmelser under strængt Muskelarbejde, og der foreligger Bestemmelser af Pulsfrekvensen, ligeledes foretagne under Arbejdet. Man er altsaa i Stand til med ret stor Nøjagtighed at angive de Slagvolumina, som de paagældende Forsøgspersoner faktisk har arbejdet med, og disse Bestemmelser bør i højere Grad end hidtil danne Grundlaget for Discussionen. Det viser sig da, at Slagvolumen hos kraftige mandlige Forsøgspersoner i de fleste Tilfælde, hvor Arbejdet begynder at genere Forsøgspersonen, undertiden ogsaa før, naaer en Størrelse af 150 cc. eller af og til noget mere. Og 150 cc. er netop det Tal, der sædvanligt angives for Ventrikelcapaciteten hos en voxen Mand. Det antages dog almindeligt og sikkert med Rette, at Hjærtet under idrætsmæsig Træning er i Stand til at hypertrofiere og samtidig at forøge Rumfanget af sine Caviteter, og der er derfor heller ikke noget paafaldende i, at Slagvolumen kan overstige de 150 cc.; selv det meget store Slagvolumen, 208 cc., der findes i det sidste Forsøg med Fp. I, ligger utvivlsomt indenfor Mulighedernes Grændse. Men selv om man vil afvise dette sidste som et isoleret og ikke direkte kontrolleret Tilfælde, saa vil de Slagvolumina paa omkring 150 cc., som man jævnligt finder, være meget vanskelige at forlige med Tanken om en ufuldstændig systolisk Tømning af Ventriklerne, og disse Tilfælde bliver saa meget vanskeligere at

klare ud fra Hensigtsmæsighedsteorien, som de især træffes hos utrænede eller indisponerede Individer. Hvis Hensigtsmæsighedsprincipet skal opretholdes, da maatte man vente en stærkt forhøjet Pulsfrekvens og et kendelig nedsat Slagvolumen; men det er ikke rimeligt, at der findes — i denne Forbindelse — nævneværdige Mængder af Residualblod i en Hjærteventrikel, hvis Slagvolumen er 150 cc. Det er den rimeligste Antagelse, at Muskulaturen i et hypertrofieret Hjærte ogsaa kan svare til den Forøgelse af Fordringerne, som det forøgede Rumfang medfører; hvis man derimod staar overfor en Udvidning af Hjærtet, en Hjærtedilatation, uden nogen tilsvarende Forøgelse af Muskulaturen, da vil sikkert en ufuldstændig Tømning af Ventriklerne kunne være hensigtsmæsig; men den er da tillige et Svaghedstegn. Og det tør, indtil der foreligger et vel konstateret Tilfælde, være tilladt at tvivle om, at et saadant Hjærte vil arbejde med et Slagvolumen paa 150 cc.

Forskellige Undersøgere har søgt at danne sig en Forestilling om Hjærtets Fyldning og Tømning ved Gennemlysning af det levende Individ med Røntgenstraaler, og disse Undersøgelser har i visse Tilfælde givet Resultater, der afviger fra de ved fysiologiske Funktionsundersøgelser fundne. Det maa imidlertid bemærkes, at de foreliggende Undersøgelser af denne Art er foretagne efter ikke under Arbejdet, ligesom de heller ikke er foretagne paa en saadan Maade, at de tillader en virkelig Volumenberegning. En saadan vilde forøvrigt kræve et uforholdsmæsigt stort Arbejde, og dette vilde nu, da fysiologiske Metoder foreligger, være ganske overflødigt.

Udnytningen af Blodets Ilt. Det maa iflg. Krogh's Undersøgelser betragtes som godtgjort, at Kredsløbet under Muskelarbejde er reguleret saaledes, at Iltoptagelsen ikke kan være den begrændsende Faktor for Stofskiftet; det maa tværtimod antages, at Kredsløbet er indstillet med Hensyn til andre, vanskeligere diffusible Stoffer. Man finder som tid-

ligere omtalt i en Marsvinemuskel maximalt 3000 aabne Kapillærer pr. mm^2 Muskeltværsnit, svarende til en kapillær Overflade paa 750 cm^2 pr. cm^3 Muskelsubstans. Den nødvendige Iltspændingsdifferens mellem Blodet og Ydergrændsen af det Vævselement, der forsynes fra det paagældende Kar, behøver da kun at være 1,2 mm Hg. Konsekvensen heraf maa være dén, at den arbejdende Muskels Udnytning af Blodets Ilt er et secundært Fænomén, helt og holdent bestemt ved Musklens Iltforbrug og Kredsløbets Hastighed, d. v. s. Minutvolumens Størrelse. En god Udnytning betyder altsaa en hensigtsmæsig Tilpasning af Minutvolumens Størrelse til det foreliggende Arbejde, medens en daarlig Udnytning er et Tegn paa, at Forøgelsen af Kredsløbet er større, end Tilfældet kræver. I Hvile er som allerede omtalt Forholdene regulerede saaledes, at der altid holdes en konstant og temmelig betydelig Iltreserve i Blodet. Naar man begynder at arbejde, foregaar der, som vi senere skal se, en central »Indstilling« af Respiration og Kredsløb paa den forventede Anstrængelse, og det er da en rimelig Antagelse, at denne Indstilling med Øvelse bliver mere og mere nøjagtig, ligesom at den maa blive mest nøjagtig indenfor de Omraader, hvor man er mest fortrolig med Arbejdets Intensitet. Dette maa atter medføre, at Udnytningen er bedre hos den Øvede end hos den Uøvede, hvilket netop er, hvad man finder i Forsøgene. I en kortere Forsøgsrække foretaget med Fp. I under en Træningsperiode, var hans Udnytning meget betydelig større end i de hér meddelte Forsøg. Denne Betragtning af Udnytningen tillader endvidere en Forklaring paa visse tidligere uforklarlige Fænoméner paa dette Omraade. Der fandtes saaledes hos samtlige Forsøgspersoner i Ergometerforsøgene en højere Udnytning under Kørsel paa ubelastet Ergometer end ved Kørsel med en ganske lille Belastning, medens Udnytningen forøvrigt i det Store og Hele tiltog med voxende Belastning. Dette kan bero paa, at man, naar man véd, at Maskinen ikke er be-

lastet, kun har saa at sige at lade Underextremiteterne følge Pedalerne, og den fornødne Indstilling, der foregaar automatisk, er da minimal. Naar man derimod faar at vide, at Ergometret er belastet, forventer man en vis Anstrængelse, og Indstillingen foregaar derefter. Hvis man da ikke er meget fortrolig med saavel Arbejdsmaskinen som med Virkningen af den opgivne Belastning, vil man være udsat for at indstille paa et stærkere Kredsløb end nødvendigt. Med stigende Belastning stiger altsaa ogsaa Udnytningen. Hvad Fp. I angaar, finder man imidlertid ved det strængeste Arbejde atter en Formindskelse af denne, hvilket altsaa kan bero paa, at man indenfor de Omraader, hvor man er vant til at bevæge sig, foretager den sikreste Indstilling, medens man, naar Fordringerne forøges til det usædvanlige, atter bliver usikker og udsætter sig for at »overkorrigere«. Noget saadant har sikkert fundet Sted i bægge de to meddelte Forsøg med maximalt Arbejde. For Fp. I's Vedkommende viser det sig ved et uforholdsmæsig stort Minutvolumen, for den mindre kraftige Fp. II's Vedkommende viser det sig ved den meningsløst store Ventilation, der atter maa antages at være Aarsagen til, at Hjærtearbejdet er blevet moderat og Udnytningen maximal. Den største Udnytning findes i det hér omhandlede Forsøg og i det sidste Roforsøg med Fp. IV, idet den i disse Forsøg naaede henholdsvis 148,5 og 147 cc. pr. Liter Blod. I det førstnævnte er Veneblodets Iltindhold beregnet til 2,9 Volumenprocent.

Hvad de øvrige Forsøg angaar, da synes Roforsøgene at forholde sig paa samme Maade som Ergometerforsøgene; derimod viser Forsøgene under Svømning en paafaldende daarlig Udnytning. Bægge de to Forsøgspersoner var gode og udholdende Svømmere, der den paagældende Sommer ivrigt havde dyrket Sporten, og de har næppe haft Vanskelighed ved at finde sig til Rette med det ganske moderate Arbejde. Forsøgene tyder derfor paa, at Minutvolumen er blevet paavirket af andre ukendte Aarsager. Forsøgene

under induceret Arbejde giver samme Resultater som de samtidige Forsøg paa Ergometret. Disse Forsøg viser, at Fp. II ikke var »i Form« paa Forsøgenes Tidspunkt. Forholdene under statisk Arbejde er allerede omtalte. Ogsaa i disse Forsøg indstilles Kredsløbet paa den forventede Anstrængelse, og Indstillingen vilde vistnok være passende, hvis den Stofskiftestigning, som Arbejdet foraarsager, virkelig kom frem under selve dette, hvilket imidlertid ikke er Tilfældet; den finder som omtalt hovedsagelig Sted efter Arbejdets Ophør. Som Følge heraf svigter Indstillingen; Minutvolumen bliver unødig stort og Udnytningen altsaa ringe.

Blodet. Det er ikke alene Blodets Kredsløb der paavirkes af Muskelarbejdet; ogsaa selve Blodet undergaar Forandringer. Zuntz m. fl. har paavist, at Blodet under Arbejde concentreres saaledes, at Antallet af Blodlegemer pr. Rumenhed forøges, ligesom ogsaa Viscositeten tiltager. Concentrationen skal endog være stærkere, end man iflg. Svedsecretionen skulde vente. Ogsaa Blodets Sammensætning maa naturligvis undergaa Forandringer, idet visse Stoffer forbruges, medens andre dannes under Muskelarbejdet, saaledes Kreatinin, der angives at dannes i forøget Mængde under Arbejdet. Desuden dannes et Stof, der i denne Forbindelse har særlig Interesse, nemlig Mælkesyre, idet denne ved at indvirke paa Blodets Reaction kan faa overordentlig stor Betydning for Aandedrættet. Man anvender ofte det Udtryk, at Mælkesyredannelsen er et Tegn paa Iltmangel. Dette Udtryk er uheldigt valgt og kan let give Anledning til Misforstaaelser. Man maa nemlig iflg. A. V. Hill's og andres Undersøgelser antage, at Mælkesyren hører til de normale intermediære Stofskifteprodukter under Muskelarbejde. Den dannede Mælkesyre vil da enten iltes eller ved Hjælp af den ved en Iltningsproces frigjorte Energi opbygges til det endnu ukendte Stof, hvoraf den er dannet. Forskellen mellem det anaërobe Arbejde og Arbejdet under fri Adgang af Ilt ligger ikke i Mælkesyredannelsen; men den bestaar deri, at

Mælkesyren i første Tilfælde ophobes, medens den i sidste Tilfælde hurtigt forsvinder. De intermediære Stofskifteprodukter vil ikke strax blive bortskaffede; men der vil altid være en vis, af Arbejdets Størrelse afhængig, Mængde til Stede i Musklerne; derfor vil i alle Tilfælde noget Mælkesyre diffundere over i Blodet, hvor den naturligvis maa medføre en Stigning af Brintionconcentrationen. Dette foraarsager atter en Forøgelse af Ventilationen, hvorved CO_2 udvadskes, indtil H-ionconcentrationen er reguleret ind paa sit sædvanlige Niveau. Mælkesyrens Tilstedeværelse vil, naar dette Tidspunkt er naaet, give sig til Kende ved en Formindskelse af Blodets reducerede Brinttal. Mælkesyren vil efterhaanden udskilles gennem Nyrerne og kan ved strængt Muskelarbejde paavises i Urinen efter faa Minutters Forløb. Ved Bestemmelse af p_H umiddelbart før og efter 1 Minuts statisk Arbejde, Bøjhængende Stilling, fandt man

		p_H
II	Før Arbejde	7,27
	Efter Arbejde	7,23
V	Før Arbejde	7,28
	Efter Arbejde	7,22.

hvilket Resultat betyder, at Blodets Kulsyrebindingsevne efter Arbejdet var nedsat med 4 resp. 6 Volumenprocent. Under sædvanligt Arbejde har man fundet endnu stærkere Forøgelse af Blodets Surhedsgrad; men for øvrigt er dette Problem endnu langtfra tilstrækkelig undersøgt.

Aandedrættets og Kredsløbets Regulering under Muskelarbejde.

Det staar endnu tilbage kort at omtale den Mekanisme, der ligger til Grund for de i det foregaaende omtalte Forandringer paa Respirationens og Kredsløbets Omraade. Selv

om denne Mekanisme endnu er ufuldstændig kendt, har den dog Krav paa Opmærksomhed, fordi først denne giver Nøglen til Forstaaelse af Organismens Autonomi.

Som omtalt i tidligere Kapitler foregaar Regulationen i Hovedsagen paa følgende Maade: Samtidig med, at den motoriske koordinerede Nerveimpuls udgaar til den eller de Muskelgrupper, der skal træde i Virksomhed, foregaar der i Organismen vasomotoriske Forandringer, muligvis paa Grund af Impulser gennem autonome Nervebaner, muligvis som Følge af Hormoner, der aktiveres gennem de motoriske Impulser, muligvis ad bægge Veje, hvis Resultat er en Karudvidning i de arbejdende Muskler og en Karkontraktion paa andre Omraader, navnlig i Splanchnicusomraadet. Det Blodtryksfald, der under i øvrigt lige Forhold maatte blive en Følge af Dilatationen af Muskelkapillærerne, bliver saaledes kompenseret, idet Blodet fra Portalomraadet indgaar i det almindelige Kredsløb i passende Forhold. Blodtrykket vil endda være mere eller mindre forhøjet under Arbejdet; men medens under sædvanlige Forhold en Blodtrykforhøjelse reflektorisk nedsætter Pulsfrekvensen, finder man under Arbejde Forhøjelse af denne, ligesom man vil finde Hjærtets Kontraktionskraft forøget; det sidste som Følge af en forøget Adrenalinsecretion. Den forøgede CO_2-Produktion vil endvidere ved at formere Antallet af H-ioner i Blodet stimulere Respirationscentret med de tidligere omtalte Virkninger.

Denne Regulationsmekanisme forudsætter imidlertid, at Blod fra de arbejdende Muskler naaer op til de respektive Centre, forinden den kan træde i Kraft, og dette vilde i mange Tilfælde, navnlig naar det drejer sig om pludseligt indsættende stærkt Arbejde, have til Følge, at Musklerne blev paralyserede af Iltmangel og Overskud af Kulsyre, forinden en til Arbejdet svarende arteriel Blodforsyning blev etableret. Det har da ogsaa vist sig, at der ved Arbejdets Begyndelse virker en særlig Mekanisme, der bedst kan karakteriseres som en central Indstilling til Arbejde; tydeligst træder denne

frem, naar det drejer sig om pludselige, stærke Anstrængelser, — og den er utvivlsomt en nødvendig Betingelse for, at saadanne overhovedet kan præsteres, — men det kan dog betragtes som givet, at den omend i mindre udpræget Grad træder i Funktion ogsaa ved mindre bratte Arbejdsovergange.

I omstaaende Tabel findes anført nogle Resultater fra Forsøg foretagne af Krogh & Lindhard med det Formaal at undersøge Forholdene ved Overgangen fra Hvile til Arbejde og omvendt. De to første Forsøg giver sammenholdt med Fig. 24 (der hidrører fra det andet af disse Forsøg) et godt Billede af Respirationens Forandringer; for Kredsløbets Vedkommende er Oplysningerne i det Hele taget mere sparsomme og ret mangelfulde.

Som man ser af Kurven, sker der momentant ved Arbejdets Begyndelse en Forhøjelse af Respirationsfrekvensen og en Forøgelse af Aandedrætsvolumen, hvoraf følger en meget stærk Forøgelse af Ventilationen. Tabellen viser, at denne i Løbet af $^1/_5$ Minut er steget til det 7- resp. 15-dobbelte, I det første Forsøg er Arbejdet ret strængt selv for en voxen Mand, i det andet Forsøg ligger det over Forsøgspersonens Kræfter; ved mindre strængt Arbejde eller hos Forsøgspersoner, der ikke er i Stand til at starte saa pludseligt, bliver Overgangen mindre voldsom men dog meget brat.

I det andet Forsøg er i Løbet af $^1/_5$ Minut den alveolære Ventilation steget fra 3,6 til 52 Liter. Dette kan ikke være opnaaet ved Hjælp af den sædvanlige Regulationsmekanisme, fordi Blod fra de arbejdende Muskler ikke i Løbet af den anførte Tid kan være naaet til Respirationscentret, og desuden fordi den alveolære CO_2-Spænding ved den stærke Udluftning er nedsat med 10 mm, hvilket under almindelige Forhold vilde være tilstrækkeligt til at fremkalde Apnoë.

Man kunde tænke sig den Mulighed, at Ventilationen paavirkedes reflektorisk fra de arbejdende Muskler; men ogsaa

	Tid efter Arbejdets Begyndelse, Min.	Teknisk Arbejde, kgm pr. Min.	Respirationsfrekvens.	Respirationsdybde, 37°, cc.	Alveolær Ventilation 37° L/M.	Iltoptagelse, cc. pr. Min.	R. Q.	Alveolær CO_2-Spænding %	Puls
II	Hvile	0	8,2	798	4,03	210	0,91	4,75	
1911	+ 0,21	930	13,5	2760	28,1	1100	1,08	4,24	
	+ 0,49	—	13,4	2985	30,35			4,56	
	+ 0,87	—	13,9	3335	35,4	1635	1,03	4,78	
	+ 1,25	—	15,5	3365	39,9	1883	1,04	4,95	
	+ 2,65	—	17,2	3320	43,7	2235	1,00	5,10	
	+ 4,0	—	20,6	2960	46,5	2260	1,03	5,00	
II	Hvile	0	6,9	818	3,55			5,18	68
1912	+ 0,19	1881	23,8	2840	52,2			3,79	151
	+ 0,40	1683	23,3	3060	55,2			4,17	168
	+ 0.69	1470	26,5	3245	67,4			4,92	

	Tid efter Arbejdets Slutn.			Vent. L/M reduceret				
II	Hvile	0	7,0	793	5,09	210	0,84	4,48
1915	Arbejde	840	25,5	2220	49,6	1960	0,965	4,22
	+ 0,6	0	19,7	1790	32,1	837	1,30	3,85
	+ 2,9	—	14,6	1310	17,45	360	1,17	2,89
	+ 6,2	—	9,0	1040	8,54	287	0,83	3,35
	+ 8,5	—	8,85	853	6,87	341	0,615	3,77
	+12,5	—	7,1	914	5,94	307	0,64	4,05
	Hvile	0	8,05	807	5,98	226	0,88	4,41
	Arbejde	2310	Arbejdets Varighed 0,52 Minut.					
	+ 0,40	0	30,6	2620	74,5	1455	1,74	3,80
	+ 2,5	—	14,6	1164	15,65	350	1,38	3,78
	+ 5,8	—	9,6	1100	9,72	317	1,045	4,09
	+ 9,3	—	9,2	941	7,95	314	0,89	4,32

denne Mulighed udelukker Forsøgene, idet Ventilationen forøges paa sædvanlig Maade ogsaa naar Belastningen Forsøgspersonen uafvidende fjærnes i det Øjeblik, da »Arbejdet« begynder.

Ventilationsstigningen maa derfor skyldes centrale Impulser til Aandedrætscentret, hvor de virker ved en pludselig Forøgelse af dettes Følsomhed. At det ikke saaledes, som ved den vilkaarligt forøgede Ventilation, drejer sig om direkte centrale Impulser til Respirationsmusklerne det fremgaar deraf, at hvis man ved vilkaarlig Forcering af Respirationen har fremkaldt Apnoë, da kan man begynde et strængt Arbejde, uden at denne brydes.

Denne Opfattelse finder Støtte ved en mere detailleret Undersøgelse af Forsøgsresultaterne. Ved de meget voldsomme Overgange finder man konstant, naar Ventilationen beregnes af hver enkelt Respiration, en Formindskelse af Ventilationen svarende til det 2. og 3. Aandedræt, hvilket antageligt maa bero paa, at Irritamentet til Respirationscentret formindskes som Følge af Kulsyreudvadskning. Følsomhedsændringen, der er paavist i tidligere omtalte Forsøg, sker momentant, hvorved altsaa den forhaandenværende CO_2-Spænding kommer til at virke som et pludselig stærkt forøget Irritament, hvoraf atter følger en stærkt forøget Ventilation. Hvis nu Følsomhedsændringen i Centret var den eneste Forandring, der foregik, maatte Ventilationen atter aftage paa Grund af Kulsyreudvadskningen; men i det foreliggende Tilfælde standses Ventilationsformindskelsen hurtigt af den modsatrettede Virkning af den noget langsommere indsættende forøgede CO_2-Produktion, hvorefter Ventilationen paany gradvis tiltager, indtil én til Arbejdet svarende Ligevægtstilstand er naaet.

Teorien støttes yderligere ved de Forsøg, hvor Belastningen, Forsøgspersonen uafvidende, pludseligt bliver forøget. Man finder i saadanne Tilfælde efter en kort Latenstid en lille Pause i Respirationen og derpaa en forstærket Ventilation, der begynder paa den ovenfor beskrevne Maade med en dyb Inspiration; derefter følger et Par mindre Aandedræt

og saa en Stigning til det definitive Niveau er naaet. Nedenstaaende Exempel maa tjene som Illustration:

	Let Arb.	Overgangsperiode			Strængt Arbejde Vent. L pr. Min. beregnet af				
	Ventilat. L/Min.	Latenstid Min.	Pause Min.	Varigh. af 1. Inspir. Min.	1. Resp.	2. Resp.	3. Resp.	4. Resp.	Omtrent 1/2 Min. senere
Fp. II	19,9	0 012	0,019	0,025	49,8	42,9	46,0	50,8	56,9

Ogsaa under det inducerede Muskelarbejde finder man en stærk Stigning af Ventilationen, men denne er mindre pludselig og mere jævn. d. v. s., Ventilationen forøges fra Respiration til Respiration. Det maa derfor antages, at Ventilationsstigningen i dette Tilfælde er reflektorisk og at Reflexen udløses i Hovedsagen fra de arbejdende Muskler, selv om ogsaa andre Indflydelser som tidligere omtalt maa antages at gøre sig gældende.

Ved Overgangen fra Arbejde til Hvile finder man en jævn Nedgang af Ventilationen (se de to sidste Forsøg i Tabellen); man vil i Reglen ikke paa Respirationskurven kunne erkende det Øjeblik, da Arbejdet er sluttet.

Naar det til Arbejdets Størrelse svarende Niveau er naaet, maa det antages, at Ventilationen reguleres paa samme Maade som i Hvile. Hvornaar og hvorledes denne Overgang finder Sted, kan dog ikke nøjagtigt opgives. Man kunde fremsætte den Formodning, at Overgangen fra den nervøse til den kemiske Regulation falder sammen med Tidspunktet for »second wind«. Det er blandt Sportsmænd en velbekendt Sag, at man under Arbejdets Begyndelse som Regel føler sig meget anstrængt; Musklerne synes træge og trætte, og man føler en stærk Lufthunger; man har kort sagt Følelsen af, at man i næste Øjeblik maa give op. Fortsætter man ikke desto mindre Arbejdet i uforandret Tempo, da viser det sig, at Tilstanden bedres spontant; det er denne Bedring, man kalder »second wind«. Efter nogle faa Minutters Forløb bliver

Respiration og Puls roligere, man mærker ikke mere til Aandenød, og Muskeltrætheden er svundet, samtidigt er ogsaa Varmeregulationen naaet til fuld Virksomhed, idet Svedsecretionen netop paa dette Tidspunkt bliver kendelig. Det er dog ikke udelukket, at »second wind« alene er et Varmeregulationsspørgsmaal. Noget sikkert herom foreligger endnu ikke.

Ogsaa Iltoptagelsen stiger hurtigt ved Arbejdets Begyndelse men ikke som Ventilationen momentant, idet den aabenbart er afhængig af Minutvolumen. Iltoptagelsen er i det første Forsøg i Løbet af $^1/_5$ Minut 5-doblet, paa $2^1/_2$ Minut mere end 10-doblet. Stigningen kan dog være endnu stejlere. I et Forsøg med en usædvanlig kraftig Forsøgsperson, der præsterede det kolossale Arbejde af 2375 kgm pr. Minut, steg Iltoptagelsen i Løbet af $^1/_2$ Minut til 2820 cc. pr. Minut for i Løbet af 0,8 Minut (da Arbejdet er gaaet ned til 2070 kgm) at naa til 3760 cc. pr. Minut eller lidt over 14 Gange Hvileværdien. Ogsaa Liljestrand & Stenström har fundet at 0,8 Minut var tilstrækkelig til at bringe Iltoptagelsen op paa 3 Liter pr. Minut. Det fremgaar imidlertid af andre Forsøg, at Stofskiftestigningen fra Begyndelsen er gradvis og ikke som for Ventilationens Vedkommende springende i selve Overgangsøjeblikket. Der opstaar saaledes et Iltdeficit, der bliver desto større, jo højere det blivende Niveau for Iltoptagelsen ligger, og jo mere gradvis Overgangen sker. Dette Iltdeficit kunde paa Forhaand tænkes kompenseret paa én af to Maader, enten, ved at Iltoptagelsen under Arbejdet blev større end paakrævet af Hensyn til dette, indtil Underskuddet var udlignet, eller, ved at en forhøjet Iltoptagelse vedblev efter Arbejdets Ophør, indtil der atter var tilvejebragt Balance. Den første og mest nærliggende Mulighed findes imidlertid ikke realiseret i Forsøgene, der tvertimod tydeligt viser, at Iltdeficit først udlignes efter Arbejdets Ophør. Idet Arbejdet standses, falder Iltoptagelsen nemlig ikke strax til Hvileværdien, men

den falder efter en i Begyndelsen mere eller mindre stejl Kurve, senere langsommere saaledes, at den asymptotisk nærmer sig Hvileniveauet, og det viser sig ved Opmaaling af Kurven, at dén efter Arbejdet optagne overskydende Iltmængde netop svarer til Underskuddet ved dettes Begyndelse. Efter statisk Arbejde falder Iltoptagelsen — bortset fra den initiale Stigning — paa ganske tilsvarende Maade som efter Ergometerarbejdet, og det samme gælder for det elektrisk inducerede Arbejdes Vedkommende. Man træffer det omhandlede Forhold ligesaavel efter ganske moderat Arbejde som efter det strængeste Arbejde, og det kan altsaa ikke bero paa en Svigten hverken af Respiration eller Kredsløb men maa være begrundet i de særlige Forhold under Musklens Stofskifte, som tidligere er nærmere omtalte (II. S. 135 ff.). Under Arbejdet — det statiske Arbejde undtaget — maa Iltoptagelsen betragtes som det kvantitative Udtryk for Organismens Energiforbrug og maa altsaa være direkte afhængig af det udførte Arbejdes Størrelse.

Den respiratoriske Kvotient stiger ved Arbejdets Begyndelse, og denne Stigning er et Udtryk for Følsomhedsændringen i Respirationscentret. Stigningen kan være ret anselig; den kan ved anstrængende Arbejde naa til langt over 1. Iflg. Undersøgelser af Krogh & Lindhard, som senere skal omtales nærmere, maa Kvotientstigningen som Regel betragtes som en Følge af Kulsyreudvadskning. Kun ved extreme Hvilekvotienter finder man en reel Kvotientforandring ved Overgangen fra Hvile til Arbejde. Under selve Arbejdet holder Kvotienten sig paa et med det paagældende Arbejdes Anstrængelsesgrad vexlende Niveau, der er lavere end den initiale Stigning; i nogle Tilfælde, nemlig naar Arbejdet koster en stadig fortsat Anspændelse, kan den dog holde sig meget høj selv under ret langvarige Forsøgsperioder. Idet Arbejdet standser, stiger den respiratoriske Kvotient, og Stigningen fortsættes i Ergometerforsøgene i omtrent $1^1/_2$ Minut, hvorefter følger en jævn Nedgang til

subnormale Værdier, der i det første af de meddelte Forsøg endnu holder sig 12 Minutter efter Arbejdets Slutning. Et ganske lignende Forløb finder man efter det statiske Arbejde; men Kvotientstigningen er i dette Tilfælde langsommere og længerevarende og naaer som Regel højere Værdier; dog kan man, som det sidste Forsøg i Tabellen viser, efter excessivt Arbejde paa Ergometret finde meget stærke Kvotientstigninger, der først efter flere Minutters Forløb naaer tilbage til sædvanlige Værdier. Hvorlangt det subnormale Stadium i et saadant Tilfælde er, vides ikke, men sammenholdes dette med det foregaaende Forsøg, maa det antages, at Kvotienten først naaer sit blivende Niveau efter en halv Times Tids Forløb. Efter induceret Arbejde forholder Kvotienten sig paa samme Maade men er paa Grund af den uregelmæsige Ventilation overordentlig vexlende. Kvotientstigningen efter Arbejdet maa opfattes som et Tegn paa Optræden af Mælkesyre i Blodet; denne er som omtalt paavist i forholdsvis anselige Mængder efter det statiske Arbejde. Naar Mælkesyren udskilles gennem Nyrerne, tilbageholder Organismen atter CO_2 som Erstatning for den under Arbejdet udvadskede, og Kvotienten bliver da subnormal.

Pulsfrekvensen kan forholde sig forskelligt. I de fleste Arbejdsforsøg paa Ergometret finder man en momentan Stigning ved Arbejdets Begyndelse (naar en saadan ikke findes, er Pulsen som Regel i Forvejen forhøjet), og derefter en hurtig men jævn Stigning indtil det til Stofskiftet svarende Niveau er naaet efter et Par Minutters Forløb. Under induceret Arbejde stiger Pulsfrekvensen derimod aldrig momentant men vel ret hurtigt op til sit blivende Niveau. Det maa derfor antages, at Pulsfrekvensen under Arbejde paa Ergometret som Regel ligesom Lungeventilationen indstilles centralt, muligvis gennem en Nedsættelse af Vaguscentrets Tonus, medens den under det inducerede Arbejde altid forøges reflektorisk. Naar Arbejdsniveauet er naaet, virker sandsynligvis den samme Mekanisme, dog er det rimeligt, at

ogsaa andre Forhold gør sig gældende, saaledes en forhøjet Legemstemperatur; maaske virker ogsaa en forøget diastolisk Fyldning af Hjærtet i samme Retning. Efter Arbejdets Slutning falder Pulsfrekvensen efter en lignende Kurve som Iltoptagelsen. Et Exempel herpaa er tidligere anført (S. 134). Man har fremsat den Paastand, at Pulsfrekvensen under Arbejde skulde stige stærkere hos trænede end hos utrænede Personer men til Gengæld falde efter en stejlere Kurve efter Arbejdets Ophør hos de første end hos de sidste. Den første Paastand er saa stærkt i Strid med foreliggende Arbejdsforsøg saavel som med hele Træningens Væsen, at den utvivlsomt tør betragtes som en Misforstaaelse, antagelig opstaaet derved, at de paagældende Undersøgere intet vidste om Arbejdets Størrelse i deres Forsøg. Den stærkere Stigning hos de Trænede er sikkert kun et Udtryk for, at Arbejdet for disses Vedkommende har været meget betydeligt større end det, som de Utrænede har præsteret. Derimod er det rigtigt at Pulsfrekvensen, ligesom for øvrigt ogsaa andre Funktioner, hos det trænede Individ hurtigere vender tilbage til Normen end hos den Utrænede.

Hvad Hjærtets Minutvolumen angaar, da viser Stofskiftetallene, at det maa stige jævnt men hurtigt. Man fandt ved en direkte Bestemmelse af Minutvolumen hos Fp. II, hvis Hvileminutvolumen paa det daværende Tidspunkt var 4,0 Liter, i Løbet af 8,4 Secund en Stigning til 13,1 Liter. Dette er, hvad man maatte vente; den nervøse Indstilling af de perifere Modstande, der som tidligere omtalt er det væsentligste Moment i Kredsløbets Regulering, foregaar utvivlsomt momentant, men de mekaniske Følger af denne Indstilling, der maa betragtes som causa proxima i alle Tilfælde, hvor der foregaar Forandringer af Minutvolumen, i sidste Instans det forhøjede Tryk i Cisterna venosa, kan først etableres i Løbet af en maalelig Tid. Der skal en forøget Blodstrøm gennem de arbejdende Muskler, og der skal spærres for store Karomraader i Abdomen;

den forholdsvis anselige Blodmængde, der findes i Portalomraadet, skal have Tid til at flyde ind i Vena cava, og endelig foregaar der utvivlsomt Forandringer ogsaa andre Steder i Periferien. Forsøgene under statisk Arbejde viser paa afgørende Maade, at Blodstrømmen ikke eller dog kun i ringe Grad faar Lov til at passere de arbejdende Muskler, medens Minutvolumen ikke desto mindre er forøget. Da der ikke foreligger Grund til at antage, at den nervøse Indstilling foregaar paa anden Maade ved dette Arbejde end ved Arbejdet paa Ergometret, — de foreliggende Forsøg tyder netop paa, at den sædvanlige Mekanisme er virksom ogsaa under det statiske Arbejde, — saa maa man formode, at der ogsaa under Arbejde paa Ergometret findes Kardilatationer paa andre Omraader end i de arbejdende Muskler, og det ligger da nær at antage, at det kunde dreje sig om en Dilatation af Hudkarrene, idet man, særlig under anstrængende Arbejde, ellers vilde være udsat for, at Varmeregulationen for sent bliver effektiv. Der produceres under strængt Arbejde meget betydelige Varmemængder, som det er i Organismens Interesse at blive kvit, inden Legemstemperaturen paavirkes kendeligt. Det er klart, at selv om Vasomotorerne virker prompte, vil den Forskydning af ikke ubetydelige Vædskemængder, der maa gaa forud for en Trykstigning i de centrale Vener, ikke kunne foregaa momentant. Det er ligeledes klart, at den nøjagtigst mulige Indstilling af de perifere Modstande er af den allerstørste Betydning for Hjærtets Økonomi. Man har i Ergometerforsøgene i Udnytningen af Blodets Ilt et Kriterium paa Indstillingens større eller mindre Præcision. En Betragtning af Udnytningen viser derfor, at Indstillingen af Minutvolumen varierer individuelt, tillige, at den for den enkelte Forsøgsperson ikke er lige sikker paa alle Trin af Arbejdsskalaen, samt, at den i ikke ringe Grad kan paavirkes ved Øvelse.

Det maa fremdeles antages, at Minutvolumen, naar det har naaet den Størrelse, som Arbejdet og individuelle Be-

tingelser kræver, holdes paa dette Niveau af de allerede omtalte Kræfter. At altsaa Venetrykket stadig er højt nok til at bevirke adæquat Fyldning af Hjærtet, at dettes Kontraktionskraft er tilstrækkelig til at præstere en nogenlunde fuldstændig Tømning af Ventriklerne, og at Pulsfrekvensen holdes paa et for Tilfældet passende Niveau. Organismen vil da under almindelige Forhold være sikret en tilstrækkelig Iltforsyning. Der findes dog ogsaa andre Opfattelser angaaende Kredsløbet under Muskelarbejde, der ganske kort maa omtales. En af disse gaar ud paa, at Iltoptagelsen under vanskelige Forhold, saaledes under strængt Arbejde og da navnlig, naar Arbejdet foregaar ved lavt Ilttryk som paa Højfjældet, finder Sted ikke ved Diffusion men ved en Secretionsproces (se herom S. 98—99). Denne Hypotese regner endvidere med en Forbrænding af visse Stofskifteprodukter i Blodet i selve Lungerne, og den har derfor ikke Brug for et forøget Minutvolumen under Arbejde. Hertil er at bemærke, at Kredsløbsbestemmelserne har vist, at Minutvolumen er stærkt forøget under Arbejde, endvidere, at Undersøgelser over Lungediffusionskonstanten for Ilt har godtgjort, at Iltoptagelsen i alle hidtil foreliggende Arbejdsforsøg kan forklares alene ved Hjælp af Diffusion. Derved bliver Secretionsteorien helt og holdent overflødig. En anden Kredsløbsteori kan ganske summarisk udtrykkes saaledes: Hjærtets diastoliske Fyldning beror paa Trykket i de centrale Vener, men dette er atter afhængigt af flere Faktorer blandt hvilke, som en af de vigtigste, kan nævnes selve de arbejdende Muskler, der virker som en »Pumpemekanisme«, idet de under deres Kontraktion udpresser den i Muskelkarrene værende Blodmængde, hvis Størrelse igen er bestemt ved Udvidningen af Karrene og Størrelsen af det arterielle Blodtryk. Blodet fra Portalomraadet faar derimod ingen Indflydelse paa Venetrykkets Størrelse. Hjærtet reagerer paa den adæquate Fyldning med Dilatation og ufuldstændig diastolisk Tømning; man skulde som allerede omtalt derved opnaa et forøget

Slagvolumen under særlig gunstige Arbejdsbetingelser for Hjærtet. Ogsaa denne Teori møder imidlertid betydelige Vanskeligheder. Det vil allerede paa Grund af Venernes forholdsvis store rumlige Udvidelighed være overordentlig vanskeligt at forestille sig, hvorledes man samtidig skal kunne opretholde et forhøjet Venetryk og et stærkt forhøjet arterielt Blodtryk, endda med en god Portion Residualblod i Hjærtet, uden at Blodet fra Portalomraadet sættes ind. Endvidere er Blodtrykket under Arbejde altfor lidt undersøgt, til at man kan opbygge en Teori ved Hjælp af dette, og endelig viser Forsøgene over statisk Muskelarbejde, at man skal være varsom med at tillægge »Muskelpumpen« for stor Betydning. Statisk Kontraktion forekommer mere eller mindre udbredt under alle Former for Muskelarbejde, og det kan paa Forhaand ikke afgøres, om en aktiv Tømning af Musklens Kar under Kontraktionen kan opveje den Standsning af Blodstrømmen, der samtidig finder Sted. I alt Fald viser Forsøgene umiddelbart efter statisk Arbejde, at man kan opnaa en meget stærk Forøgelse af Minutvolumen med fuldstændig afspændt Muskulatur. Man gør derfor rettest i at lade den ganske hypotetiske Pumpevirksomhed ude af Betragtning. Hvad Hjærtedilatationen angaar, da er det allerede paapeget, at de foreliggende Forsøgsresultater ikke støtter den Opfattelse, at denne maa betragtes som en Hensigtsmæsighedsforanstaltning, hvad sunde veludviklede Hjærter angaar.

Med Hensyn til Kredsløbets Forhold efter Arbejdets Standsning foreligger der kun de i Forsøgene over statisk Arbejde tilvejebragte Oplysninger. Men da de øvrige hér omtalte Funktioner og da særlig Iltoptagelsen, naar man ser bort fra den stærke Stigning umiddelbart efter det statiske Arbejdes Ophør, principielt forholder sig paa samme Maade saavel efter dette som efter Arbejdet paa Ergometret og efter det elektrisk inducerede Arbejde, er der en ikke ringe Sandsynlighed for, at det samme gælder Minutvolumen. I de i Tabellen (S. 117) anførte Forsøg med Fp, V, finder man

i Forsøgene umiddelbart efter Arbejde en mindre Nedgang i Minutvolumen, medens man i andre Forsøg med samme Forsøgsperson ligesom hos Fp. II finder en Stigning i Forhold til Arbejdsværdien. Men i de følgende Forsøg, der i denne Forbindelse har størst Interesse, forholder bægge de undersøgte Forsøgspersoner sig paa samme Maade. Man finder i bægge Tilfælde et jævnt Fald i Minutvolumen, der imidlertid i Løbet af de første Minutter foregaar langsommere end det samtidige Fald i Iltoptagelsen saaledes, at Udnytningen af Blodets Ilt i dette Tidsrum bliver mindre end den sædvanlige Hvileværdi. Hos Fp. V, med hvem Forsøgene er ført videst, træffer man dog atter normale Tal for Udnytningen efter 5—6 Minutters Forløb. Sammenligner man Kurven for Minutvolumen med Pulsfrekvensen, da vil man se, at den første falder stejlere end den sidste saaledes, at Hjærtets Slagvolumen aftager ret jævnt i Størrelse i Løbet af de nævnte 5—6 Minutter, efter hvilken Tid det sædvanlige Hvileniveau er naaet.

Der vil naturligvis efter det kortvarige statiske Arbejde kun i ringe Grad være Brug for en særlig indstillet Varmeregulation, hvorledes Minutvolumen vil forholde sig efter strængt Arbejde paa Ergometret, naar Varmeregulationen er naaet til fuld Udfoldelse, kan de foreliggende Forsøg ikke oplyse.

Træning.

Træning betyder Opdragelse men anvendes specielt i Betydningen: Oplæren gennem praktisk Øvelse. Ordet har efterhaanden faaet Borgerret i mange Sprog, og dets Omraade er i hvert Fald hos os blevet udvidet saaledes, at det omfatter saavel legemlige som aandelige Færdigheder. Den sportslige Træning bestaar i en metodisk Opøven af visse legemlige Færdigheder under Iagttagelse af visse hygieiniske Forskrifter med det Formaal at opnaa den størst mulige Ydeevne paa det specielle Omraade, der er Genstand for Træningen.

Forsøger man en nærmere Analyse af den sportslige Træning, — og alene denne skal i det følgende gøres til Genstand for nærmere Omtale, — da ser man hurtigt, at den omfatter flere forskellige Elementer. For det første tilsigter Træningen en Opøven af den Del af Muskulaturen, der er virksom under den paagældende Øvelse saaledes, at de arbejdende Muskelenheders Kontraktionskraft under i øvrigt lige Forhold forøges. Det har vist sig, at den enkelte Muskeltraad under Træningen tiltager i Masse, og Resultatet heraf maa blive en Forøgelse af Musklens fysiologiske Tværsnit. Det maa antages, bl. a. fordi der intetsomhelst foreligger, der taler for det modsatte, at hermed er alting sagt for Muskulaturens Vedkommende. Den enkelte Muskeltraad er et selvstændigt Muskelelement, der uafhængigt af andre Muskeltraade kan kontrahere sig eller lade være at kontrahere sig, men noget tredie gives ikke. Hvis Muskeltraaden jævnligt tvinges til at kontrahere sig, vil den altsaa efterhaanden tiltage i Volumen, men det er naturligvis i denne Forbindelse ganske ligegyldigt, om den optræder isoleret eller i Selskab med andre selvstændige Muskeltraade. Det maa derfor betragtes som givet, at den Side af Træningen, der bestaar i Opøvelse af Muskulaturens Ydeevne, kan foregaa under Udførelsen af en hvilken som helst Øvelse, der tager det paagældende Muskelelement i Brug, og det kan ikke bestrides, at en Gymnastik, der er i Stand til virkelig at gennemarbejde hele Muskulaturen, vil være et godt Grundlag for en videregaaende Træning i alle mulige specielle Retninger. Hvad der gælder for Skeletmuskler i Almindelighed, gælder naturligvis ogsaa for Respirationsmusklerne, og det gælder tillige for Hjærtet; ogsaa Hjærtet kan trænes op ved en hvilkensomhelst Øvelse, der stiller forøgede Fordringer til dets Ydeevne, naar i øvrigt Betingelserne for Træning er opfyldte. Hvis hele denne Betragtning er rigtig, da maa man vente, at saavel Skeletmusklerne som Hjærtet kan trænes op gennem elektrisk induceret Arbejde. Dette

er ogsaa forsøgt (Krogh & Lindhard). Den foreliggende Forsøgsrække, der strækker sig over omtrent 6 Uger, er imidlertid i flere Henseender defekt, navnlig maa i Henhold til senere Erfaringer det inducerede Arbejde anses for utilstrækkeligt, og besvarer derfor ikke Spørgsmaalet paa afgørende Maade; men Resultaterne peger dog i den formodede Retning. De undersøgte Funktioner var Hvilestofskifte, Hvileminutvolumen og total Arbejdspræstation, d. v. s. det Arbejde, som Fp. var i Stand til at udføre paa Cycle-Ergometret, indtil han følte sig udmattet.

Naar to af de første ret afvigende Hvileforsøg (der dog ikke vilde influere paa Minutvolumens Gennemsnit,) udelades, giver de resterende 12 Forsøg, naar de deles i to Grupper svarende til første og sidste Halvdel af Forsøgsperioden:

	Minutvolumen	Udnytning	O_2 pr. Minut cc.
I	4,55 ± 0,11	54 ± 1,27	239
II	5,25 ± 0,19	47 ± 1,63	243

Hvilestofskiftet er, som man ser, uforandret. Sammenholder man dette Resultat med den senere anførte Tabel, maa det vistnok være berettiget at betragte det som en Virkning af Muskeltræning. Hvad den totale Arbejdsydelse angaar, da steg denne indenfor det betragtede Tidsrum saa stærkt, at Stigningen i alt Fald kun delvis kan anses for at være et direkte Resultat af den gennem det inducerede Arbejde opnaaede Træning. En anden Side af Træningen bestaar i en Indøvelse og Forfinelse af den motoriske Koordination. Naar man ser en sportslig Øvelse eller hører den forklaret og derpaa skal gøre den efter, saa danner man sig et »motorisk Billede« af, hvad der skal foregaa, og søger at udsende motoriske Impulser i den rigtige Rækkefølge og med den rigtige Styrke til de Muskelenheder, der skal medvirke. Dette lykkes meget sjældent fuldstændigt ved det første Forsøg; ved Hjælp af egne Iagttagelser og andres

Rettelser søger man da at korrigere sine Bevægelsesforestillinger, indtil man tilsidst naaer til at kunne innervere de Muskelenheder, der ved deres Sammenspil er i Stand til at frembringe den ønskede Bevægelse paa den for Organismen mest økonomiske Maade, og ikke andre. Det er klart, at denne Indøvelse af den rette Koordination er af overordentlig Betydning for Organismens Økonomi saavel som for dens Ydeevne i en given Retning, idet den maximale Præstation først naaes, naar ingen uvedkommende Muskelkontraktioner griber forstyrrende ind. Det er fremdeles klart, at naar man vil indøve Koordinationen, da maa man øve selve den Bevægelse, som Træningen gælder; som vi senere skal se (S. 276) forslaar det ikke at øve et noget lignende Arbejde. Men der er paa den anden Side ingen Tvivl om, at man i al Almindelighed kan opøve sin Evne til at danne Bevægelsesforestillinger saaledes, at en »all round« Idrætsmand hurtigere vil kunne træne sig op til at udføre en ham hidtil ubekendt Øvelse end en anden, der udelukkende har forsøgt sig paa et enkelt begrændset Felt. Endelig for det tredie, — og denne vigtige Side af Sagen har særlig Interesse for os paa dette Sted, — bestaar Træningen i, at man lærer sig den bedst mulige Indstilling af Respiration og Kredsløb, d. v. s. den Indstilling, der indfrier de Fordringer til Respirations- og Kredsløbsorganerne, som Arbejdet stiller, med den mindst mulige Anstrængelse af disse. Denne Del af Opgaven har en mere kvalitativ og en mere kvantitativ Side. En kvalitativ, som bestaar i en Indstilling af Respiration og Kredsløb saaledes, at de forskellige Funktioner afstemmes efter hinanden indbyrdes, og som aabenbart kan opøves ved en hvilkensomhelst Øvelsesform, en kvantitativ, som bringer det indstillede Niveau i Overensstemmelse med Arbejdets Fordringer, hvilket kræver et nøje Kendskab til det paagældende Arbejdes Størrelse og Tempo.

Der har i det foregaaende flere Gange været Tale om denne Side af Træningen; paa de følgende Sider skal vi

forsøge at samle Hovedpunkterne af, hvad der foreligger om Emnet. Det vil dog vise sig, at de foreliggende Forsøg kun tillader en ganske summarisk Behandling af dette.

Hvad først Brystkassen og Lungerumfangene angaar, da ved man, at Brystkassen udvides ved Øvelse. En større Række Maalinger fra Sverige foretagne dels paa Soldater, dels paa Civile i samme Alder som disse men ikke underkastede gymnastisk Træning viser, at den gymnastiske Træning medfører en Forøgelse af Brystkassens Omkreds; men denne kommer i Stand paa den Maade, at der findes en ret betydelig Forøgelse af den transverselle Diameter, medens den sagittale Diameter er forøget overmaade lidt. Efter dette skulde altsaa Gymnastiken frembringe en relativt fladbrystet Type. Undersøgelser der er foretagne af belgiske Officerer paa Elever fra Militærskoler, hvor man ligeledes driver Svensk Gymnastik, synes at pege i ganske samme Retning. Om denne Brystform staar i Forbindelse med en ensidig Dyrkelse af »Holdningsøvelser«, om den har fysiologisk Betydning eller ikke, maa foreløbigt staa hen. Funktionsundersøgelser foreligger ikke. — Man ved endvidere, at Vitalcapaciteten forøges ved Øvelse, og det samme gælder Totalcapaciteten, endda i højere Grad, idet ogsaa Residualluften synes at tiltage lidt. Vitalcapacitetens Forøgelse skyldes en Udvidelse af den øvre Grændse for Inspirationen.

Hvad de respiratoriske Funktioner angaar er Oplysningerne sparsomme.

Forskellige Iagttagelser tyder paa, at Respirationsfrekvensen aftager hos Individer, der driver Legemsøvelser, men bestemte Opgivelser i saa Henseende mangler. Ogsaa dette Forhold kan være hensigtsmæsigt, idet en lavere Frekvens medfører en mindre Indflydelse af det »skadelige Rum« og dermed en bedre Udnytning — om man vil — af Respirationsluften. En lavere Frekvens og et større Aandedrætsvolumen vilde, som pludseligt indtrædende For-

andring, iflg. Liljestrand's Undersøgelser være uøkonomisk, især fordi en større Respirationsdybde forøger Brystkassens Modstand meget stærkt. Det maa imidlertid erindres, at saavel Brystkassens Form som dens Rumfang forandres successive under Træningen, specielt ved en Forskydning opad af den øvre Grændse for Inspirationen, og man kan derfor formode, at den nedsatte Frekvens netop er et Udtryk for den nye Ligevægtstilstand, som de forandrede mekaniske Forhold maa kræve.

Ogsaa Ventilationen bliver mindre, naar den centrale Indstilling af Respirationen bliver sikrere, og man finder derfor sjældnere hos Trænede de meget stærke Stigninger af den respiratoriske Kvotient under Arbejde.

Det respiratoriske Hvilestofskifte forøges i Træningsperioder, og Forhøjelsen holder sig i kortere eller længere Tid efter Træningens Ophør. Som man vil se af Tabellen (S. 166), andrager Forhøjelsen af Iltoptagelsen i Gennemsnit ca. 10 % af den sædvanlige Hvileværdi. De Tal, hvoraf Gennemsnittet er dannet, varierer imidlertid en Del, idet Stofskiftestigningerne viser sig tydeligt for hver Træningsdag og falder successive mellem disse. Dagen efter en anstrængende Træning kan Iltoptagelsen være forhøjet med mere end 20 %. Betydningen af denne Omstændighed kender man ikke, kun saa meget er sikkert, at det er en Merudgift paa Organismens Husholdningskonto. Paa den anden Side viser det foreliggende Forsøgsmateriale, at den Trænede udfører det samme Arbejde med et mindre Energiforbrug end den Utrænede; men herom udførligere i et senere Kapitel. At dette under i øvrigt lige Forhold betinger en større Ydeevne med Hensyn til Udførelsen af mekanisk Arbejde er klart, men dette Plus maa altsaa betales dermed, at Organismen, ogsaa naar der ikke stilles mekaniske Fordringer til den, maa udvikle mere Energi end i ikke trænet Tilstand.

Hjærtet og Kredsløbet. Det kan betragtes som

fastslaaet, at Øvelse forøger den relative Hjærtevægt, og at omvendt en høj relativ Hjærtevægt er en nødvendig Betingelse for at kunne præstere noget fremragende i Henseende til kraftige og navnligt hurtige Bevægelser. Man har endvidere antaget, at Træningen efter sit særlige Formaal virkede forskelligt paa Hjærtet i rent fysisk Henseende, saaledes at dets Form og Beliggenhed i nogen Maade skulde kunne paavirkes i vilkaarlig Retning. Disse Opgivelser, der paa Forhaand forekommer usandsynlige, trænger dog til nærmere Bekræftelse.

Hvorledes de tidligere omtalte circulatoriske Funktioner paavirkes af Træning fremgaar af nedenstaaende Tabel. Undersøgelsen omfatter kun en enkelt Forsøgsperson, men den er til Gengæld foretaget under meget gunstige Betingelser og fortjener derfor en vis Opmærksomhed.

Med Hensyn til Hvileforsøgene da maa Forskellen paa

J. J.	Antal Forsøg	Arbejde i kgm.	Minut-volumen	Iltoptagelse, cc. pr. Min.	Puls-frekvens	Slag-volumen	Udnytning
			Hvile.				
1912 Marts	10		4,8	270	77	62	56
August	11		5,35	270	64	86	50
1913 Aug.-Sept. (Træning)	14		7,3	297	55	134	41
October	2		5,65	275	55	103	48
1914 Marts	2		5,3	270	69	78	52
			Arbejde.				
1913 September (trænet)	1	669	15,3	(1620)	111	138	106
	1	850	16,45	(1970)	125	132	120
	1	1159	18,75	(2570)	131	143	137
1914 Marts (ude af Træning)	1	684	17,4	1645	(120)	(145)	94
	2	832	19,3	1927	130	149	100
	1	1116	24,9	2510	(150)	(166)	101

Minutvolumen i de to første Grupper antages at bero paa flere Faktorers Indflydelse. Dels maa det iflg. Analogier fra andre Forsøg antages, at Kredsløbet er underkastet en aarlig Periode i Lighed med dén, der gælder for de respiratoriske Funktioner, og at denne, der antages at skyldes Forandringer i Lysets Intensitet, gaar i den Retning, som Forsøgene viser; dels maa man ogsaa tænke sig den Mulighed, at den noget større Muskelvirksomhed, som de fleste Mennesker — og dette gælder i alt Fald det paagældende Forsøgsindivid, — udfolder om Sommeren, vil øve en vis Virkning i den omhandlede Retning. Virkningen af Træningen i 1913 er ikke til at tage Fejl af; Minutvolumen er forøget med ikke mindre end 2 L eller 38 %, hvis man regner ud fra Værdierne fra samme Maaned i det foregaaende Aar. Denne Stigning kan tildels skyldes det forhøjede Hvilestofskifte men ogsaa kun tildels; med uforandret Udnytning maatte dette nemlig medføre en Stigning af Minutvolumen paa omtrent 0,5 L. Den øvrige Stigning maa antages at have sin Aarsag i rent mekaniske Forhold, og det kan derfor ikke overraske, at Udnytningen gaar stærkt ned. Da Pulsfrekvensen i Træningsperioden er faldet stærkt, maa altsaa Slagvolumen være meget betydeligt forøget. De følgende Forsøg viser, hvorledes de enkelte Funktioner efterhaanden vender tilbage til de sædvanlige Hvileværdier.

Minutvolumen og Stofskifte er allerede efter 6 Ugers Forløb gaaet betydeligt ned; men da Minutvolumens Bevægelser er langt større end de samtidige Forandringer i Stofskiftet, finder man altsaa paany en stigende Udnytning af Blodets Ilt. Pulsfrekvensen synes, naar den én Gang er blevet stærkt nedsat, meget længe, maaske i aarevis, at holde sig lavere end tidligere. Hos denne Forsøgsperson er den i den første Periode efter Træningen endnu uforandret lav, og Hjærtets Slagvolumen er altsaa i dette Tidsrum endnu forhøjet.

Hvad Arbejdsforsøgene angaar, da maa det bemærkes,

at de under Træningsperioden i September udførte Forsøg lider under nogen Usikkerhed, idet Stofskiftet ikke er bestemt i de samme Forsøg men beregnet under den Forudsætning, at den mekaniske Nyttevirkning i de senere udførte Forsøg har været den samme som under Træningsperioden. Dette er næppe helt rigtigt, idet, som vi senere skal se, Nyttevirkningen forøges ved Træning. Saavel Stofskiftet som det reducerede Minutvolumen har altsaa været mindre i disse Forsøg, end Tabellens Tal angiver. Ikke desto mindre viser en Sammenligning mellem de to Forsøg med det største Arbejde, at Minutvolumen i Træningsperioden er 25 % mindre end i det senere Forsøg. Samtidig er Udnytningen af Blodets Ilt i Træningsforsøget steget med omtrent 36 %, og dette Tal er ikke beheftet med andre Fejl end dem, der er uadskilleligt forbundne med Metoden, idet Udnytningen beregnes af det direkte bestemte Minutvolumen og den i Kredsløbsforsøget fundne Iltoptagelse. Udnytningens Størrelse er derfor det egentlige Maal for den forbedrede Indstilling af Kredsløbet paa det foreliggende Arbejde, som er et af Træningens vigtigste Resultater. Hvad Kredsløbets anden Hovedfaktor, Pulsfrekvensen, angaar, da viser ogsaa denne en uimodsigelig Træningsvirkning, om end Forskellen hér er mindre end for Minutvolumens Vedkommende. Slagvolumen er ligeledes formindsket; i Henhold til, hvad der ovenfor er sagt om Beregningen af Minutvolumen i disse Forsøg, maa det endda antages, at Forskellen paa Slagvolumina i de to Forsøgsperioder er større, end det fremgaar af Tabellen.

Resultatet af de anførte Forsøg kan sammenfattes omtrent saaledes:

Træning bevirker i Hvile en Forøgelse af Stofskiftet, en i Forhold til denne endnu større Forøgelse af Minutvolumen og altsaa en daarligere Udnytning af Blodets Ilt. Endvidere medfører Træningen en meget betydelig Nedsættelse af Pulsfrekvensen og altsaa et stærkt forøget Slag-

volumen. Naar Træningen ophører, gaar disse Forandringer successive tilbage men med ret forskellig Hastighed, navnlig synes Pulsfrekvensen tilbøjelig til at holde sig meget længe paa et forholdsvis lavt Niveau.

Under Arbejde bevirker Træningen, at en givet Arbejdspræstation medfører en mindre Stigning af Stofskiftet end dén, man finder hos utrænede Personer ved det samme Arbejde; ligeledes vil Pulsfrekvensens Stigning blive mindre, og da dette i endnu højere Grad er Tilfældet for Minutvolumens Vedkommende, bliver ogsaa Slagvolumen hos den Trænede mindre end hos den Utrænede. Endelig bevirker Træningen en langt bedre Udnytning af Blodets Ilt under Arbejdsforsøgene, hvilket viser, at den nervøse Indstilling, der skal regulere Kredsløbet efter Arbejdets Fordringer, paavirkes i Retning af forøget Præcision under Træningsperioden.

Vil man herefter spørge, om da den sportslige Træning i Almindelighed maa opfattes som fordelagtig for Organismen, da bliver Svaret ikke let. Træningen har som omtalt flere Sider. Man tør vistnok i Almindelighed hævde, at det kan være værdifuldt for Organismen at holde Muskulaturen paa et vist ikke altfor lavt Niveau, tillige, at man indenfor sædvanligt forekommende Arbejdsformer og indenfor et passende Intensitetsomraade er i Stand til at begrændse Hjærtets og Respirationsmusklernes Andel i Arbejdet paa hensigtsmæsig Maade og at kunne udføre et Arbejde uden altfor mange Begyndervanskeligheder. Saameget vil man vistnok kunne opnaa gennem en vel tilrettelagt Motionsgymnastik. Men hvad den excessive sportslige Træning angaar, er Sagen en anden. Alene det at erhverve en nogenlunde høj Træningsstandard koster et ikke ringe Arbejde og en betydelig Tid; man maa ikke tro, at man nogensinde naaer til nogen højere Grad af Træning ved i Ny og Næ at tage sig en saa og saa kraftig Motion. En tysk sportsinteresseret Læge og aktiv Sportsmand,

Dr. Kolb, udtaler udtrykkeligt som sin Erfaring, at ingen, der nogensinde personligt har indladt sig paa at træne til en Sportskamp, vil paastaa, at en saadan Træning har noget at gøre med Rekreation. Har man imidlertid staaet Turen igennem, da er man rustet til at hævde sig paa det specielle Omraade, som Træningen har taget Sigte paa; men intet tyder paa, at man i Almindelighed har forbedret sine Chancer i Kampen for Tilværelsen. Derimod det sikkert, at Organismen har forøget sine »løbende Udgifter«; ogsaa under Hvile er Stofskiftet forøget, og, hvad der er mere betænkeligt, Hjærtets Arbejde er yderligere forøget under Hvile, idet Udnytningen af Blodets Ilt er forringet. Og denne Forøgelse andrager i det ovenfor meddelte Tilfælde ikke mindre end 43 % af Hvileværdien. Det turde herefter være paa sin Plads at anbefale en vis Varsomhed med Hensyn til Træning af Børn. Men nogen afgørende Dom om Træningens Værd eller ikke Værd for Individet kan forøvrigt ikke fældes paa Grundlag af de forhaandenværende Undersøgelser.

STOFSKIFTETS KVALITATIVE FORHOLD.

Blodet fører ikke blot Ilt til de arbejdende Organer, det medfører tillige Stoffer, hvoraf Organismen opbygger sine Væv, saavel som det Materiale, der tjener Organismen som Energikilde. Alle disse Stoffer kaldes under ét Næringsstoffer, de tilføres Organismen med Føden og optages af Cellerne efter at have undergaaet en Række mekaniske og kemiske Processer, der med et Fællesnavn kaldes Fordøjelsen. Forinden Stofskifteprocesserne betragtes nærmere, vil det imidlertid være hensigtsmæsigt at kaste et Blik paa nogle af de vigtigste af de Stoffer, hvoraf Legemet er opbygget.

Legemets kemiske Bestanddele.

Af de talrige (henimod 90) kendte

Grundstoffer findes kun forholdsvis faa i den dyriske Organisme; blandt disse er de vigtigste Metalloiderne: Kul, Brint, Ilt, Kvælstof, Svovl, Fosfor, Chlor og Jod samt Metallerne: Natrium, Kalium, Calcium, Magnium og Jærn. — Grundstofferne findes som Regel ikke i Organismen i fri Tilstand, men som kemiske Forbindelser. Kulstof, Brint, Ilt, Kvælstof, Svovl, Fosfor cg Jærn findes i det levende Protoplasma, medens de andre nævnte Stoffer, skønt nødvendige for Livets Bevarelse, ikke direkte indgaar i Dannelsen af

dette. De Stoffer, der maa betragtes som integrerende Bestanddele af Protoplasma, optages i den dyriske Organisme kun i organisk Binding, medens de andre kan optages i Form af Mineralsalte. En Undtagelse danner Ilt, der optages som fri Ilt fra Atmosfæren og findes som saadan opløst i Blodplasma. Ogsaa Kvælstof findes i fri Tilstand opløst i Blod og Væv; det frie Kvælstof deltager imidlertid ikke i Organismens kemiske Omsætninger, men dets Tilstedeværelse er en Følge af den atmosfæriske Lufts Kvælstofindhold. Det frie Kvælstof maa derfor betragtes som en »tilfældig« Bestanddel af Organismen, der ikke spiller nogen paaviselig fysiologisk Rolle; det kan derimod undertiden faa patologisk Betydning (Luftembolier hos Dykkere).

De kemiske Forbindelser deler man i uorganiske, Mineralstoffer, og organiske Stoffer eftersom de indeholder Kul eller ikke; en Undtagelse fra denne Regel danner dog Grundstoffet C og dets Forbindelser CO og CO_2 samt Karbonaterne, der sædvanligt afhandles sammen med

Mineralstofferne.

Disse deles atter i Syrer, Baser og Salte; en Særstilling indtager Vand, der som Regel ikke henføres til nogen af de nævnte Grupper.

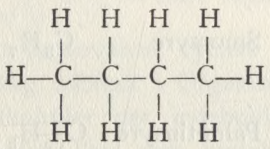
Vand danner Hovedmassen af det menneskelige Legeme; det udgør hos det voxne Individ omtrent 64 % af den samlede Vægt. Vandet hører til Cellens elementære Livsbetingelser; det er nødvendigt for, at Stofskiftet skal kunne foregaa. Af frie Syrer findes i Organismen Saltsyre, HCl, i Mavesaften samt H_2CO_3 i Blodet og flere Steder. Frie Baser findes ikke. De vigtigste forekommende Salte er NaCl, der findes i Lymfe og Blodplasma i en Mængde af omtrent 0,7 % og saaledes giver det væsentligste Bidrag til Opretholdelsen af disse Vædskers osmotiske Tryk; desuden findes i Blodet $CaCl_2$, der har Betydning for Koagulationen, $NaHCO_3$

og Na_2CO_3, der tillige forekommer i anselige Mængder i Bugspyttet og Tarmsaften, samt Na_2HPO_4, der i Forbindelse med disse har Betydning for Blodreactionens Regulering. I Vævscellerne optræder derimod Kaliumsaltene i størst Mængde saaledes i Musklerne og i de røde Blodlegemer. Endelig findes i Benjorden $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO_4)_2$ og $CaCO_3$ samt mindre Mængder af forskellige andre Salte.

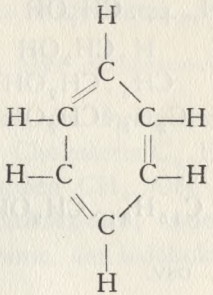
(De uorganiske Salte maa ikke forvexles med Organismens Askebestanddele, idet disse sidste indeholder adskillige Stoffer, der i den levende Organisme har været til Stede i organiske Forbindelser, saaledes en Del Fosfor og alt Jærn foruden andre ikke flygtige Stoffer).

De organiske Forbindelser,

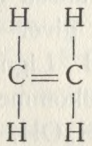
af hvilke der findes en overordentlig Rigdom, deles i to Hovedgrupper, eftersom deres Kulstofatomer er ordnede i aabne Kæder, alifatiske Forbindelser, Methanderivater, eller i lukkede Ringe, cycliske Forbindelser:



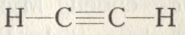
Butan



Benzol



Æthylen



Acetylen

De simpleste organiske Forbindelser indeholder kun Kulstof og Brint og kaldes derfor ***Kulbrinter.*** Ovenstaaende Formler giver Exempler paa forskellige Rækker af saadanne Stoffer. Fra Kulbrinterne kan en stor Del af de Stoffer, vi hér skal beskæftige os med, afledes ved Substitution af Brintatomer med andre Atomer eller Atomgrupper. Saaledes dannes af Kulbrinterækken Paraffinerne ved Iltning efterhaanden følgende Rækker:

Kulbrinte	C_nH_{2n+2}
Methan	CH_4
Æthan	C_2H_6
Propan	C_3H_8
osv.	

Aldehyd	$C_nH_{2n+1}.CHO$
Formaldehyd	$H.CHO$
Acetaldehyd	$CH_3.CH$

Alkohol	$C_nH_{2n+1}.OH$ eller $C_nH_{2n+1}.CH_2OH$
Methylalkohol	$H.CH_2OH$
Æthylalkohol	$CH_3.CH_2OH$
Propylalkohol	$C_2H_5.CH_2OH$
.	
.	
Cetylalkohol	$C_{15}H_{31}.CH_2OH$
. osv.	

Syre	$C_nH_{2n+1}.COOH$
Myresyre	$H.COOH$
Eddikesyre	$CH_3.COOH$
.	
Smørsyre	$C_3H_7.COOH$
.	
.	
Palmitinsyre	$C_{15}H_{31}.COOH$
Stearinsyre	$C_{17}H_{35}.COOH$
osv.	

Ved Iltning af Methan CH_4 dannes altsaa Methylalkohol $H.CH_2.OH$, der ved fortsat Iltning giver Formaldehyd $H.CHO$ og endelig Myresyre $H.COOH$. Lignende Rækker kendes for de cycliske Forbindelsers Vedkommende, saaledes Benzol C_6H_6, Benzylalkohol $C_6H_5.CH_2OH$, Benzaldehyd $C_6H_5.CHO$ og Benzoësyre $C_6H_5.COOH$.

Alkoholernes Valens er bestemt af Antallet af Hydroxylgrupper, hvorefter de benævnes monovalente, divalente osv. Hydroxylgrupperne antages bundne hver til sit Kulstofatom; den med disse forbundne Rest, i den ovenfor omtalte Række Gruppen C_nH_{2n+1}, kaldes Alkyl og kan forbinde sig med saavel organiske som uorganiske Syrerester til Alkylsalte eller Æthere. Den trivalente Alkohol Glycerin

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

danner saaledes med organiske Syrer, saakaldte »fede Syrer«, Alkylsalte, der er vel bekendte under Navn af Fedtstoffer; Svovlsyre, der dannes ved Nedbrydning af organiske Svovlforbindelser i Organismen elimineres af denne som Æthersvovlsyre, d. v. s. som Alkylsalte, navnligt dannede af visse cycliske Forbindelser.

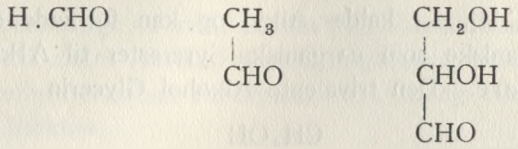
$CH_3 . COO . CH_3CH_2$ = Æthylacetat.

$C_2H_5^{H}\!>\!SO_4$ = Surt Æthylsulfat eller Æthersvovlsyre.

En monovalent cyclisk Alkohol, der forekommer overordentlig udbredt i Organismen er Cholesterin $C_{27}H_{45} . OH$.

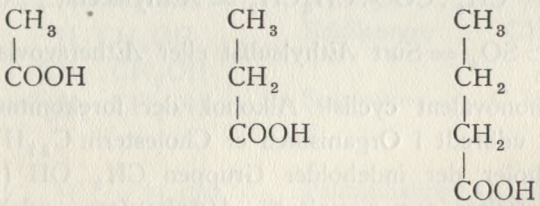
Alkoholer der indeholder Gruppen $CH_2 . OH$ (primære Alkoholer) iltes som omtalt til ***Aldehyder,*** indeholdende Gruppen CHO eller $-C(=O)-H$, saadanne, der indeholder Gruppen CH . OH (secundære Alkoholer), iltes til Forbindelser, ***Ketoner,*** som er karakteriserede ved at indeholde Atomgruppen C : O. Polyvalente Alkoholer kan samtidig indeholde saavel Alkoholgrupper som Aldehyd- eller Ketongrupper, dette gælder visse sammensatte Forbindelser, der sædvanligt gaar under Navn af Kulhydrater. Maaske dannes

disse ved Polymerisation af simplere Forbindelser; i alt Fald synes flere Aldehyder at danne vigtige intermediære Produkter under forskellige Omdannelser i Organismen. Saaledes



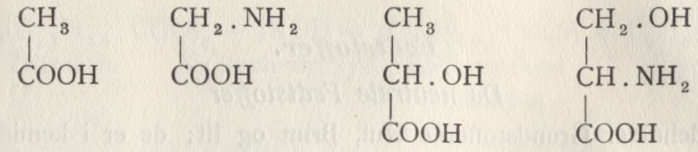
Formaldehyd Acetaldehyd Glyceraldehyd

De ***organiske Syrer***, hvis Fællesmærke er Atomgruppen Karboxyl, -COOH, og hvis Valens angives ved Antallet af saadanne Grupper, danner Salte saavel i Forbindelse med Metaller som med Alkyl. Fedtsyrernes Alkylsalte er allerede nævnte, deres Alkalisalte kaldes Sæber. $C_{15}H_{31}.COONa$ = Natriumpalmitat eller Natronsæbe. De fede Syrers Formler kan skrives som følgende Exempler viser.



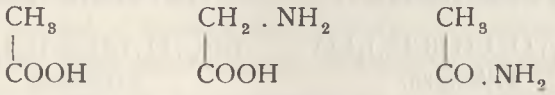
Eddikesyre Propionsyre Smørsyre o. s. fr.

Kulbrintegrupperne er betegnede med græske Bogstaver og regnede ud fra Karboxylgruppen. Substitueres Brintatomerne i disse, faar man dannet en Række forskellige Forbindelser, der imidlertid alle har bevaret Syrekaraktér. Substitutionsprodukterne benævnes Oxysyrer, Aminosyrer osv. eftersom man indfører Hydroxyl, Amid (NH_2), o. s. fr. i Syreradikalerne.



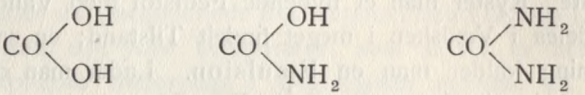
Eddikesyre — Glycokol (Aminoeddikesyre) — Mælkesyre (α—oxypropionsyre) — Serin (α—amino—β—oxypropionsyre)

Adskillige saadanne Stoffer dannes i Legemet; en særlig Interesse har Aminosyrerne, hvoraf de med selve Livet uløseligt forbundne Proteinstoffer er opbyggede. — Sker Substitutionen ikke i Syreradikalet men i Karboxylgruppen, da mister det paagældende Stof sin Syrekaraktér. Erstattes Karboxylbrinten med Metal eller Alkyl faar man altsaa et Salt, erstattes i den omhandlede Gruppe OH med NH_2, faar man en Amid



Eddikesyre — Aminoeddikesyre — Acetamid

Saadanne Stoffer dannes ved Proteinstoffernes Nedbrydning i Organismen:



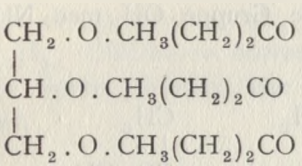
Kulsyre — Karbaminsyre — Karbamid (Urinstof)

Hovedmassen af de i den dyriske Organisme forekommende Stoffer kan sammenfattes i de tre Hovedgrupper Fedtstoffer, Kulhydrater og Proteinstoffer.

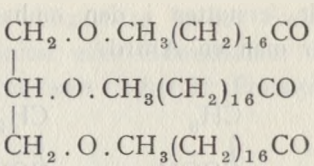
Fedtstoffer.

De neutrale Fedtstoffer

indeholder Grundstofferne Kul, Brint og Ilt; de er i kemisk Henseende i de fleste Tilfælde Triglycerider af fede Syrer, dog forekommer ogsaa andre Syrer, navnlig Oliesyre af Rækken C_nH_{2n-1}. COOH. De sædvanligt forekommende dyriske Fedtstoffer er Triglycerider af Palmitin-, Stearin- og Oliesyre; der findes sjældent mere end en Slags Syrerest i Molekylet, og Fedtets forskellige Konsistens beror da paa et forskelligt Blandingsforhold af de nævnte Stoffer. I Smør forekommer dog foruden de nævnte Syrer ogsaa lavere Led af Fedtsyrerækken med et lige Antal Kulstofatomer.



Tributyrin



Tristearin

Fedtarterne er i ren Tilstand farveløse Stoffer uden Lugt og Smag; de er uopløselige i Vand, derimod opløselige i Æther, Benzin og Chloroform samt i Opløsninger af galdesure Salte. Ryster man et flydende Fedtstof med Vand, vil det fordeles i Vædsken i meget findelt Tilstand; en saadan Opslemning kalder man en Emulsion. Lader man denne staa hen, da vil Fedtstoffet, hvis Vægtfylde er mindre end Vandets, samle sig paa Overfladen; det er dette, der indtræder, naar den naturlige Emulsion, Mælk, sætter Fløde. En kunstig Emulsion kan gøres holdbar, naar man tilsætter lidt Alkali eller Sæbe. Koges et Fedtstof med Alkali, vil det forsæbes, d. v. s., det vil spaltes til Fedtsyre, der i Forbindelse med Basen danner Sæbe, og fri Glycerin.

$$C_3H_5(C_{17}H_{35}.COO)_3 + 3KOH = 3C_{17}H_{35}.COOK + C_3H_5(OH)_3$$

Tristearin Kaliumhydroxyd Kaliumstearat (Kalisæbe) Glycerin

Forsæbningsprocessen paaskyndes af Alkohol som Katalysator; i Organismen foregaar den under Indvirkning af Enzymer. Sæberne er i Modsætning til de neutrale Fedtstoffer opløselige i Vand. Under Paavirkning af Enzymer eller ved Ophedning med Vanddamp kan Fedtstofferne hydrolyseres, under Optagelse af Vand spaltes, til Glycerin og frie Fedtsyrer. Naar Fedt udsættes for Luftens Paavirkning foregaar denne Proces spontant men temmelig langsomt; man siger da, at Fedtet bliver harsk.

Hvis et Fedtstof ophedes med $KHSO_4$, dannes en Slags Aldehyd, Akrolein, med en karakteristisk stikkende Lugt.

De naturligt forekommende Fedtstoffer har forskellig Sammensætning, hvilket dog først og fremmest beror paa en naturlig Forskel i Levevis hos forskellige Dyrearter, idet man ved at fodre med bestemte Fedtarter i høj Grad er i Stand til at paavirke Sammensætningen af det paagældende Forsøgsdyrs Fedtdepoter, ligesom denne Sammensætning vil kunne ændres ved rent ydre fysiske Indgreb. Det gælder nemlig som Regel, at Fedtet i den dyriske Celle forefindes i flydende Tilstand, og det vil derfor forandre Smeltepunkt dels efter det paagældende Fedtdepots Plads i Dyrets Legeme, dels efter den ydre Temperatur, som Dyret er udsat for. Fedtstofferne nedbrydes i Organismen gennem en Række Mellemstadier til Kultveilte og Vand.

Medens det Fedt, der findes oplagret i Organismen som Reservenæring, bestaar af Triglycerider, har flere af de Fedtstoffer, der produceres af Organismen selv, f. Ex. Secretet fra de saakaldte Talgkirtler, en anden Sammensætning. De indeholder ikke eller kun i meget ringe Grad Glyceryl men derimod Alkylgrupper af forskellige højmolekylære, monovalente Alkoholer navnlig af Cholesterin. Det bekendte

dyriske Fedtstof Lanolin bestaar næsten udelukkende af Cholesterinæthere.

$C_{15}H_{31}.COOC_{16}H_{33}$ Cetylpalmitat. $C_{17}H_{35}.COOC_{27}H_{45}$ Cholesterylstearat.

Saadanne Fedtstoffer kan optage en Del Vand uden dog at være opløselige; de angribes meget vanskeligt af Enzymer og bliver ikke harske. Cholesterinæthere findes for øvrigt ikke blot i Organismens Secreter men kan paavises som konstante Bestanddele af Cellernes Protoplasma, hvor de paa Grund af deres store Modstandsdygtighed maa antages at være knyttede til Cellens Strukturelementer.

Til Fedtstofferne hører foruden de hidtil omtalte en noget afvigende Gruppe, de saakaldte

Lecithiner.

Disse adskiller sig fra de neutrale Fedtstoffer derved, at den ene Fedtsyrerest er erstattet af Fosforsyre, der atter er delvis neutraliseret af en organisk Base,

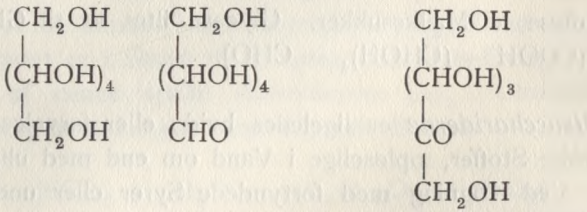
Cholin $(OH.N.C_2H_4OH.(CH_3)_3)$.

Lecithinerne, der altsaa indeholder saavel Fosfor som Kvælstof, er neutrale, ætheropløselige Stoffer, der forekommer meget udbredte i Organismen; særligt findes de i større Mængder i Centralnervesystemet.

Kulhydrater.

Kulhydraterne bestaar af Kulstof, Brint og Ilt; de to sidstnævnte Stoffer er i Kulhydratmolekylet som Regel til Stede i samme indbyrdes Mængdeforhold som i Vand. Hermed er Kulhydraterne dog ikke bestemte i kemisk Henseende, idet ogsaa andre Stoffer opfylder de nævnte Betingelser, de er som allerede omtalt Aldehyder og Ketoner af polyvalente Alkoholer og kan derfor brintes til Alkohol og iltes til Syre; deres almindelige Formel er $C_nH_{2n}O_n$. Kulhydraterne be-

nævnes efter Antallet af Kulstofatomer i Molekylet med Tilføjelse af Endelsen »ose«, altsaa Triose, Hexose o. s. fr. Det tidligere nævnte Glyceraldehyd er en Triose. De Kulhydrater, der i denne Forbindelse har Interesse, afledes alle af hexavalent Alkohol



Alkohol Aldehyd (Aldose) Keton (Ketose)

og inddeles i tre Grupper, af hvilke dog de to sidste er at opfatte som Anhydrider af den første, nemlig

Monosaccharider,	Disaccharider og	Polysaccharider
$C_6H_{12}O_6$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$n(C_6H_{10}O_5)$
Dextrose	Saccharose	Stivelse
Lævulose	Maltose	Glycogén
Galactose	Lactose	Dextrin
		Cellulose

*Monosaccharide*rne er farveløse, krystallinske, let opløselige Stoffer, der af et i den sædvanlige Gær forekommende Enzym, Zymase, spaltes i Alkohol og Kulsyre:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Disse Stoffer har tillige stærkt reducerende Egenskaber; de udfælder et Cuprisalt i alkalisk Opløsning som rødt Kobberoxydul (Fehlings Prøve), udfælder metallisk Wismuth af en alkalisk Opløsning af et Wismuthsalt (Alméns Prøve), affarver en alkalisk Safraninopløsning og giver ved Opvarmning med NaOH gul, senere brun, Farve og Lugt

af Karamél. Herhen hører Dextrose (Glycose, Druesukker), der findes i forskellige Frugter, og som i Legemet dannes ved Fordøjelse af Stivelse og ved Spaltning af Saccharose. Lævulose (Fructose) Frugtsukker, der ligeledes findes i Frugter, i Honning, og som i Organismen opstaar ved Spaltning af Saccharose, endelig Galactose, der dannes ved Hydrolyse af Mælkesukker. Glycose iltes let til Glycuronsyre ($COOH — (CHOH)_4 — CHO$).

Disaccharíderne er ligeledes hvide eller farveløse, krystallinske Stoffer, opløselige i Vand om end med ulige Lethed. Ved Kogning med fortyndede Syrer eller under Indvirkning af Fermenter hydrolyseres de, d. v. s., de optager et Molekyle Vand og spaltes til to Molekyler Monosaccharid:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$$

Saccharose, Rørsukker, er let opløseligt i Vand og Alkohol, det forekommer i Sukkerrør, Sukkerroer o. fl. Planter, kan ikke gære, og virker ikke reducerende. Ved Hydrolyse spaltes det til lige Dele Dextrose og Fructose.

Maltose, Maltsukker, er ligeledes meget let opløseligt, det dannes ved Maltning af Korn af det stivelsespaltende Enzym, Diastase, og ved Stivelsefordøjelsen; det spaltes til to Molekyler Dextrose.

Lactose, Mælkesukker, er ret tungt opløseligt i Vand og smager derfor mindre sødt end de to førstnævnte. Lactose findes i Mælk og danner Hovedmassen af den saakaldte Myseost. Mælkesukker hydrolyseres til Dextrose og Galactose af et i Tarmkanalen forekommende Enzym; under Paavirkning af en specifik Gæringsvækker omdannes det til Mælkesyre:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4C_3H_6O_3.$$

*Polysaccharide*rne er hvide, ikke krystallinske Pulvere, der forholder sig forskelligt overfor Opløsningsmidler; de hydrolyseres ligesom Disaccharide*rne* til Monosaccharider:

$$n(C_6H_{10}O_5) + nH_2O = nC_6H_{12}O_6.$$

Stivelse dannes i den chlorophylholdige Plantecelle, idet Bladgrøntet er i Stand til at optage Sollysets Energi og ved Hjælp af denne spalte Atmosfærens CO_2. Omsætningen maa antages at foregaa efter følgende Skema:

$$n(6CO_2 + 5H_2O) = n(C_6H_{10}O_5) + 6nO_2.$$

(Man antager af forskellige Grunde, at Stivelsens empiriske Formel er 100 $C_{12}H_{20}O_{10}$ hvilket svarer til en Molekylvægt af 32400.)

Den saaledes dannede Stivelse tjener dels til fortsatte Synteser, dels som Energikilde; saaledes danner Stivelsen ved Hydrolyse Dextrose, der atter kan reduceres til Fedtsyrer: $3C_6H_{12}O_6 - 8O_2 = C_{18}H_{36}O_2$ eller kan optage Amidgrupper som i $CH_2 . OH - (CH . OH)_3 - CH . NH_2 - CHO$, Glycosamin. Stivelse er uopløselig i koldt Vand, men giver med kogende Vand en opaliserende Opløsning, der gelatinerer ved Afkøling. Med frit Jod giver Stivelsen en stærk blaa Farve, der forsvinder ved Opvarmning men atter vender tilbage ved Afkøling. Ved Behandling med svage Alkalier eller Syrer i Kulden kan Stivelse bringes paa opløselig Form; ved Kogning med fortyndede Syrer eller under Paavirkning af Amylaser omdannes den gennem Dextriner til Maltose. I den dyriske Organisme erstattes Stivelsen af

Glycogén, et Polysaccharid, der af Enzymer i Leveren opbygges af Monosaccharider. Glycogén er ret tungt opløseligt i Vand, og Opløsningen er opaliserende; den giver en stærk rødbrun Farve med Jod. Glycogén findes aflejret i Lever og Muskler; det hydrolyseres atter til Glycose.

Dextriner kaldes en Række Nedbrydningsprodukter af Stivelse, der er gullige, let opløselige Masser, som ved fortsat Hydrolyse efterhaanden gaar over til Maltose. Nogle Dextriner farves rødviolette af frit Jod.

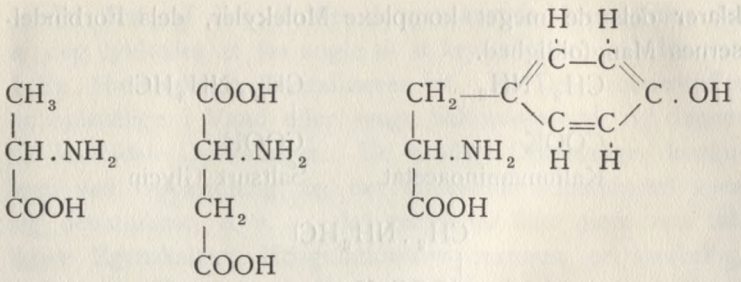
Cellulose, der rimeligvis er en Blanding af flere Stoffer, danner Hovedbestanddelen af Planternes Cellemembran; den er uopløselig i alle almindelige Opløsningsmidler, men kan ved længevarende Indvirkning af stærke Mineralsyrer, ligesom ogsaa under Paavirkning af visse Bakterier omdannes til Dextrose. Den paavirkes ikke af noget i det menneskelige Legeme forekommende Enzym.

Naar Kulhydraterne nedbrydes i Organismen, dannes der rimeligvis en Række intermediære Stofskifteprodukter, hvoriblandt Mælkesyre og rimeligvis ogsaa Alkohol; Nedbrydningen er for øvrigt fuldstændig, Slutningsresultatet er Kultveilte og Vand.

Proteinstoffer.

Protein-, Albumin- eller Æggehvidestofferne indeholder foruden Grundstofferne C, H og O tillige Kvælstof; de fleste indeholder desuden Svovl, nogle Fosfor og enkelte Jærn. I kemisk Henseende er de endnu utilstrækkeligt kendte; deres meget store Molekyler synes dog i Hovedsagen opbyggede af de ovenfor nævnte Aminosyrer, men desuden findes i alt Fald indenfor visse Undergrupper ogsaa andre Kombinationer, f. Ex. saadanne Atomkomplexer, som er karakteristiske for Kulhydraterne, Glucosamin, og saakaldte Puringrupper. Proteinstofferne indeholder ligeledes Askebestanddele, der ikke fuldstændig lader sig fjærne ved Dialyse.

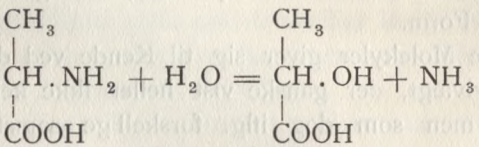
Som Exempler paa de Enheder, hvoraf disse sammensatte Stoffer er opbyggede, skal følgende anføres (se tillige under Syrer):



Alanin (α-Aminopropionsyre) Asparaginsyre (α-Aminoravsyre) Tyrosin (Paraoxyphenylalanin)

Man kender henved en Snes Aminosyrer, der i meget forskellige Mængdeforhold indgaar i de naturligt forekommende Proteinstoffer. Hvad Planterne angaar, da ved man, at de selv er i Stand til at danne de nødvendige Aminosyrer; det er derimod uvist, i hvilken Udstrækning disse kan dannes i den dyriske Organisme. Det synes imidlertid sikkert, at de højere Dyr ikke kan danne Aminosyrer, der indeholder Benzolringen, saasom Tyrosin og Tryptophan, og saadanne maa altsaa i færdig Tilstand tilføres Organismen med Føden.

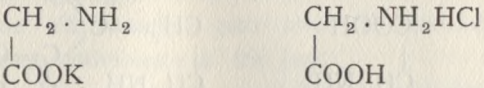
Aminosyrerne kan i Organismen spaltes til Ammoniak og Oxysyrer og enkelte af dem kan utvivlsomt ogsaa opbygges af disse Elementer.



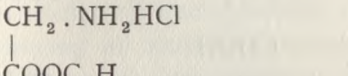
Alanin Mælkesyre Ammoniak

Den Omstændighed, at Aminosyrerne indeholder ikke alene Syregruppen —COOH, men ogsaa den basiske Amidgruppe, $—NH_2$, bevirker, at de er i Stand til at forbinde sig saavel med basiske som med sure Radikaler, og dette for-

klarer dels de meget komplexe Molekyler, dels Forbindelsernes Mangfoldighed.

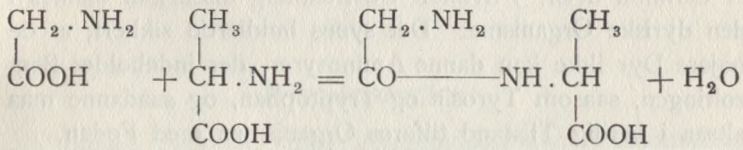


Kaliumaminoacetat Saltsurt Glycin



Saltsur Aminoeddikeæther

I de saakaldte Peptidbindinger er to Aminosyremolekyler forenede direkte, idet det ene Molekyles Carboxylgruppe træder i Forbindelse med Aminogruppen i det andet under Udskillelse af Vand.



Glycokol Alanin Glycylalanin

Ved fortsatte saadanne Bindinger dannes Polypeptider, som det er lykkedes at fremstille syntetisk, endog i temmelig kompliceret Form.

De store Molekyler giver sig til Kende ved den meget høje Molekylvægt, der ganske vist heller ikke kendes med Sikkerhed, men som dog iflg. forskellige samstemmende Undersøgelser naaer op i Tusinder. Man tillægger saaledes Oxyhæmoglolinet en Molekylvægt paa henved 17000, medens den for Proteinstofferne i Serum antages at ligge omkring 30000—50000.

Proteinstofferne frembyder i kemisk Henseende en Række Ejendommeligheder.

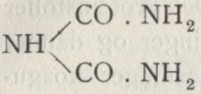
De fleste af disse Stoffer danner amorfe Masser, men det er dog lykkedes at faa nogle til at krystallisere; enkelte som f. Ex. Hæmoglobin krystalliserer let. En Del Proteinstoffer er opløselige i Vand eller svage Saltopløsninger og danner da kolloidale Opløsninger. De vandige Opløsninger koagulerer ved Opvarmning, og det udfældede Albuminstof viser sig denatureret, d. v. s, det genvinder ikke mere sine tidligere Egenskaber; Koagulationstemperaturen er forskellig, hvilket har Betydning i den kvalitative Analyse. Proteinstofopløsninger fældes ligeledes af stærke Mineralsyrer i Kulden; lader man en Æggehvideopløsning forsigtig glide ned langs Siderne af et Reagensglas, hvori der er stærk, kold HNO_3, vil der paa Grændselaget mellem de to Vædsker udfældes Æggehvide, som en mere eller mindre kompakt Skive, (Heller's Prøve). Æggehvidestofferne kan »udsaltes«, d. v. s. fældes af Opløsninger af Mineralsalte, en Fremgangsmaade, der anvendes meget i den analytiske Kemi. De denatureres ikke ved Fældningen men kan, naar Saltet fjærnes f. Ex. ved Dialyse, atter opløses. Proteinstofferne fældes af Alkohol men kan atter bringes i Opløsning, hvis Alkoholen hurtigt fjærnes; i modsat Fald vil de denatureres. Endelig fældes Proteinstofferne af Picrinsyre og af Garvesyre. Det sidstnævnte Fældningsmiddel har stor praktisk Interesse (Garvning).

Proteinstofferne giver med forskellige Reagenser en Række af Farvereactioner, der hver især beror paa Tilstedeværelsen af bestemte Aminosyrer, saaledes

Xanthoproteinreactionen. Hvis man til et Æggehvidestof sætter lidt rygende Salpetersyre, faar man en stærk straagul Farvning, der ved Tilsætning af Overskud af Alkali bliver orangerød. Denne Reaction fremkommer ofte paa de kemiske Laboratorier for Begyndere, hvor man spilder Salpetersyre paa sine Fingre.

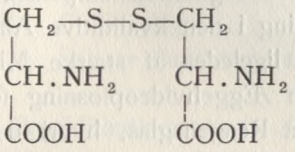
Biurétreactionen udføres paa den Maade, at man til en alkalisk Æggehvideopløsning sætter et Par Draaber Kob-

bersulfatopløsning; der fremkommer da en smuk rødviolet Farve. Denne Farve beror paa en Forbindelse af Biuret



med Alkali og Kobberilte.

Proteinstofmolekylets Svovl er knyttet til den svovlholdige Aminosyre Cystin,



som giver sig til Kende derved, at Vædsken farves sort, naar man koger en stærk alkalisk Æggehvideopløsning med Blyacetat. Den sorte Farve beror paa Dannelsen af Svovlbly, PbS. En lignende Reaction fremkaldes i Hverdagslivet, naar man lader en Sølvske staa hen i kogte hakkede Æg, idet Skeen da overtrækkes med et sortebrunt Beslag af Svovlsølv, Ag_2S.

Koger man et Æggehvidestof med stærke Syrer eller Alkalier, vil dette, selv om det i Forvejen var koaguleret, gaa i Opløsning, idet der dannes kemiske Forbindelser, Acidalbuminer eller Alkalialbuminater, der antages at være mindre komplicerede end de genuine Proteinstoffer. Fortsættes Kogningen, dannes der ved Hydrolyse en hel Række af let opløselige, mindre sammensatte Forbindelser, idet Peptidbindingerne løsnes under Optagelse af Vand. Man har givet disse Spaltningsprodukter Navnene: Proteoser, Peptoner, Polypeptider og Aminosyrer; kun de to første af disse Grupper giver Biuretreaction. Den samme Omdannelse foregaar i Organismen under Indvirkning af proteolytiske Enzymer. Fortsættes Kogningen med stærke Alkalier tilstrækkelig længe, vil Proteinstoffet efterhaanden destrueres, hvorved der bl. a. opstaar Ammoniak, der kan paa-

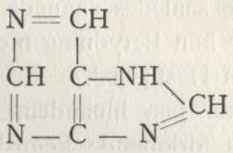
vises ved at holde fugtigt rødt Lakmuspapir i Dampene fra Kogekarret.

Proteinstofferne inddeles i forskellige Undergrupper, der dog endnu paa flere Maader er vagt definerede og skifter fra Aar til Aar. Saadanne Undergrupper er

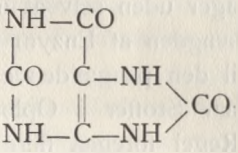
De egentlige Albuminstoffer, der er opløselige i Vand (Albumin) eller svage Saltopløsninger (Globulin); de findes i Kød samt i Æggehvide, Mælk, Blodserum, hvoraf de kan udsaltes; de koagulerer ved Opvarmning. Nærmest til Globulinerne slutter sig det fosforholdige Casein i Mælk (se senere).

De sammensatte Proteinstoffer (Proteider), der atter falder i flere Afdelinger, saasom de farvede Forbindelser, hvortil hører Hæmoglobin (se under Blod), Glycoproteider, der indeholder Kulhydratgrupper, og hvortil hører Mucin eller Slimstof, og Nucleoproteider, der forekommer i Cellekærner og paa forskellig Maade kan spaltes til Protein og Nucleinsyrer.

Nucleinsyrerne spaltes tilsidst i en fosforholdig Del samt i saakaldte Purinbaser, der atter iltes til Urinsyre.



Purin



Urinsyre
(Trioxypurin)

Dette Stof ligner i Sammensætning de virksomme Stoffer i Kaffe og The.

Albuminoider, der er meget resistente overfor Syrer og Alkalier. Herhen hører Kollagén, der i forskellige Modifikationer findes i Knoglernes Grundsubstans, i Bindevæv osv. Kollagén er uopløseligt i koldt Vand men opløses ved Kogning; Opløsningen stivner ved Afkøling (Lim). Hertil hører endvidere Keratiner, Hornstoffer, der forekommer i Horn,

Fjer, Haar og Negle; disse Stoffer er meget modstandsdygtige og indeholder forholdsvis store Mængder af Svovl.

Den dyriske Celle kan ikke saaledes som Plantecellen selv opbygge sine Proteinstoffer af mineralske Bestanddele, derimod kan Æggehvide nedbrydes i den dyriske Organisme om end ikke fuldstændigt, idet Kvælstoffet forlader Legemet i organisk Binding som Urinsyre og først og fremmest som Urinstof.

Proteinstofferne maa antages at have forskellig Konstitution hos de forskellige Dyrearter; en anden Gruppe af artsegne, meget sammensatte organiske Stoffer, hvis kemiske Konstitution er ubekendt, men som maa antages at staa Proteinstofferne forholdsvis nær, danner de saakaldte

ENZYMER.

Enzymerne (Fermenterne) danner kolloidale Opløsninger, hvoraf de fældes med Alkohol; de kendes for øvrigt kun gennem deres Virkninger, der er analoge med de uorganiske Katalysatorers. Enzymerne paaskynder altsaa kemiske Omsætninger uden selv at indgaa i de saaledes dannede Stoffer, og Mængden af Enzym har derfor kun Betydning med Hensyn til den paagældende Reactions Hastighed.

Naar Stoffer i Opløsning virker paa hinanden, vil der som Regel foregaa flere jævnsides forløbende kemiske Processer. Hvis et eller andet Stof spaltes i flere Komponenter, da vil der samtidig med Spaltningen kunne foregaa en Syntese af Spaltningsprodukterne, og Spaltningsprocessen behøver derfor ikke at medføre det paagældende Stofs fuldstændige Forsvinden, men det samlede Resultat af de kemiske Omsætninger vil blive en Ligevægtstilstand mellem de opløste Stoffer, hvis Beliggenhed er bestemt ved den kemiske Massevirkningslov. Hvis man blander Alkohol og Eddikesyre i passende Forhold, vil der dannes en vis Mængde Eddikeæther under Udskillelse af Vand, og man vil opnaa en Lige-

vægtstilstand bestemt ved Concentrationen af de fire Stoffer: Alkohol, Syre, Alkylsalt og Vand. Begynder man med at blande Alkylsalt og Vand i passende Forhold, da vil efterhaanden Alkylsaltet delvis spaltes i Syre og Alkohol under Optagelse af Vand, og man vil atter faa en Ligevægtstilstand mellem de fire Komponenter. Ligevægtstilstanden vil i et saadant Tilfælde være den samme, hvadenten Processerne tager deres Begyndelse i den ene eller den anden af de to Blandinger, og hvadenten der er en Katalysator til Stede eller ikke. Men en Katalysator vil paaskynde Tidspunktet for Ligevægtstilstandens Indtræden, desto mere, jo mere Katalysator der er til Stede, og den vil ofte paaskynde Reactionshastigheden enormt. Selve Katalysens Mekanisme er endnu ubekendt; den er rimeligvis ikke den samme i alle Tilfælde.

Enzymerne medvirker altsaa savel ved assimilatoriske som ved dissimilatoriske Processer; de er den levende Celles Værktøj, men, da de ikke er organiserede, kan de, naar deres Arbejdsbetingelser for øvrigt er til Stede, ogsaa udfolde deres Virkninger udenfor Organismen. Ofte findes Enzymerne ikke færdigdannede i Cellerne men maa »aktiveres« af andre Enzymer, saakaldte Kinaser, eller simplere Forbindelser, før de kan udfolde deres Virkninger.

De fleste Enzymer har et Temperaturoptimum, d. v. s., der findes en Temperatur, hvor deres Virkning er mest udpræget; for de i det menneskelige Legeme forekommende Enzymers Vedkommende ligger dette ved omtrent 38^0. Kemiske Omsætninger paaskyndes ved stigende Temperatur. Naar Temperaturstigningen ved enzymatiske Processer først virker fremmende og derefter hemmende paa disse, da beror det paa, at Enzymerne, især i vandig Opløsning, er instabile Stoffer, der let destrueres, og denne Destruktionsproces paaskyndes ligeledes ved stigende Temparatur. Den optimale Temperatur for en enzymatisk Proces er da dén, hvor Forholdet mellem Enzymets katalytiske Virkning og dets De-

struktionshastighed er det gunstigst mulige. Enzymerne fordrer desuden en bestemt Reaction i det Medium, i hvilket de virker; de er i denne Henseende ret bestemt begrændsede og destrueres forholdsvis let, hvis Reactionen er stærkt afvigende fra den optimale. Endelig har Enzymerne specifik Virkning, d. v. s., de virker kun til at omdanne et ganske bestemt Stof til et andet Stof; man har brugt det Billede, at Enzymet skal passe til den Opløsning, i hvilket det virker, som Nøglen til Laasen. — Man har delt Enzymerne i Grupper svarende til de Stoffer, paa hvilke de virker, saaledes Amylaser, der spalter Stivelse, Maltase, der spalter Maltose, Lipaser, der spalter Fedt o. s. fr. Ud fra en anden Inddelingsgrund har man delt dem i saadanne, der foraarsager Hydrolyse, hvilke atter underafdeles i lipolytiske, proteolytiske osv., i saadanne, der giver Anledning til Iltningsprocesser, Oxydaser, og endnu flere. — De enkelte Enzymer vil i det Følgende blive omtalte paa de Steder, hvor de iflg. deres Virkninger hører hjemme.

FORDØJELSEN.

Da intet Stof kan passere Tarmkanalens Vægge i uopløst Tilstand, og da de fleste Næringsstoffer findes i Føden ikke blot i uopløst men som Regel ogsaa i uopløselig Form (Stivelse, Fedt, koaguleret Æggehvide), maa Føden undergaa gennemgribende kemiske Processer, før den kan opsuges. Disse kemiske Omsætninger foraarsages af Fermenter, der afsondres fra Fordøjelseskanalens Kirtler. Men for at Føden skal kunne komme i tilstrækkelig intim Berøring med Fordøjelsessecreterne, maa den behandles ogsaa rent mekanisk, hvilket sker bl. a. ved Tygningen. En Behandling i bægge de nævnte Retninger, den man dog ikke medregner til Fordøjelsen i egentlig Forstand, undergaar Føden allerede, forinden den kommer ind i Fordøjelseskanalen, under Tilbere-

delsen, idet Kogning, Bagning, Stegning ect. saavel mekanisk som kemisk paavirker Stofferne.

Det, at bringe Næringsstofferne i Føden paa opløselig Form, er imidlertid kun én af Fordøjelsens Opgaver; som Regel vil den Nedbrydningsproces, der i denne Henseende er nødvendig, fortsættes adskillige Trin længere ned, end Hensynet til Opløseligheden fordrer det; selv et saa let opløseligt Stof som Rørsukker opsuges ikke i uomdannet Form. Ligesaalidt kan Proteinstofferne optages som Proteoser, skønt disse er letopløselige. Det synes at være Fordøjelsens anden Hovedopgave at spalte Fødens Næringsstoffer saa langt ned, som Hensynet til de paafølgende Synteser kræver; de assimilerede Nedbrydningsprodukter skal nemlig som Regel ikke, — for Menneskets Vedkommende aldrig, — tjene til Opbygning af de samme Stoffer, som fandtes i Føden, men til de for den paagældende Organisme ejendommelige Stoffer. Det har vist sig i alt Fald for Proteinstoffernes Vedkommende, at disse er specifike for Arten; indføres artsfremmed Proteinstof direkte i Blodbanerne, vil det blive elimineret gennem Nyrerne i uforandret Tilstand; har man gentaget dette nogle Gange, da vil der i Forsøgsdyrets Blod kunne paavises Stoffer, der fælder den paagældende Form for Æggehvide af dens Opløsninger. Fældningen sker ved Hjælp af Antistoffer.

Det vil formentlig være det mest formaalstjenlige at gennemgaa Fordøjelsen saaledes, at Fordøjelseskanalens anatomiske Inddeling lægges til Grund; og vi begynder da med

FORDØJELSEN I MUNDHULEN.

I Munden behandles Føden saavel kemisk som navnlig mekanisk. Den mekaniske Behandling, Tygningen, bestaar i en Findeling af Føden navnlig ved Hjælp af de brede, ujævne Tyggeflader paa Kindtænderne. Under Tygningen gennempalperes Føden af Tungen, og tillige blandes

den med en Del Kirtelsecreter, der med et fælles Navn kaldes Spyt, og som bl. a. indeholder Mucin, der ved at blandes intimt med Føden letter dennes Passage gennem Svælget og Oesophagus.

Den kemiske Behandling, som Føden undergaar i Mundhulen, skyldes Stoffer indeholdte i Spyttet. Dette afsondres fra de tre Par store Spytkirtler samt fra talrige smaa Kirtler i Mundens Slimhinde. Det blandede Spyt indeholder ca. 99 % Vand, næppe 1 % faste Stoffer, dels organiske, dels Mineralstoffer. Blandt de første maa nævnes Enzymet Ptyalin samt Mucin, blandt Mineralstofferne Chlorider og Fosfater af Alkalimetallerne samt noget Calciumbicarbonat, der, naar Spyttet træder ud i Mundhulen, afgiver CO_2 og omdannes til $CaCO_3$, der er uopløseligt og derfor udfældes paa Tænderne som Tandsten. Spyttet er opaliserende og reagerer meget svagt alkalisk. Der er forøvrigt nogen Forskel paa Secretet fra de enkelte Kirtler; saaledes er Parotisspyttet tyndflydende og indeholder Hovedmassen af Ptyalin, Submaxillarisspyttet er mere tykflydende, indeholder mindre Ptyalin men til Gengæld Mucin, og Sublingualisspyttet er næsten udelukkende mucinholdigt. Den kemiske Virkning af Spyttet skyldes Ptyalinet, der spalter Stivelse til Dextrin og efterhaanden til Maltose. Ptyalinet virker bedst i neutral Vædske og taaler kun smaa Afvigelser fra denne Reaktion; det virker ved Legemstemperatur ret hurtigt, og Nedbrydningen af Stivelse er derfor kendelig, skønt Føden som Regel kun opholder sig kort Tid i Munden; hvis man holder en varm Stivelseopløsning i Munden i et Minut og derpaa spytter den ud, vil den give tydelig Sukkerreaction. Ved Opvarmning til ca. 70° destrueres Ptyalinet.

Spytsecretionen foregaar stadigt men er ikke altid lige stærk; man antager, at et Menneske i Døgnet producerer godt og vel 1 Liter Spyt. Den stærkere Secretion under Fordøjelsen kommer i Gang reflektorisk; de secretoriske Reflexer udløses dels fra Mundslimhinden gennem dennes affe-

rente Nerver navnligt fra Smagsorganerne, dels fra Næseslimhinden, dels gennem Øjet; endelig kan ogsaa ad rent psychisk Vej »Tænderne bringes til at løbe i Vand«.

Fordøjelsen i Mundhulen har da følgende Resultat: Ved Hjælp af Føle- og Smagssansen undersøges Føden, hvis eventuelle skadelige eller utjenlige Bestanddele man saaledes i Tide bliver i Stand til at eliminere; derefter findeles den ved Tygningen og blandes intimt med Spyttet, hvorved den delvis opløses og antager en slimet Karaktér saaledes, at den bliver egnet til Synkning. Tillige omdannes en Del af Stivelsen til Dextrin og Sukker.

Synkning og Brækning.

Naar Føden er færdigbehandlet i Mundhulen, synkes den. Synkningen er en meget kompliceret Reflexakt, der indledes vilkaarligt ved at lidt Spyt, Partikler af Føden el. lign., bringes i Berøring med Svælgets Slimhinde. Sker dette, da foregaar der efterhaanden følgende: Idet M. mylohyoideus kontraherer sig, løftes Tungen op mod Ganen og føres stærkt bagud, tilsidst tillige lidt nedad; samtidig med Tungens Bevægelse lukkes Naso-pharynx, idet den bløde Gane løftes og føres tilbage, til den berører bageste Svælgvæg; endvidere lukkes Aditus superior laryngis, idet Strubehovedet hæves stærkt og trækkes noget fremad saaledes, at Epiglottis, naar Tungeroden bevæger sig bagud og nedad, kommer til at lægge sig over Aabningen; Lukningen af Luftvejene sikres yderligere derved, at de »falske Stemmebaand« nærmes til hinanden, og Glottis lukkes. Føde, der paa det Tidspunkt, da Bevægelsen indlededes, fandtes paa den bageste Del af Tungen, vil paa denne Maade blive ført ud i den midterste Del af Svælget, og herfra vil der, naar Ganebuerne slutter til Tungen, kun være én Vej videre frem, nemlig gennem Oesophagus. Sidstnævnte Vej frembyder sig naturligt, idet Pars laryngea pharyngis og den øverste Del af Oeso-

phagus, naar Larynx trækkes fremad—opad, udvider sig tragtformet. Endvidere lettes Fødens Passage ned i Oesophagus dels derved, at Svælgets Konstriktorer kontraherer sig, hvorved der kommer et vist Overtryk i Svælgrummet, hvilket f. Ex. viser sig ved, at flydende Føde, naar Velum palatinum er lammet, løber ud gennem Næsen under Synkebevægelsen, dels lettes den videre Passage derved, at Ringmuskulaturen i Oesophagus slappes, medens de længdeløbende Muskler kontraherer sig, hvorved Kanalen bliver videre og kortere; endelig medvirker ogsaa Fødens Vægt. Naar Føden er kommet ned i Oesophagus, glider den videre ned mod Cardia. Hvis det drejer sig om flydende eller godt gennemtygget fast Føde, da varer Passagen kun faa Secunder, idet mucinholdige Kirtelsecreter fra Kanalens Vægge yderligere befordrer Bevægelsen; drejer det sig derimod om tørre Ting, da kan Passagen tage adskillige Minutter. Under sædvanlige Forhold stopper Føden op ved Cardia, idet denne Aabning ikke udvider sig helt men lader Føden passere i jævn, ikke for stærk Strøm. Fødens Bevægelse i Oesophagus lettes om fornødent ved peristaltiske Bevægelser i dennes Vægge. — Den hele Reflexmekanisme dirigeres fra et Centrum i Medulla oblongata og Reflexen udløses gennem Svælgvæggens afferente Nerver. Processen indledes som omtalt vilkaarligt, men derefter er den unddraget Bevidstheden og kan kun hindres ved, at de paagældende motoriske Nerver overskæres. Fra Svælgvæggen udløses samtidig med Synkereflexen hemmende Impulser til Respirationscentret, hvis Virksomhed standses under Synkningen. Har man holdt Vejret, indtil man føler en næsten uimodstaaelig Trang til at aande, og foretager man i dette Øjeblik en Synkebevægelse, da føler man tydeligt, at Respirationscentrets Virksomhed er suspenderet, saa længe denne staar paa.

En lignende kompliceret Reflexmekanisme har man i Brækningsakten, en Afværgebevægelse, hvorved Organismen skiller sig af med skadelige eller uhensigtsmæsige

Stoffer, der med Føden er kommet ned i Ventriklen, eller med et alt for rigeligt Indhold i denne Brækningen foregaar ved Hjælp af Bugpressen, altsaa Mellemgulv og Bugmuskler, maaske med Hjælp ogsaa af Ventriklens egen Muskulatur. Idet Bugpressen virker kraftigt, afslappes Lukkemusklen ved Cardia, Oesophagus stiller sig som under Synkning, Larynx og Velum palatinum lukker som ovenfor beskrevet for Luftvejene, og Respirationen indstilles; Tungen er som under Synkningen trukket tilbage men tillige stærkt nedad, og Munden aabnes saaledes, at Ventrikelindholdet kan udtømmes ad denne Vej. — Brækningsakten har et overordnet Centrum i Medulla oblongata; den kan fremkaldes ad central Vej ved visse Medikamenter, men som Regel fremkaldes den reflektorisk. Reflexerne udløses dels gennem Smags- eller Lugtesansen, dels ved mekanisk Irritament fra Svælget, dels ved Paavirkning af Ventrikelslimhinden og endelig ad psychisk Vej.

FORDØJELSEN I VENTRIKLEN.

Endnu i Ventriklen underkastes Føden mekanisk Behandling, men tillige foregaar i denne i større Udstrækning end i Mundhulen kemiske Omsætninger.

Ventrikelvæggens Bevægelser bestaar i længdeløbende Kontraktionsbølger særligt i Pars pylorica; herved foregaar der en Æltning af den allerede stærkt omdannede Føde, der, idet den blandes med Mavesaft, tilsidst danner en ret tyndflydende, vællingagtig Masse, Chymus, der i forholdsvis smaa Portioner sprøjtes ind i Duodeum, idet Sfincter pylori rhytmisk aabner og lukker sig.

Den kemiske Behandling af Føden i Ventriklen foregaar ved Hjælp af Mavesaften. Denne er i frisk Tilstand en klar. farveløs, stærkt sur Vædske, der indeholder mindre end 1 % Tørstof. De faste Bestanddele er dels Mineralsalte af lignende Beskaffenhed som i Spyttet, dels nogle Enzymer,

hvoriblandt først og fremmest Pepsin. Desuden indeholder Mavesaften 0,3—0,5 % Saltsyre. Pepsinet er et proteolytisk Enzym, der, hvad Temperaturforholdene angaar, opfører sig omtrent som Ptyalin, men som, hvad Reactionen angaar, kun virker i sur Vædske, bedst ved en Surhedsgrad, der omtrent svarer til Ventrikelindholdets. Mavesaften afsondres af de utallige smaa Kirtler i Ventrikelslimhinden, men Secretet er ikke ens fra alle Kirtler; kun Kirtlerne i Fundus afsondrer Saltsyre, der produceres af de i disse Kirtler forekommende »Belægningsceller«.

Mavesaftsecretionen foregaar tildels reflektorisk, idet secretoriske Reflexer udløses fra Mundslimhinden, fra Næsen eller gennem Øjet og forløber i efferente Baner i Nn. vagi. Dette har man kunnet overbevise sig om ved at anlægge en Oesophagusfistel paa et Forsøgsdyr saaledes, at den sunkne Føde ikke naaer ned i Ventriklen, samt ved Anlæggelse af en kunstig Aabning paa denne; det viser sig da, at Mavesaftsecretionen foregaar paa naturlig Maade, saalænge Vagi er ubeskadigede, derimod kommer der ingen Secretion, naar Føden hindres i at komme ned i Ventriklen, og naar tillige Vagi gennemskæres. Dels kommer Mavesaftsecretionen ogsaa i Stand ad anden Vej, idet Fødens Spaltningsprodukter i Epithelcellerne aktiverer et Stof, Ventrikelsecretin, der ad Blodvejen føres til Kirtlerne, som det stimulerer til forøget Virksomhed. Derimod finder Secretionen ikke Sted som Følge af direkte Paavirkning af Ventrikelslimhinden, ligesaalidt som secretoriske Reflexer kan udløses fra denne.

Den kemiske Virkning paa Føden er flersidig; den væsentligste er dog Pepsin-Saltsyrens Virkning paa Proteinstoffer, navnlig paa Fibrin og Bindevæv. Fibrin og Kollagén bulner ud i Saltsyren og danner tildels Acidalbuminer, medens Pepsinet hydrolyserer saavel disse som genuine Proteinstoffer til Proteoser og, hvis Ventrikelfordøjelsen varer længe nok, videre til Pepton. Disse Stoffer faar derved særlig Betydning for Fordelingen af Kød og tillige for Emul-

geringen af Fedtet, idet den protoplasmatiske Del af Fedtcellerne opløses. I Ventriklen udfældes endvidere Caseinogénet i Mælk som uopløseligt Casein; denne Proces fordrer, at Kalksalte er nærværende, derimod er det endnu ikke med Sikkerhed afgjort, om Fældningen sker ved Hjælp af Pepsin eller skyldes et eget Enzym, Chymosin eller Løbeferment. Endelig maa nævnes, at Saltsyren om end i ringe Grad virker inverterende paa Disaccharider, samt at den virker i høj Grad bakteriedræbende.

Naar Føden kommer ned i Ventriklen, vil den dog ikke strax blive underkastet en gennemgribende Behandling; den vil aflejre sig i Fundus i forholdsvis kompakte Masser, hvad man har overbevist sig om ved at fodre en Hest med forskelligt, farvet Foder og derefter slaa Dyret ned; det viste sig da, at Foderet laa aflejret i let kendelige Lag. Under disse Omstændigheder vil Ptyalinet kunne vedblive at udfolde sin Virksomhed ofte i ret lang Tid; men efterhaanden som Mavesaften, hvis Secretion allerede er begyndt, medens Føden opholdt sig i Mundhulen, trænger ind i Massen, og efterhaanden, som der i denne ved Gæring udvikles Mælkesyre, vil Spyttets svagt alkaliske Reaktion neutraliseres og gaa over til sur, og denne vil da ret hurtigt blive saa intens, at Ptyalinvirkningen hører op. Kort efter at Føden er kommet ned i Ventriklen, vil imidlertid dennes peristaltiske Bevægelser tage Fart, samtidig vil Mavesaftsecretionen paaskyndes, idet Spaltningsprodukterne begynder at udøve deres Virkning, og lidt efter lidt vil da »Lageret« i Fundus blive taget under indgaaende Behandling saavel kemisk som mekanisk, indtil Portion efter Portion kan sendes ind i Duodenum i Form af Chymus.

Ventriklen er altsaa et Reservoir, hvori Føden opvarmes, tildels steriliseres, findeles og paavirkes kemisk, og hvorfra den med passende Mellemrum og i passende Portioner som en tynd, vællingagtig Masse sendes ind i Tarmen. I Chymus findes en Del Proteinstoffer spaltede til Proteoser og

Peptoner, en Del Stivelse spaltet til Dextrin og Maltose, noget Rørsukker inverteret og Fedtet i emulgeret Tilstand.

Hvorlænge Føden opholder sig i Ventriklen, er ret forskelligt alt efter dens Art. Efter Opholdets kortere eller længere Varighed skelner man mellem let- resp. tungfordøjelig Føde.

TARMFORDØJELSEN.

Medens den mekaniske Behandling af Føden i de hidtil betragtede Afsnit af Fordøjelseskanalen har spillet en fremtrædende Rolle, er Tarmfordøjelsen udelukkende af kemisk Natur; de Bevægelser, der finder Sted i dette Afsnit, har udelukkende til Opgave at befordre Føden videre frem. Til Gengæld er altsaa den kemiske Behandling af Føden meget indgaaende; den foregaar ved Hjælp af en Række Enzymer stammende fra forskellige Kirtler, fra Pankreas, fra Leveren og fra de talrige smaa Kirtler i selve Tarmvæggen. Det skal med det samme bemærkes, at Tarmen foruden at være Fordøjelsesorgan tillige er saavel Assimilationsorgan som Excretionsorgan. — I Tyndtarmen blandes Chymus altsaa med følgende Secreter:

Bugspyttet, Pankreassecretet, er en klar gullig Vædske, der reagerer alkalisk paa Grund af sit Indhold af Na_2CO_3. Alkalescensen svarer ret godt til Surhedsgraden af Mavesaften. Det samlede Indhold af Tørstof i Bugspyttet er 1—1,5 %; det indeholder foruden Mineralsalte Enzymerne Steapsin, Amylopsin og desuden et Proenzym, Trypsinogén, der af Tarmsaften aktiveres til det proteolytiske Enzym Trypsin. Mængden af Bugspyttet retter sig først og fremmest efter Mængden af Mavesaft, og denne er atter afhængig af den indtagne Fødes Art og Mængde; man antager i Almindelighed, at der i Døgnet secerneres $^1/_2$—1 Liter.

Galden stammer fra Leveren; denne er imidlertid ikke blot en Fordøjelseskirtel, den har talrige andre Funktioner;

bl. a. er den Excretionsorgan, hvoraf følger, at dens Sekretion er kontinuerlig. Leversecretionen er dog ikke altid lige intens, og navnlig tilflyder Secretet ikke Tarmen i lige stor Mængde i og udenfor Fordøjelsesperioderne, idet en Del af den udenfor Fordøjelsesperioderne afsondrede Galde opbevares og kondenseres i Galdeblæren, hvorfra den, naar Tarmfordøjelsen tager Fart, atter udtømmes sammen med det paa dette Tidspunkt forøgede Leversecret. Levergalden indeholder 2—4 % Tørstof, hvis ejendommelige Bestanddele er visse organiske Syrer, Galdesyrer, der optræder i Forbindelse med Alkalimetaller som Salte, samt Excretionsstoffer, navnlig Galdefarvestoffer, der er Omdannelsesprodukter af Blodfarvestof; derimod findes i Galden ingen Fermenter af Betydning. Blæregalden har en noget ændret Sammensætning, idet den indeholder langt mere Tørstof end Levergalden, hvilket dels skyldes Concentration, dels Tilblanding af Mucin fra Galdeblærens Vægge.

Tarmsaften produceres af de Brunner'ske og Lieberkühn'ske Kirtler i Tyndtarmen; den har efter al Rimelighed forskellig Sammensætning i de forskellige Afsnit af Tarmen, men i Hovedsagen er den karakteriseret som en vandig Opløsning indeholdende ret rigeligt Na_2CO_3 om end mindre, end der findes af dette Stof i Bugspyttet, samt Fermenterne Erepsin, der spalter Proteoser, Enterokinase, der virker aktiverende paa Trypsinogénet, og endelig Invertin og Maltase, eventuelt Lactase.

Disse Secreter, der altsaa blandes i Duodenum og blandes med Chymus, understøtter hinandens fordøjende Virkning; det synes ogsaa at være den samme Mekanisme, der i alle tre Tilfælde tilvejebringer den forøgede Secretion af de paagældende Kirtler. Medens Kirtelsecretionen i Mundhulen udelukkende foregaar reflektorisk, er den for Ventriklens Vedkommende ikke blot paavirkelig ad nervøs Vej men tillige ad kemisk, idet et Hormon, der — som omtalt — dannes i Ventrikelslimhindens Celler, ad Blodvejen

virker stimulerende paa Secretionen. Det er denne sidste Mekanisme, der for Tarmsecreternes Vedkommende er blevet næsten eneraadende; det er vistnok sandsynligt, at Pankreas ad nervøs Vej kan bringes til at secernere, men Secretforøgelsen bliver kun ringe; det er ligeledes sikkert, at Tarmslimhinden i Modsætning til Ventrikelslimhinden kan stimuleres til forøget Virksomhed ad rent mekanisk Vej, men heller ikke denne Mekanisme synes at have større Betydning for den normale Fordøjelse. Naar derimod Ventriklens Saltsyre med Chymus kommer ind i Tarmen, da vil den i Tarmepithelet aktivere et Stof, Secretin (ikke at forvexle med det i Ventrikelvæggen dannede Secretin), der med Blodet føres saavel til Pankreas som til Leveren og Tarmvæggen, hvor det paaskynder Afsondringen af Fordøjelsessecreterne. Secretinet, der ikke er noget Enzym, men hvis Sammensætning for øvrigt er ukendt, kan vindes, naar man behandler afskrabet Tarmslimhinde med Saltsyre; hvis den saaledes vundne Vædske indsprøjtes i en Vene, vil man opnaa en meget rigelig Secretion fra Pankreas, fra Leveren og i alt Fald fra en Del af Tarmkirtlerne.

Som tidligere omtalt sprøjtes Chymus, naar Pylorus aabner sig, ved en peristaltisk Bevægelse af Ventrikelvæggen ind i Duodenum. Aabningen af Pylorus foregaar reflektorisk, og Reflexen udløses fra Duodenalslimhinden, idet Sfincter pylori afslappes, naar Reactionen i Duodenum bliver alkalisk; i det Øjeblik, da dette sker, vil noget Chymus træde ind i Tarmen, Reactionen bliver sur, hvilket bevirker, at Sfincter kontraherer sig, men tillige aktiveres noget Secretin, Pankreassecretionen kommer i Gang, og Bugspyttets Karbonater neutraliserer Saltsyren; herved bliver Reactionen atter alkalisk, Pylorus aabner sig, og Begivenhederne gentager sig i samme Rækkefølge. Secretinet virker imidlertid ogsaa paa Leveren og paa Kirtlerne i Tarmvæggen, og Chymus foraarsager ikke alene, at der dannes Secretin, men ogsaa, at Galdeblæren reflektorisk udtømmer sig i Tarmen;

det skal især være Fedtet i Chymus der udløser denne Reflex. Chymus vil altsaa i Tarmen ikke møde de virkende Enzymer successive men samtidigt i Overensstemmelse med den tidligere omtalte Kendsgerning, at disse ikke virker uafhængigt af hinanden.

Bugspyttets Enzymer virker bedst i neutral eller svagt alkalisk Opløsning, og en saadan tilvejebringes altsaa ved Hjælp af Bugspyttets og Tarmsaftens Karbonater; i den øverste Del af Duodenum maa Reactionen naturligvis vexle, men et Stykke nede i Tarmen er den meget nær neutral. I Bugspyttet findes som nævnt et lipolytisk Enzym, Steapsin, der spalter neutrale Fedtstoffer til frie Fedtsyrer og Glycerin. Dette Enzyms Virkning er i høj Grad afhængig af Galdens Tilstedeværelse, idet denne paa ukendt Maade paaskynder selve den fermentative Proces og desuden ad rent fysisk Vej letter Fedtets Behandling ved at formindske Overfladespændingen mellem Fedt og Vand og derved muliggøre en Befugtning af Fedtpartiklerne. De frigjorte Fedtsyrer vil dels forsæbes af Bugspyttets Karbonater, dels opløses i uomdannet Form af Galden. Stivelsen spaltes af Amylopsinet til Dextrin og videre til Maltose, der ligesom Ptyalinets Spaltningsprodukter nedbrydes videre til Dextrose ved Hjælp af Maltase, der ligeledes er nærværende i Bugspyttet. Med Hensyn til Proteinstofferne da er det fra Ductus pankreaticus kommende Secret uvirksomt; først i Berøring med Tarmsaftens Enterokinase bliver det i Bugspyttet forekommende Stof, Trypsinogén, til et virksomt Enzym. Trypsinet er det kraftigste proteolytiske Enzym, der forekommer i Legemet; det virker stærkest ved Legemstemperatur i en ganske svagt alkalisk Opløsning og spalter da Æggehvidestofferne helt ned til Aminosyrer.

Galdens Enzymer kan man se bort fra; dens overordentlig store Betydning for Fordøjelsen, særligt for Fedtfordøjelsen, fremgaar af det ovenfor anførte. De virksomme Stoffer er de galdesure Salte. Galdefarvestofferne er Affalds-

produkter; disse er dels det gulrøde Bilirubin, dels dettes Iltningsprodukt det grønne Biliverdin; de reabsorberes tildels fra Tarmen for derefter at udskilles gennem Nyrerne som Urinens gule Farvestof, dels omdannes de til Excrementernes Farvestof, Stercobilin. De galdesure Salte resorberes i stor Udstrækning atter fra Tarmen sammen med Fedtets Spaltningsprodukter men optages fra Tarmepithelet i Blodbanerne og føres med Veneblodet til Leveren, hvor de tilbageholdes og paany udskilles med Galden. Betragtet fra et økonomisk Synspunkt er Galden altsaa meget billig Arbejdskraft.

Tarmsaften virker ikke paa Fedt, saa lidt som paa uforandrede Proteinstoffer, derimod virker Enzymet Erepsin paa Proteoser og Pepton, som spaltes ned til Aminosyrer. Desuden indeholder Tarmsaften saavel Invertin som Maltase og spalter altsaa Rørsukker og Maltose til Monosaccharider; hos Børn findes desuden Lactase, som spalter Mælkesukker til Glycose og Galaktose. Dette Enzym findes som Regel ikke hos den Voxne, hos hvem Mælkesukker altsaa ikke kan hydrolyseres til Monosaccharider men vel ved Gæring omdannes til Mælkesyre.

Naar Tarmfordøjelsen er paa sit højeste, findes i Tyndtarmen en tynd Vælling indeholdende 12—14 % faste Stoffer, hvori Proteinstofferne er spaltede til Aminosyrer, Fedtet til Glycerin og Fedtsyrer, af hvilke en Del er forsæbede, en Del opløste uforandrede i Galden, endelig er saa godt som alle Kulhydrater spaltede til Monosaccharider. Foruden disse »legitime« Stoffer findes forskellige Gærings- og Forraadnelsesprodukter, ufordøjelige Bestanddele af Kosten, Fordøjelsessecreter samt Bakterier. Samtidigt med Fordøjelsesprocessen forløber Opsugningen af Spaltningsprodukterne; bægge Processer kan forløbe jævnsides overalt i Tarmen, i Hovedsagen er dog Tarmepithelets Arbejde delt saaledes, at Fordøjelsen og den dertil knyttede Secretion først og fremmest foregaar i den første Del af Tarmen, Duodenum

og Jejunum, hvorimod Absorptionen er livligst i Ileum. Absorptionen af de oftere nævnte Spaltningsprodukter er som Regel meget fuldstændig, og den Del af Tyndtarmens Indhold, der gennem Valvula Bauhini kommer ind i

Tyktarmen, bestaar kun af Vand og Salte, Rester af Fordøjelsesfermenter, ufordøjelige Stoffer, navnlig Cellulose, og Bakterier. Man kan næppe tale om et Fordøjelsessecret i egentlig Forstand for Tyktarmens Vedkommende; i dennes Slimhinde findes ganske vist meget talrige rørformede Kirtler, men disse secernerer væsentligst Mucin, der synes at virke hindrende for Bakterievæxten om ikke ligefrem dræbende paa Mikroorganismerne. Det er for øvrigt disse, der spiller den største Rolle for Tyktarmsfordøjelsen; der findes ikke i Menneskets eller andre højere Dyrs Tarmkanal noget cellulosespaltende Enzym, derimod gives der Bakterier, som er i Stand til at nedbryde dette Stof, og disse udfolder især deres Virksomhed i dette Tarmafsnit, hvis Længde først og fremmest er bestemt af den paagældende Dyrearts Levevis saaledes, at Dyr, der i overvejende Grad lever af Plantestoffer, har en lang Tyktarm, medens denne hos Kødædere er kort. Da Tyndtarmens relative Længde ikke er underkastet større Variationer, har man i hele Tarmkanalens relative Længde et Udtryk for, i hvor høj Grad den paagældende Art har Brug for Bakteriernes Medvirkning ved Fordøjelsen. Som Exempler kan nævnes, at Kattens Tarmkanal regnes til 3 Gange Legemslængden, Menneskets til 7—8, Svinets til 14 og Faarets til 27 Gange Legemets Længde. Naar Cellulosemembranerne opløses, vil det Celleindhold, der af disse har været beskyttet mod Tyndtarmens Fordøjelsessecreter, blive frit og kunne tages under Behandling af den Del af disse, der er naaet ned i Tyktarmen, men dette har kun en ringe Interesse for den menneskelige Organisme, fordi Tyktarmen spiller en fuldkommen underordnet Rolle som Opsugningsorgan. Man troede tidligere, at man i alt Fald for en kortere Tid kunde holde et Menneske i Live

ved at indføre Næringsstoffer i Tyktarmen; nyere direkte Forsøg har imidlertid vist, at dette ikke kan lade sig gøre, der kan ikke optages andet end Dextrose og selv dette Stof optages kun i ringe Mængde. Derimod spiller Tyktarmen en betydelig Rolle som Excretionsorgan, idet Hovedmassen af Kalk og Magnesia, Forforsyre og Jærn udskilles ad denne Vej. Ved Bakteriernes Virksomhed dannes nu i Tyktarmen en hel Række af Stoffer, især ved Forraadnelse af Proteinstoffer, der er karakteristiske for Excrementerne, og blandt hvilke mange er meget ildelugtende: Methan, Svovlbrinte, Mercaptan, Indol, Skatol m. fl. Den Del af Tarmindholdet, der ikke resorberes men atter elimineres af Fordøjelseskanalen, de saakaldte

Excrementer, har en ret forskellig Sammensætning og Mængde efter Fødens forskellige Beskaffenhed. Hvis Føden bestaar i Kød, Æg, Mælk, Sukker ect., vil praktisk talt alt absorberes, og Excrementerne vil da bestaa af Rester af Fordøjelsessecreter, Mucin, Mineralstoffer og Bakterier, navnlig døde Bakterier, der skal kunne udgøre henved 50 % af Fæces, endelig afstødt Tarmepithel. Den samlede Tørstofmængde regnes til 25—30 %. Fæces er med den her nævnte Sammensætning, der for øvrigt er den samme, som man vil træffe under Inanition, først og fremmest at betragte som et Excret. Anderledes naar Kosten indeholder Cellulose i store Mængder; Excrementerne vil da ikke alene komme til at indeholde uomdannet Cellulose men tillige større eller mindre Mængder mere eller mindre omdannet Næringsstof af alle Grupper, der først er blevet tilgængeligt for Fordøjelsen, naar Cellulosemembranerne i Tyktarmen er blevet destruerede, og som derefter ikke har kunnet naa at blive færdigbehandlede eller absorberede i Colon. Fæces bliver da langt mere voluminøse end i det først omtalte Tilfælde. — Medens

Tyndtarmens Bevægelser er uden Betydning for Findelingen af Føden spiller de en vigtig Rolle ved at blande

Chymus med Fordøjelsessecreterne og ved at befordre Tarmindholdet fremad. Det første af disse Formaal naaes ved en ejendommelig svingende Bevægelse af Tarmen, der foraarsages ved Kontraktioner saavel af Længdemusklerne som af Ringmusklerne; disse Kontraktioner er uafhængige af Nervesystemet, de fremkommer som Følge af en direkte Irritation af Muskulaturen, foraarsaget ved Ophobning af Tarmindhold. Virkningen af disse Bevægelser med Hensyn til at blande Tarmindholdet har man kunnet iagttage direkte, idet man har blandet en uskadelig Metalforbindelse i Føden (som Regel anvendes i saadanne Tilfælde et Wismuthsalt) og dernæst under Fordøjelsesprocessen har gennemlyst Abdomen med Røntgenstraaler; Metalpulveret viser sig da som Skygger, hvis Bevægelser kan iagttages paa en dertil indrettet Skærm.

Den Bevægelse, hvorved Tarmindholdet befordres fremad, er en Reflexbevægelse. Tarmen innerveres saavel fra Nn. vagi (det cranielle autonome System) som fra Nn. splanchnici, (Dorsalsympathicus) og man kan ad bægge disse Veje influere paa Tarmens Kontraktionstilstand og paavirke den peristaltiske Bevægelse, idet Irritation af Vagus paaskynder og Irritation af Sympathicus hemmer Peristaltiken; men normalt dirigeres denne dog fra det locale Nervesystem i Tarmvæggen, det Auerbach'ske Plexus, og udløses ved et direkte mekanisk Irritament, der præsteres af Fødens Fyldestoffer, specielt den i den meste Planteføde rigeligt tilstedeværende Cellulose. Naar Tarmvæggen irriteres mekanisk, foregaar der som ufravigelig Regel en Kontraktion ovenfor det irriterede Sted og en Udvidning af Tarmens Lumen nedenfor dette; en saadan peristaltisk Bølge glider ned ad Tarmen med meget forskellig Hastighed alt efter Individets Art og Tilstand, Fødens Art ect.; man angiver en Hastighed af 1 cm i $^1/_2$—10 Minutter, men et Gennemsnitstal som dette har næppe stor Værdi. Bevægelsen, der begynder ca. $^1/_4$ Time efter Maaltidet, kan foregaa med ikke ringe Kraft. Tarmperistaltiken kan som bekendt paavirkes ad kemisk Vej;

den kan saavel hemmes (Opium) som paaskyndes (Ricinusolie).

Naar der har samlet sig en vis Mængde Tarmindhold i den nederste Del af Ileum, vil Ileo-coecalklappen aabne sig og lade en vis Mængde af dette passere; i Colon skvulpes Indholdet frem og tilbage, idet der ikke alene forekommer peristaltiske Bevægelser men ogsaa, hvad der i Tyndtarmen er ganske ukendt, antiperistaltiske. I den sidste Del af Colon træffes disse dog ikke. Excrementerne samles i Flexura sigmoidea og tilsidst i Rectum, hvorfra de med visse Mellemrum udtømmes ved

Defæcationen. Denne er en Reflexakt, hvis Centrum er beliggende i den nederste Del af Rygmarven; Processen udløses ved et mekanisk Irritament, nemlig ved Tarmens Fyldning til en vis Spænding; Reflexbevægelsen kan imidlertid hemmes ved en Viljesakt; sker dette vedholdende, da vil Tarmvæggen afspændes, og Irritamentet saaledes mindskes. Selve Tarmudtømmelsen foregaar ved en kraftig peristaltisk Bevægelse, understøttet af Bugpressen og i Forbindelse med en Afspænding af Analmuskulaturen, tilsidst virker M. levator ani og flere af Musklerne i Perinæum. Sfincter ani har Tonus, der lader sig paavirke ad forskellige Veje, bl. a. ogsaa gennem Sindsbevægelser.

Næringsstoffernes Opsugning.

Det egentlige Opsugningsorgan er Tyndtarmen; enkelte Stoffer kan ganske vist i ringe Mængde optages fra Ventriklen, ligesom Vand og en ringe Mængde Druesukker kan optages fra Tyktarmen, men det drejer sig i bægge Tilfælde om saa minimale Mængder, at man kan lade det ude af Betragtning.

Tyndtarmens Slimhinde er dannet af reticulært Bindevæv; den er yderst mod Submucosa begrændset af et Muskellag,

indad mod Lumen beklædt med et Cylinderepithel. Epithelcellerne har indad mod Lumen en bred Cuticula, der under Mikroskopet viser sig fint længdestribet; hvorvidt denne Stribning betyder Porer eller ikke, er vistnok endnu et aabent Spørgsmaal. Overfladen er forøget dels ved tværløbende Slimhindefolder, Valvulæ conniventes, dels og især ved talrige — i alt flere Millioner — traadformede Vedhæng, de saakaldte Villi, dannede som Udløbere af Slimhindens reticulære Bindevæv og beklædte med Epithel; hver mm^2 Tarm faar paa denne Maade en absorberende Overflade paa 3—12 mm^2; man regner den samlede indre Overflade i den henved 7 m lange Tyndtarm til 4—5 m^2. I hver Villus findes et centralt, kølleformet Lymfekar, der staar i Forbindelse med de submucøse Lymfebaner, endvidere en Karslynge der opløser sig i et tæt Kapillærnet umiddelbart under Basalmembranen, endelig findes der i Villus glatte Muskelceller, der forløber i dennes Længderetning.

Opsugningens Mekanisme er endnu ikke helt opklaret; der foreligger Forsøg tydende paa, at Opsugningen kan paavirkes af Forandringer i det hydrostatiske Tryk, hvilket skulde betyde, at Filtration var en medvirkende Faktor ved Opsugningen. Der er paa den anden Side ikke Tvivl om, at jo Absorptionsprocessen kan paavirkes ved Svingninger i det osmotiske Tryk, at altsaa Diffusionsprocesser spiller en Rolle ved Opsugningen. Disse Faktorer synes altsaa at være medvirkende, men de kan langt fra give fyldestgørende Forklaring for alle de hidtil kendte Fænomener paa dette Omraade. Det er givet, at Stofvandringen kan foregaa imod det osmotiske Tryk, idet en Opløsning af NaCl kan resorberes fra Tarmen, selv om dens Concentration er stærkere end Saltconcentrationen i Blodplasma; det er ligeledes givet, at Blodserum af Forsøgsdyrets egen Art absorberes fra en aflukket Tarmslynge, skønt i dette Tilfælde det osmotiske Tryk er det samme i Tarmen som i Blodet. I saa Tilfælde, og dette er vistnok Reglen, maa Opsugningen skyldes

Kræfter i Tarmvæggens Celler, og disse maa altsaa præstere et Arbejde. — Med Hensyn til de enkelte Næringsstoffer da optages

Vand og Mineralsalte direkte i Blodet. Vandet synes saavel efter almindelig praktisk Erfaring som efter Forsøg at kunne optages i næsten ubegrændset Mængde, hvadenten man indtager 1 eller 6 Liter Vand i Døgnet, vil det være opsuget, forinden det naaer til Ileo-coecalklappen; hvad Organismen ikke har Brug for, udskilles atter gennem Nyrerne. Paa den anden Side er Organismen meget følsom overfor Vandmangel; i alle Tilfælde, hvor den har været udsat for større Vædsketab, ved stærk Sved f. Ex., reagerer den prompte med Tørstfornemmelse.

At Vand og Salte optages direkte i Blodbanerne, det fremgaar deraf, at Lymfestrømmen i Ductus thoracicus ikke forøges, selv om der absorberes store Mængder af Vand, medens derimod Blodets Concentration kan paavirkes under saadanne Forhold.

Fedtstofferne findes i Tarmen spaltede til Glycerin og Fedtsyrer, af hvilke sidste en større eller mindre Del er forsæbede, Resten opløste i Galden. Disse Spaltningsprodukter optages af Tarmepithelet, som deraf genopbygger neutralt Fedt; dette kan paavises mikroskopisk, idet Fedt giver en kraftig sortebrun Farve, naar det farves med Osmiumsyre. Farver man nu et Stykke af Tarmvæggen taget under Fedtresorption, da viser det sig, at Cellerne indeholder talrige smaa Fedtkugler, der tiltager i Størrelse mod Cellens basale Ende. Fra Epithelet vandrer disse Fedtkugler ind i det løse Bindevæv i Villus og derfra ind i det centrale Chyluskar, hvorfra de endelig transporteres videre, maaske under aktiv Medvirkning af den glatte Muskulatur i Villus, gennem Mesenteriets Lymfekar til Receptaculum Chyli, Ductus thoracicus og Blodet. Efter fedtrige Maaltider finder man altsaa, at der fra Ductus thoracius kommer en rigelig Strøm af stærkt »mælket« Lymfe, ligesom man i Blodserum vil finde saa meget Fedt, at dette bliver uklart og sætter

»Fløde« ved Henstand. Fedtet forsvinder dog ret hurtigt fra Blodet. Det er imidlertid kun ca. 60 % af det absorberede Fedt, man kan følge ad de hér beskrevne Veje, og man er ganske uvidende om, hvad der bliver af Resten. Naar Tarmindholdet naaer til Ileo-coecalklappen, er praktisk talt alt Fedt fra Føden absorberet, — under Forudsætning af at Secretionen af Galde og Bugspyt foregaar paa normal Maade, — og absorberet i spaltet Tilstand; kun lidt over Halvdelen bliver altsaa paaviseligt gendannet som neutralt Fedt, men heller ikke Spaltningsprodukterne kan man paavise i Blodet, og man har Grund til at tro, at de ikke vil findes, idet Sæber indførte i Kredsløbet i nævneværdige Mængder viser sig giftige for Organismen. Den Mulighed foreligger, at denne Del af Fedtet nedbrydes i selve Tarmvæggen, idet man maa antage, at samtlige Legemets Celler besidder Evnen til at nedbryde Fedt.

For Kulhydraternes Vedkommende er Sagen forholdsvis simpel, disse findes i Tarmen som Monosaccharider, og alle Monosaccharider optages fra Tyndtarmen; der kan ganske vist optages Druesukker ogsaa fra Tyktarmen men kun i saa smaa Mængder, at det er uden praktisk Betydning. Monosaccharіderne gaar ligesom de uorganiske Salte lige over i Blodet, hvor de kan paavises; for største Delen naaer de dog ikke længere end til Leveren, hvor de tilbageholdes og opbygges til Glycogén. Disaccharider absorberes ikke; indføres de direkte i Blodet, vil Rørsukker og Mælkesukker udskilles gennem Nyrerne, derimod vil en Del Maltose kunne udnyttes, idet Blodet indeholder Maltase. Disaccharider, der som Mælkesukker ikke spaltes i Tarmen, virker afførende ved at tiltrække Vand. Organismen er ikke i Stand til paa en Gang at behandle ubegrændsede Mængder af Kulhydrat, navnlig ikke naar det indføres i Form af Monosaccharid; 100 gr Glycose indgivet paa én Gang kan give Anledning til Glycosuri, derimod taaler man indtil 320 gr Rørsukker, idet dette Stof skal hydrolyseres før det opsuges.

Proteinstofferne findes i Tarmen spaltede til Aminosyrer, tillige findes dog som Regel Polypeptider; disse Stoffer optages af Tarmepithelet, der under Proteinstofresorption viser tydelige morfologiske Forandringer, og gaar derfra over i Blodet som Aminosyrer; ogsaa Peptoner synes at kunne optages af Epithelet men spaltes da i dette; frie Peptoner indførte direkte i Blodet virker som Gift og udskilles gennem Nyrerne. Konsekvensen heraf maa være, at Fødens Proteinstoffer kan erstattes med Aminosyrer i passende Kombinationer, og dette har nyere Undersøgelser da ogsaa bekræftet; det er ligeledes lykkedes at paavise Aminosyrer i forøget Mængde i Blodet efter proteinstofrige Maaltider; de cirkulerende Aminosyrer, der synes at spille en tilsvarende Rolle i Æggehvidestofskiftet som Glycosen i Kulhydratstofskiftet, kan optages af Vævene og opbygges til levende Substans; men Hovedmassen af dem, alt hvad der ikke er Brug for til Erstatning af Protoplasma, spaltes i Leveren under Dannelse af Urinstof (sml. S. 219). — Medens man tidligere fra et teleologisk Synspunkt ansaa det for urimeligt, at Proteinstofferne skulde nedbrydes saa langt som til Aminosyrer paa Grund af det deraf følgende Tab af Energi, har nyere Undersøgelser ogsaa paa dette Punkt bragt Klarhed, idet det har vist sig, at Energitabet ved, at de store Proteinstofmolekyler spaltes til Aminosyrer og Polypeptider, er ganske ringe, kun henimod 5 %. Af den øvrige i Proteinstofmolekylet indeholdte Energi vil altsaa en Del forlade Organismen uanvendt som Urinstof, Resten vil være til Disposition for Cellerne og synes at komme til Anvendelse i den nærmeste Tid efter Optagelsen.

NÆRINGSSTOFFERNES VIDERE SKÆBNE I ORGANISMEN.

Fedtstoffer. Medens Organismen med Hensyn til Aflejring af Kulhydrater er stærkt begrændset, kan Fedt i

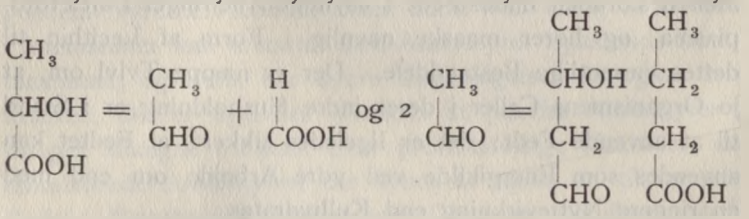
praktisk talt ubegrændsede Mængder aflejres som Reservenæring. Aflejringen finder i første Linie Sted i det subcutane og subserøse Væv i de deri forekommende Bindevævsceller, men ogsaa i stærkere differentieret Væv, i Muskler og navnlig i Leveren, findes opmagasineret Fedt. Paa det sidst nævnte Aflejringssted staar Mængden af deponeret Fedt i omvendt Forhold til Mængden af Kulhydrater i Føden. Men desforuden findes Fedt i usynlige Aflejringer i alt Protoplasma, og hører maaske navnlig i Form af Lecithin til dettes væsentlige Bestanddele. Der er næppe Tvivl om, at jo Organismens Celler i deres indre Husholdning er i Stand til at anvende Fedt; det er ligeledes sikkert, at Fedtet kan anvendes som Energikilde ved ydre Arbejde om end med en ringere Nyttevirkning end Kulhydrater.

Det neutrale Fedt i Fedtdepoterne bestaar i Hovedsagen af de tidligere omtalte Triglycerider; det har paa de forskellige Localiteter varierende Smeltepunkt, og dette er nærmest bestemt af det forskellige Indhold af Triolein i de blandede Masser. Sammensætningen af disse er i høj Grad afhængig af det med Føden indtagne Fedt; der findes dog utvivlsomt visse Artsejendommeligheder ogsaa ved Fedt, som ikke lader sig forklare blot ved en Forskel i Levevis; maaske skyldes disse Forskelligheder de af Kulhydrater dannede Fedtstoffer.

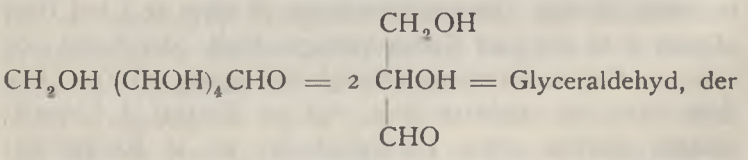
Det har længe været en kendt Sag i Praktiken, at man kunde opfede et Dyr med Kulhydrater, naar disse tilførtes i Overskud; og derpaa direkte anstillede Forsøg har da ogsaa vist, at Kulhydrater kan omdannes til Fedt. Hvorledes denne Omdannelse foregaar i Enkeltheder, ved man imidlertid ikke. Druesukker kan omdannes til en fed Syre med samme Antal Kulstofatomer ved at afgive 4 Atomer Ilt; den saaledes afgivne Ilt vil atter kunne tjene som Næring for andre Forbrændingsprocesser i Legemet, og man vil i saa Tilfælde kunne klare sig med en mindre Iltoptagelse end sædvanligt, hvilket maa vise sig derved, at den respira-

toriske Kvotient stiger til Værdier over 1; at noget saadant kan finde Sted viser Forsøgene, idet man har fundet Kvotienter indtil 1,5 under Fedning. Alligevel antager man ikke, at Forholdene er saa simple, men at Omdannelsen i alt Fald tildels foregaar i flere Seancer f. Ex. gennem Processer som følgende:

Mælkesyre Acetaldehyd Myresyre Acetaldehyd Aldol Smørsyre



Gaar man ud fra, at Mælkesyren dannes ved simpel Omlejring af Dextrosemolekylet, kan Processen for øvrigt følges ved Hjælp af de givne Formler. For Glycerinets Vedkommende er Sagen endnu simplere idet man har:



let reduceres til Glycerin. Processen i sin Helhed forløber, hvad der fra et energetisk Synspunkt er værd at bemærke, under Varmeafgift; til Dannelsen af et Molekyle Palmitinsyre medgaar 4 Molekyler Dextrose, af hvis latente Energi 12,5 % vil frigøres som Varme.

Medens altsaa Kulhydrater kan omdannes til Fedt, maa det betragtes som meget tvivlsomt, om det samme gælder for Proteinstoffernes Vedkommende; det er paa den anden Side ikke usandsynligt, at Fedtstofferne atter kan danne Kulhydrat.

Det er vistnok for Tiden den almindelige Opfattelse at Fedt kan anvendes som Energikilde i Legemet i samme

Udstrækning som Kulhydrater saavel i Hvile som under Muskelarbejde; de nyeste Undersøgelser har imidlertid — som allerede omtalt — vist, at denne Opfattelse, hvad Muskelarbejdet angaar, ikke er holdbar, og der er Sandsynlighed for, at den ogsaa for Standardstofskiftets Vedkommende maa modificeres. — Fedt nedbrydes efterhaanden til CO_2 og H_2O; men Oxydationen foregaar successive; de store Molekyler med mange Kulstofatomer omformes til Fedtsyrerækkens lavere Led, der atter iltes til Oxysyrer o. lign. Detailler er ubekendte; men det synes, som Iltningens sidste Trin kræver, at der er Kulhydrater til Stede; hvis disse mangler, ophobes sure Stofskifteprodukter i Blodet navnlig Diacetsyre $CH_3 . CO . CH_2 . COOH$ og β-oxysmørsyre $CH_3 . CH . OH\ CH_2 . COOH$.

Kulhydraterne er, som allerede omtalt, i Tarmen omdannede til Monosaccharider, og disse træder, naar de opsuges, direkte over i Blodbanerne, føres altsaa med Portalblodet til Leveren, hvor de opbygges til Glycogén. Dette Stof er ganske vist opbygget af Glycose, men de tre i Føden forekommende Monosaccharider kan uden Vanskelighed overføres fra den ene Form til den anden. Glycogénet kan paavises i den ganske friske Lever, men henligger Leveren blot en kortere Tid, vil Glycogénet svinde, og der vil til Gengæld optræde store Mængder af Dextrose i denne. Glycogén dannes for øvrigt ikke blot af Fødens Kulhydrater, det kan ogsaa dannes af Proteinstoffer, d. v. s. af Aminosyrer. Hvis man sørger for at lade et Forsøgsdyr opbruge sine Kulhydratreserver, hvilket f. Ex. kan lade sig gøre ved at lade det sulte og arbejde, og dernæst fodrer det med trypsinfordøjet Æggehvide, da vil man derefter finde Glycogén i Leveren. Denne er paa den anden Side ikke det eneste Sted, hvor Glycogén aflejres, selv om det i dette Organ findes i størst Mængde (indtil 12 %); man finder saa-

ledes Glycogén i Musklerne (indtil 4 %) og for øvrigt i mindre Mængder i saa godt som alle Organer.

I Leveren kan nu ikke blot Glycogén opbygges, det kan atter hydrolyseres til Druesukker; hvilken af de to Processer, der paa et givet Tidspunkt er den overvejende, beror paa Blodets Sukkerindhold. Dette er overordentlig konstant, 0,12—0,15 %, og det forandres ikke, selv om Individet unddrages Kulhydrater i Føden; først naar Leveren sættes ud af Funktion f. Ex. ved at den fjærnes, falder Sukkerprocenten i Blodet. Det maa betragtes som tvivlsomt, om Organismen er i Stand til at bestaa uden Kulhydrater, idet som ovenfor nævnt den sidste Oxydation af Fedtet synes at volde Vanskeligheder, naar Kulhydrater ikke er til Stede; store Mængder er dog sikkert overflødige, idet visse Folkeslag som Eskimoerne faktisk lever og trives paa en meget kulhydratfattig Diæt. Kulhydraterne deltager i Stofomsætningen i Form af Druesukker, der af Vævene tages fra det gennemstrømmende Blod, og dette »oplades« atter fra Leveren; skønt der findes ret anselige Mængder Glycogén i Musklerne, vil det dog altid være Leverens Depoter, der først opbruges, ogsaa under Muskelarbejde. Druesukkeret iltes til sidst til Kulsyre og Vand men synes, forinden dette Resultat naaes, at gennemløbe en Række Mellemstadier f. Ex. Glycuronsyre ($CHO(CHOH)_4COOH$), Mælkesyre og muligvis Alkohol.

Under normale Forhold indeholder Urinen 0,05—0,10 % Druesukker, altsaa ubetydeligt mindre end Blodet; denne Mængde kan forøges, dels ved experimentelle Indgreb, dels under sygelige Tilstande; da disse forskellige Tilfælde kan tjene til at oplyse Kulhydraternes Forhold i Organismen, skal de ganske kort omtales.

a. Hvis man som tidligere omtalt paa én Gang indtager mere end ca. 100 gr. Druesukker vil Resorptionen foregaa saa hurtigt, at Leveren ikke faar Tid til at omdanne alt til Glycogén; en Del Monosaccharid vil altsaa passere dette Or-

gan; men herved vil Sukkerprocenten i Blodet stige, og dette medfører øjeblikkeligt en Sukkerudskillelse gennem Nyrerne. Det skal med det samme bemærkes, at Sukkerprocenten i Urinen ikke stiger i samme Forhold som i Blodet men langt stærkere; en Stigning af Blodsukkeret til 0,3—0,4 % kan medføre en Stigning paa indtil 2—7 % i Urinen. Som Regel vil dog den hér omtalte, alimentære Glycosuri være ringe og hurtigt forbigaaende.

b. Det er experimentelt paavist, at hvis man bibringer et Forsøgsdyr et Stik i Bunden af 4. Hjærneventrikel, da vil der, hvis Dyret er i god Ernæringstilstand, optræde Sukker i Urinen, og dette vil vedvare, indtil Leverens Glycogénforraad er opbrugte. Virkningen af Stikket er med andre Ord den, at Leveren øjeblikkelig mobiliserer alle sine Kulhydrater. Denne Virkning kan nu ogsaa fremkaldes ved en forøget Secretion af Adrenalin, og det er derfor den almindelige Opfattelse, at »Sukkerstikket« gennem en Læsion af sympathiske Nerver stimulerer Binyrerne til forøget Virksomhed.

c. Injicerer man paa et Forsøgsdyr Giftstoffet Phloridzin, da vil der hos dette optræde en meget voldsom Glycosuri; Urinen vil kunne indeholde 5—15 % Sukker. Undersøger man Blodet, da viser det sig, at Blodsukkeret snarest er formindsket i Mængde, og det fremgaar af videregaaende Undersøgelser, at det er Nyrerne, der er det angrebne Punkt, at disse har mistet Evnen til at tilbageholde Sukker. Formindsket Sukkerindhold i Blodet fører til Sukkerdannelse i Leveren først af Glycogén og senere, naar dette Stof er opbrugt, af Protein. Sukkerudskillelsen vedvarer, saa længe Giften virker, men saa længe Dyret ernæres tilstrækkelig kraftigt, behøver det ikke at sætte noget til af sine Væv. Tages Kulhydraterne bort af Føden, da maa Sukkeret dannes af Proteinstofferne, hvilket betyder et stort Energitab for Organismen. idet mere end Halvdelen af Proteinstofmolekylets Energi vil udskilles som Kulhydrat med Urinen,

og hertil kommer, at Stofskiftet i det Hele stiger paa Grund af Proteinstoffernes specifik dynamiske Virkning paa Stofskiftet.

d. Som tidligere omtalt har Pankreas indre Secretion. Hvis denne Funktion falder ud f. Ex. ved operativ Fjærnelse af Kirtlen, vil Forsøgsindividet dø i Løbet af kort Tid af Sukkersyge, Diabetes mellitus. Under denne Tilstand er Mængden af Blodsukker forøget, Leveren converterer sit Glycogén til Sukker, men tillige har Organismen mistet Evnen til at forbruge Sukker; indgiver man Sukker med Føden, kan dette findes kvantitativt i Urinen; indgiver man ikke Kulhydrater, da vil de som sædvanligt dannes af Proteinstofferne. Ved kulhydratfri Kost bliver det endelige Resultat en Forgiftning af Organismen, der giver sig til Kende bl. a. ved svære nervøse Forstyrrelser, og som skyldes den Omstændighed, at den endelige Iltning af Fedtstofferne bliver mangelfuld, naar Kulhydrater ikke er til Stede.

Proteinstofferne. Medens under normale Forhold saavel Fedt som Kulhydrat iltes fuldstændigt i Organismen, er Proteinstoffernes Iltning ufuldstændig, idet en Del af Kulstoffet, Ilten og Brinten forbliver i Forbindelse med Kvælstoffet og udskilles sammen med dette gennem Nyrerne hovedsageligt i Form af Urinstof. Det maa antages, at Urinstoffet dannes af Ammoniumcarbonat eller Ammoniumcarbamat, hyppigst af det sidstnævnte, efter følgende Skema:

$$CO\begin{matrix}ONH_4\\ONH_4\end{matrix} - 2H_2O = CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix} \text{ og}$$

$$CO\begin{matrix}ONH_4\\NH_2\end{matrix} - H_2O = CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}$$

Urinstoffet dannes i Leveren; det har imidlertid voldet betydelige Vanskeligheder at vise dette direkte, idet et Patte-

dyr ikke overlever Exstirpation af Hepar mere end nogle faa Timer; det er nu derimod lykkedes at tilvejebringe en Forbindelse mellem V. portæ og V. cava saaledes, at Størstedelen af Fordøjelsesblodet føres udenom Leveren. Man finder i saadanne Tilfælde, at Blodet indeholder abnorme Mængder af Ammoniak, ligesom ogsaa, at dette Stof i forøget Mængde udskilles med Urinen, særligt i Form af Ammoniumcarbamat. Ammoniak kan afspaltes fra Aminosyrer, uden at disse nedbrydes i nævneværdig Grad f. Ex.

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH.NH_2 \\ | \\ COOH \end{array} + H_2O = NH_3 + \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ COOH \end{array}$$

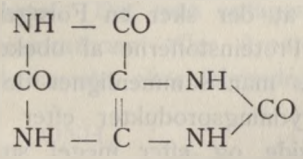
Som Formlen viser, gaar Alanin ved en simpel hydrolytisk Spaltning over til Ammoniak og Oxysyre (Mælkesyre). Energitabet er i saadanne Tilfælde ringe. Man antager derfor, at en forøget Indgift af Proteinstoffer medfører forøget Udskillelse af Urinstof, idet Proteinstofferne ved at passere Leveren afgiver den kvælstofholdige Del af Molekylet, hvorefter den kvælstoffrie Rest, der har bevaret Størstedelen af det oprindelige Proteinstofmolekyles Energi kan anvendes i Organismens Husholdning som andre kvælstoffrie Stoffer; dog maa det erindres, at der sker en Forøgelse af den totale Omsætning, fordi Proteinstofferne af ubekendte Grunde forhøjer denne. Hvis man sammenligner de forskellige kvælstofholdige Nedbrydningsprodukter efter Indgift af større Mængder Æggehvide og efter meget smaa Mængder, da finder man, at Urinstoffet i første Tilfælde udgør henved 90 %, i andet Tilfælde kun ca. 60 % af Totalkvælstoffet, medens et Stof som Kreatinin i begge Tilfælde udskilles i samme Mængde. Man har deraf sluttet, at Urinstofudskillelsen kun er et Maal for, hvormeget Proteinstof der er »mobiliseret«, medens man i Kreatininudskillelsen har en

Maalestok for, hvor meget Protein der er medgaaet til Erstatningsstofskiftet.

Som ovenfor omtalt kan Aminosyrer hydrolyseres til Ammoniak og Oxysyrer; Processen kan imidlertid ogsaa gaa den modsatte Vej, Organismen formaar af Ammoniak og Oxysyrer at danne visse Aminosyrer. Men de forskellige Aminosyrer lader sig ikke omforme indbyrdes saaledes som de forskellige Arter af Monosaccharider, derfor er Proteinstoffer nødvendige for Livets Ophold, idet nogle Aminosyrer, navnligt saadanne, der indeholder cycliske Forbindelser, ikke kan opbygges af Organismen selv, fordi denne ikke kan præstere den ikke amidholdige Del af Molekylet.

Svovl, der findes i Proteinstofmolekylet i den svovlholdige Aminosyre Cystin, iltes for største Delen til Sulfater, saa snart Proteinstoffet er blevet befriet for den kvælstofholdige Del af Molekylet; det findes dog ogsaa i Urinen som Æthersvovlsyre i Forbindelse med meget sammensatte cycliske Forbindelser, der opstaar ved Proteinstoffernes Forraadnelse i Tarmen og forsvinder, naar denne hindres.

Blandt Proteinstofferne findes saakaldte Nucleo-proteider, der spaltes til Nucleinsyre og Protein. Nucleinsyren spaltes videre til Fosforsyre og forskellige saakaldte Purinbaser, der tilsidst iltes til Urinsyre,



der udskilles gennem Nyrerne. Ogsaa i selve Organismen opstaar Urinsyre ved Nedbrydning af Vævselementer særligt Cellekærner; i større Maalestok finder dette Sted under Muskelarbejde. Man mente tidligere, at Størsteparten af den dannede Urinsyre i Leveren blev iltet videre til Urinstof, dette synes imidlertid ikke at være Tilfældet; den én Gang dannede Urinsyre udskilles med Urinen som saadan.

De tre Hovedgrupper af Næringsstoffer kan altsaa paa flere Maader erstatte hinanden; saaledes kan Proteinstoffer danne Kulhydrater, og Kulhydrater kan danne Fedt. Paa den anden Side er samtlige Grupper nødvendige for Livets normale Gang; visse Aminosyrer kan ikke bygges op af Organismen selv men maa tilføres denne færdigdannede, Tilstedeværelsen af Kulhydrater er nødvendig, for at Fedtforbrændingen skal kunne foregaa paa normal Maade, og Fedt er nødvendigt som det eneste af de omhandlede Stoffer, der kan aflejres i større Mængder i alle Tilfælde, hvor Tilførslen er tilstrækkelig, og saaledes tjene som Reservebeholdning, der kan bringes til Anvendelse, naar Forholdene kræver det.

AFSONDRINGSPROCESSERNE.

Stofskiftets Nedbrydningsprocesser resulterer i Dannelsen af en Række Stoffer, der dels er uden Betydning for Organismen, dels, naar de ophobes i større Mængder, vil kunne indvirke skadeligt paa denne. Saadanne Stoffer udskilles gennem særlige Organer, Excretionsorganer; det er dog kun enkelte Organer der udelukkende staar i Afsondringens Tjeneste som f. Ex. Nyrerne, de fleste tjener tillige andre Formaal, saaledes Leveren, Huden, Lungerne. Organismens normale Nedbrydningsprodukter er CO_2, H_2O, den kvælstofholdige Rest af Proteinstofferne samt visse Salte; men foruden disse findes forskellige Stoffer, dannede ved Gærings- eller Forraadnelsesprocesser i Fordøjelseskanalen og derfra resorberede, som Organismen maa søge at blive befriet for.

Nyrefunktionen.

URINEN.

Urinen er en klar, gullig, svagt sur Vædske, der smager saltagtigt og har en ejendommelig, aromatisk Lugt. Alle de nævnte Karaktérer varierer under sædvanlige Forhold ret betydeligt. Farven kan efter Indtagelse af betydelige Kvanta Vand være ganske lys straagul, og den kan være mørk rødlig brun som f. Ex. efter strængt Muskelarbejde; Farvenuancen synes først og fremmest at bero paa Concentrationen. Urinen kan ved Henstand blive uklar, hvilket som oftest skyldes Udfældning af urinsure Salte, Urater, der er uopløselige i kold Urin. Ogsaa Reactionen varierer stærkt; denne retter sig navnlig efter Kostens Sammensætning, den er saaledes forholdsvis sur (p_H = 4,80 — 5,00) under Køddiæt men kan, naar Føden væsentligst bestaar af Plantekost, blive kendeligt mere alkalisk (p_H = 7,45). Udskilles der store Syremængder med Urinen, vil Syren tildels blive mættet med Ammoniak dannet under Proteinstoffernes Nedbrydning, medens et Overskud af Alkalier tildels vil blive neutraliseret med Kulsyre. Urinens Vægtfylde ligger som Regel mellem 1010 og 1020 men kan ogsaa under normale Forhold blive saavel højere som lavere. Frysepunktdepressionen er ligeledes meget variabel omtrent 0,9—2,7°. Mængden af faste Bestanddele anslaaes til ca. 5 %, hvoraf omtrent 1/3 Mineralstoffer.

Døgnets Urinmængde, Diuresen, regner man i Almindelighed til ca. 1500 cc., et Tal, der dog i høj Grad retter sig efter den indtagne Vædskemængde, hvilken sidste atter til en vis Grad er afhængig af Kosten. Det anførte Gennemsnitstal er sikkert under Danske Forhold snarere for højt end for lavt. De opløste uorganiske Salte er Chlorider, Fosfater og Sulfater af Alkalimetallerne og Ammoniak; Svovlsyren, der i Hovedsagen hidrører fra de nedbrudte Proteinstoffer, udskilles dog for en Del som Æthersvovlsyre. Chlor-

ider og Fosfater stammer især fra den indtagne Føde, de sidste dog ogsaa fra forforholdige Proteinstoffer og Lecithiner; jo mere Kalk og Magnesia Føden indeholder, desto mindre Fosforsyre findes i Urinen, idet disse Baser udskilles i Tarmen bundne til Fosforsyre.

De organiske Urinbestanddele er dels kvælstofholdige dels kvælstoffrie. Blandt de første er det vigtigste Urinstof, Kulsyrens Diamid, $CO(NH_2)_2$, et hvidt krystallinsk Stof, der er let opløseligt i Vand, og som med Syrer kan danne Salte. Det spaltes ved Henstand af Urinen af en Bakterie (micrococcus ureæ) til Ammoniak og Kultveilte: $CON_2H_4 + H_2O = CO_2 + 2NH_3$. Ved tør Ophedning afgiver det Ammoniak og danner Biuret:

$$2\left(CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix}\right) = \begin{matrix}CO\\CO\end{matrix}\begin{matrix}NH_2\\NH\\NH_2\end{matrix} + NH_3$$

Urinstoffet dannes i Organismen først og fremmest af Fødens Proteinstoffer, idet disse i Leveren afgiver deres kvælstofholdige Atomgrupper; men det dannes naturligvis ogsaa, hvis Organismen tærer paa sine egne Æggehvidestoffer. Det dannes under almindelige Omstændigheder i en Mængde af omtrent 30 gr i Døgnet og udgør altsaa under de ovenfor givne Forudsætninger ca. 2 % af Urinen. Urinstoffet kan med ret stor Tilnærmelse bestemmes ved at behandle Urinen med en alkalisk Opløsning af Natriumhypobromit; denne vil da udvikle frit Kvælstof:

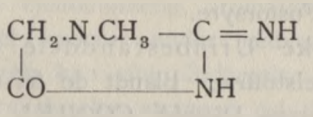
$$CO(NH_2)_2 + 3NaBrO + 2NaOH = 3NaBr + N_2 + Na_2CO_3 + 3H_2O$$

60 gr 22,4 L.
1 gr 373 cc.

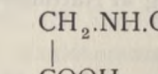
Reactionen foretages i et inddelt Glasrør og den udviklede Kvælstofmængde maales ved Stuetemperatur og herskende

Tryk, hvorefter den reduceres paa den tidligere (S. 74) omtalte Maade.

Blandt de øvrige kvælstofholdige Stoffer i Urinen maa nævnes Kreatinin,



et hvidt, krystallinsk, tungt opløseligt Stof, der forekommer i en Mængde af omtrent 2 gr i Døgnurinen. Kreatinin er et Anhydrid af det i Musklerne forekommende Kreatin og synes at stamme fra dette; dets Mængde i Urinen stiger under Kødkost og skal ligeledes forøges efter anstrængende Muskelarbejde. Et andet Stof, der danner Hovedmassen af de kvælstofholdige Afsondringsprodukter hos Fugle og Krybdyr, men som hos Pattedyrene kun forekommer i ringe Mængde, er den tidligere nævnte Urinsyre. Urinsyren er en meget svag, tobasisk Syre, der er saa godt som uopløselig i Vand; den danner saavel neutrale som sure Salte, hvilke sidste, Biuraterne, forekommer i Urinen, hvor de udfældes ved Henstand, idet de er tungt opløselige i Kulden. Ogsaa Forbindelser mellem de neutrale og de sure Urater forekommer. I Alt udskiller et Menneske $^1/_2$—1 gr Urinsyre i Døgnet. Endelig forekommer jævnligt i Menneskeurin Hippursyre, der normalt i større Mængder forekommer i Planteædernes Urin og er en Forbindelse af Glycin og Benzoësyre



Ogsaa egentlige Proteinstoffer forekommer i den normale Urin men i overordentlig smaa Mængder. Blandt de kvælstoffrie organiske Stoffer i Urinen maa nævnes Druesukker, der i Almindelighed træffes i en Mængde af 0,05—0,1 %; det kan paavises ved Hjælp af de tidligere (S. 181) omtalte

Metoder. Mængden af Druesukker kan efter meget kulhydratrige Maaltider være forøget (Alimentær Glycosuri; se S. 216—17), ligeledes kan den i patologiske Tilfælde være forøget (Diabetes). I diegivende Kvinders Urin kan man træffe Mælkesukker.

Efter stærke Muskelanstrængelser som f. Ex. efter langvarige Marchture træffer man ikke sjældent abnorme Urinbestanddele, saaledes større Mængder af Proteinstoffer, endog Blod eller Urincylindre, d. v. s. cylindriske Legemer bestaaende af en kornet Grundsubstans, der indeholder Blodceller eller Epithelceller fra Nyrekanalerne, Dannelser, der i øvrigt betragtes som afgjort patologiske.

Ifølge nyere Svenske Undersøgelser (Fries & Jundell) findes saadanne Forandringer af Urinen altid efter maximale Anstrængelser, ligesaavel hos gamle, gennemtrænede Folk som hos Begyndere. Forandringerne i Nyrefunktionen viser sig noget forskelligt efter kortvarige, pludselige Anstrængelser og efter Udholdenhedsprøver. I første Tilfælde træffer man en rigelig, lidet vægtfyldig, lys Urin indeholdende Albumen (indtil 5 ‰) og Cylindre; i sidste Tilfælde en mørk, sparsom concentreret Urin, der kun — og endda ikke altid — indeholder en meget ringe Mængde Albumen.

Disse Forandringer angives at svinde hurtigt og fuldstændigt. Det er dog den almindelige Opfattelse, at de abnorme Urinbestanddele efter Anstrængelse er et Tegn paa, at denne har været stærkere end ønskeligt for Individet.

URINSECRETIONEN.

Urinen dannes i Nyrerne af det gennem disse strømmende Blod. Det er Nyrernes Funktion paa denne Maade at udsondre ubrugelige Stofskifteprodukter, at bidrage til Opretholdelsen af Blodets osmotiske Tryk og at regulere Blodreactionen. Da Saltconcentrationen i Urinen ofte er betydeligt større end i Blodet, kan Secretionen ikke skyldes osmo-

tiske Kræfter, ligesaalidt kan den alene bero paa Filtration, da heller ikke denne vil kunne forklare den stærke Concentration af visse Stoffer i Urinen. Urinsecretionen maa derfor i alt Fald for en væsentlig Del antages at være en Funktion af Nyreepithelet; at dette virkeligt er Tilfældet fremgaar paa afgørende Maade deraf, at der i Nyrerne foregaar et meget betydeligt Stofskifte, og at dette kan mangedobles, naar Urinsecretionen forøges stærkt f. Ex. ved Indførelse af Urinstof i Blodet. Man har i saadanne Tilfælde fundet, at indtil $^1/_{10}$ af den af Organismen optagne Iltmængde omsættes i Nyrerne, skønt disse kun udgør $^1/_{162}$ af Legemets Vægt. Det er i denne Forbindelse værd at lægge Mærke til, at Nyrekarrene, specielt Nyrearterien, er mange Gange større end Blodkarrene til de fleste andre Organer af Nyrernes Dimensioner.

Nyrens stærkt complicerede Bygning antyder, at Urinsecretionen er en forholdsvis sammensat Proces, hvis Detailler er knyttede til særlige Strukturforhold; det vil derfor være paa sin Plads at opfriske Hovedpunkterne angaaende Nyrens Bygning. Nyren bestaar af et ydre, $^1/_2$ cm tykt Grændselag, Barklaget, Substantia corticalis, og indenfor dette et Marvlag, Substantia medullaris, som paa et Længdesnit, der deler Nyren symmetrisk, viser sig som en Række trekantede Felter, hvilket beror paa, at den er opbygget af pyramideformede Legemer, Pyramiderne, adskilte fra hinanden ved Forlængelser af Barksubstansen, Columnæ Bertini. Pyramidernes Basis vender mod Barklaget, deres Spids mod Sinus renis, hvor den rager frem som en Papilla renis og omfattes af en Calyx. Fra Sinus renis forløber Nyrekarrene op imellem Pyramiderne til Cortex, hvor de forløber i Buer paa Pyramidernes Basis; herfra sender de Grene ud i Barklaget. Fra disse radiært forløbende Arteriegrene udgaar finere Grene til de for Cortex ejendommelige Dannelser, de saakaldte Malpighi'ske Legemer, smaa, nærmest kugleformede Legemer, der bestaar af to Dele, et Karnøgle, Glo-

merulus, og en omgivende Kapsel, den Bowmann'ske Kapsel, der er Begyndelsen til en Urinkanal. Corpuscula Malpighi kan ses med det blotte Øje som livligt røde Punkter; til hvert af disse fører altsaa en lille Arterie, Vas afferens, der opløser sig til et Karnøgle, Glomerulus, hvorfra atter et enkelt Kar, Vas efferens, der er betydeligt mindre end det tilførende Kar, leder Blodet videre. Glomerulus er omgivet af den Bowmann'ske Kapsel, hvis inderste Cellelag som det viscerale Blad af en serøs Membran beklæder Glomerulus, danner en Omslagsfold omkring de til- og fraførende Kar og gaar over i et ydre Lag, der lige overfor »Hilus« indsnævres til den snoede Urinkanal. Kapslen, der altsaa er skaalformet som en Gummibold, der er trykket ind i sig selv, er dannet af et meget tyndt enlaget Epithel. Fra Kapslen udgaar en snoet Urinkanal, Tubulus contortus, der fortsættes ned i Marvsubstansen som en lang Slynge, den Henle'ske Slynge, hvis opstigende Gren ved en Tubulus contortus af 2. Orden gaar over i Samlerørene. Disse forløber ned gennem Pyramiderne og udmunder paa Papillerne med en Række fine Aabninger. De fra Glomeruli førende smaa Arterier opløser sig paany til Kapillærer omkring Urinkanalerne, hvorfra de atter samles til Vener, hvis Forløb i Hovedsagen svarer til Arteriernes. Epithelet har i Urinkanalerne, naar Samlerørene undtages, i udpræget Grad Karaktér af Kirtelepithel; dets Form er for øvrigt ret varierende i de forskellige Afsnit af Kanalen.

Det er experimentelt godtgjort, at Hovedmassen af Vandet afsondres fra Glomeruli; man finder derfor ogsaa, at hvis man forgifter et Forsøgsdyr med Cantharidin, et Giftstof, der særligt angriber Glomeruli, da vil der afsondres en meget sparsom men stærkt concentreret Urin. Hvorledes Udskillelsen foregaar, er endnu Genstand for Diskussion, man antager dog vistnok almindeligt, at den foregaar ved Filtration ud i den Bowmann'ske Kapsel, idet den afsondrede Mængde varierer med Kapillærtrykket. Dette stiger under i øvrigt

lige Forhold ved hydræmiske Tilstande, der enten kan opstaa derved, at der absorberes større Vædskemængder fra Tarmen, eller derved, at der bringes større Mængder af Salte ind i Blodet; i sidste Tilfælde vil dettes osmotiske Tryk stige, og det vil tiltrække Vand fra Vævene. Saavel Vanddrikning som Indgift af visse Salte virker derfor paaskyndende paa Nyresecretionen, diuretisk. Det er dog ikke udelukket, at Diuresen kan reguleres paa en ganske anden Maade, nemlig af Hormoner fra Binyren, idet man for ganske nylig har paavist en direkte Karforbindelse mellem denne og Nyren; noget afgørende foreligger imidlertid ikke endnu. Man antager, at der i den Bowmann'ske Kapsel afsondres en Urin, der har Blodplasmaets Sammensætning og Concentration, hvad Salte angaar; denne modificeres paa forskellig Maade i de snoede Urinkanaler, hvis Epithel maa antages dels at kunne reabsorbere saavel Vand som Salte, dels at secernere de specifike Urinbestanddele, først og fremmest Urinstof; forgifter man et Dyr med Chromsalte, der besidder Evnen til at ødelægge Epithelet i Tubuli contorti, da faar man en rigelig, lidet vægtfyldig Urin. Urinens faste Bestanddele dannes dog ikke i Nyrerne men føres med Blodet til disse; de udsondres ved en aktiv Secretionsproces af Cellerne i Tubuli concorti, uafhængigt af Vandafsondringen og uafhængige af hinanden. Fremmede Bestanddele i Blodet udskilles som Regel fuldstændigt, derimod udskilles de normale Bestanddele først, naar deres Concentration i Blodet overskrider en vis Grændse, der ganske vist for de normale Nedbrydningsprodukters Vedkommende ligger temmelig lavt, saaledes for Svovlsyre, Ammoniak og Urinstof, for andre Stoffer som f. Ex. Chlornatrium og Druesukker derimod ret højt. Naar Grændsen overskrides, vil Nyren »skumme« det paagældende Stof af Blodet, indtil de normale Forhold er genoprettede. Concentrationen af dette bliver da meget ofte betydeligt højere i Urinen end i Blodet.

For de abnorme Urinbestanddeles Vedkommende gælder

vistnok andre Love; det antages at Æggehvide udskilles gennem Glomeruli.

Nervesystemets Forhold til Nyresecretionen er meget lidt kendt; man har ikke med Sikkerhed kunnet paavise noget Afhængighedsforhold mellem denne og Centralnervesystemet.

Urinvejenes Funktioner.

Det fra Nyrens Samlerør udflydende Secret optages i Nyrebækkenet og flyder derfra gennem Uretererne til Vesica. Passagen gennem Uretererne er imidlertid ikke et Resultat alene af statiske Kræfter; Ureter er en Kanal med muskuløse Vægge, og disse bliver, naar Urinen passerer, Sæde for bølgeformede Kontraktioner, der forløber fra Nyrebækkenet til Vesica. I Almindelighed kontraherer de to Ureterer sig skiftevis; Rhytmen afhænger af Diuresens Størrelse saaledes, at den stiger med tiltagende Diurese; under sædvanlige Forhold anslaaes den til omtrent 4 pr. Minut. Ureter forløber skraat igennem Blærevæggen, og dens Lumen ender indad med en slidseformet Aabning i et af de bageste Hjørner af Trigonum Lieutaudii; denne Aabning virker, idet det indre Tryk i Vesica stiger, som en Ventil, der hindrer Urinen i at løbe tilbage i Ureter, og den fordrer paa den anden Side altsaa et Tryk større end Trykket i Blæren for at aabne sig. Dette Tryk præsteres af den »peristaltiske« Bevægelse af Ureter. Man kan i Cystoscopet direkte iagttage, hvorledes Urinen sprøjtes ind i Vesica skiftevis fra de to Ureterer.

Vesica urinaria har efter sin Fyldningsgrad en meget forskellig Form. Dens mest fastliggende Parti dannes af Blæregrunden, der er fast forbundet med Bækkenets Bindevæv; dette Parti, Trigonum vesicæ (s. Lieutaudii), er trekantet med én Spids, svarende til Afgangsstedet for Urethra, vendende fremad, to bagtil, svarende til Indmundingsstederne for Uretererne, symmetrisk beliggende i Forhold til Midtlinien.

Blærevæggen, hvis Tykkelse ligeledes retter sig efter Fyldningsgraden, bestaar i Hovedsagen af glat Muskulatur, der er ordnet i flere Lag, af hvilke det yderste har længdeløbende, det midterste cirkulært forløbende og det inderste skraatforløbende Fibre. Dette sidste dannes af krydsede Bundter, ikke af jævne Strøg, og giver derfor Blærevæggen, naar den ses indvendigt fra og navnlig i kontraheret Tilstand, et grubet, trabeculært Udseende, idet Slimhinden sænker sig ned mellem Muskelbundterne. Blæremuskulaturens Bundter kan for øvrigt under Fyldningen i nogen Maade skifte Retning, hvorved Væggens Spænding tiltager mindre stærkt end Organets Fyldning. I funktionel Henseende skelner man mellem to Afsnit af Blæremuskulaturen, nemlig et stærkt, circulært forløbende Lag omkring Urethralmundingen, opstaaet dels af Blærevæggens midterste Lag, dels af særlige Strøg fra Trigonum, der danner en indre Sfincter, og paa den anden Side hele den øvrige Muskulatur, der tilsammen tjener til at formindske Blærens Lumen, under ét kaldet Detrusor urinæ. Indvendig er Vesica beklædt med en Slimhinde, der atter er dækket af et flerlaget Epithel, hvis Overfladelag dannes af karakteristiske, store polygonale Celler. Blæreepithelet udmærker sig ved at være fuldstændig uigennemtrængeligt for Vand saavel som for Salte; Urinen kan derfor opholde sig i Vesica i timevis uden at forandre sin Sammensætning. Vesica er rigeligt forsynet med Nerver, stammende saavel fra Lumbal- som fra Sacralmarven, i Hovedsagen forløbende i autonome Baner; endvidere findes Ganglier i selve Blærevæggen.

Tømningen af Vesica, Urineringen, er en Reflexakt, hvis Centrum findes i Sacralmarven og er forbundet med Centret for Defæcationen, ligesom det i høj Grad er underkastet Storhjærnens hemmende Indflydelse. Det perifere Irritament, der udløser Tømningsreflexen, udgaar normalt fra Blærevæggen og bestaar i en Udspænding af denne. Naar det intravesicale Tryk stiger til omtrent 150 mm Vand, hvil-

ket under almindelige Forhold sker ved en Fyldning paa henved 250 cc., da vil der optræde rhytmiske Kontraktioner af Blærevæggen, der ved tiltagende Spænding bliver stærkere og stærkere; disse Kontraktioner virker atter paa sensitive Nerveender i Blærevæggen, hvorfra Impulser udgaar til Reflexcentret. Dettes Virksomhed giver sig dernæst til Kende dels ved en Kontraktion af Detrusor, dels ved en Formindskelse af Sfincters Tonus. Refleksbevægelsen kan hemmes ad central Vej, dels ved hemmende Impulser til Reflexcentret, dels ved Kontraktion af en tværstribet Lukkemuskel i Trigonum urogenitale. Reflexen kan indledes vilkaarligt, idet man spænder Bugpressen, hvorved det intravesicale Tryk forhøjes; samtidig afspændes den ydre Sfincter. Hvis den naturlige Urineringstrang undertrykkes vedholdende ad vilkaarlig Vej, vil den efterhaanden aftage, hvilket antageligt beror paa en Formindskelse af Blæremuskulaturens Tonus. Hvis Vesica er afskaaret fra Centralnervesystemet, eller hvis Reflexcentret er destrueret, da vil de omtalte rhytmiske Bevægelser af Blærevæggen kunne blive saa stærke, at de overvinder Sfincter, hvorved en Del af Blærens Indhold udtømmes; men Tømningen vil under disse Omstændigheder altid blive ufuldstændig.

Ved samtidig Trang til Urinering og Defæcation kan det være meget vanskeligt vilkaarligt at hemme den ene Reflex uden samtidig at influere paa den anden.

Hudkirtlerne.

Huden har talrige Funktioner; dels tjener den til Legemets Beskyttelse saavel mod mekaniske Insulter som mod Bakterier, dels er den Sanseorgan og har som saadant stor indirekte Indflydelse ogsaa paa de motoriske Funktioner, dels staar den i flere Henseender i Varmeregulationens Tjeneste, og endelig er den altsaa Excretionsorgan; kun for Fuld-

stændigheds Skyld skal nævnes, at ogsaa Opsugning i visse Tilfælde kan finde Sted fra Huden. Som Excretionsorgan synes Huden kun at have ringe Betydning, der udskilles gennem denne lidt Kulsyre og noget Urinstof, men dens Kirtelsecreter synes i overvejende Grad at tjene andre Formaal. Hudkirtlerne er to Slags, Talgkirtler og Svedkirtler; hertil kommer Mælkekirtlerne, der morphologisk hører til Hudkirtlerne, men hvis Funktioner er saa nøje knyttet til Forplantningen, at de mere praktisk finder Omtale i et senere Afsnit.

Talgkirtlerne.

Hudens Talgkirtler er acinøse Kirtler, der udmunder i Haarskederne. Under Secretionsprocessen, der foregaar uafbrudt, gaar Kirtelcellerne til Grunde, og man finder derfor Kirtellumina og Udførselsgange fyldte med Detritus og det fedtagtige Secret. Dette bestaar dog kun for en ringe Del af Triglycerider, men indeholder Cholesterin og Forbindelser af Fedtsyrer med andre monovalente Alkoholer med stort Kulstofindhold og minder saaledes i Sammensætning om Vox. Talgkirtlerne findes i forskelligt Antal i de forskellige Regioner, særlig store og talrige er de paa Næsen. Secretionen foregaar med ulige Intensitet paa de forskellige Alderstrin, den er sparsom hos Børn, stærkest i den kraftigste Alder. Hudfedtets Funktion er navnlig den, at beskytte Huden; det er meget egnet i denne Henseende, idet det ligesom Lanolin kan optage indtil 100 % Vand; tillige er det meget modstandsdygtigt mod Mikroorganismer. Secretionen synes at foregaa ganske uafhængigt af Nervesystemet, og Secretets Udtømmelse antages at skyldes Kompression af Kirtlen ved Hjælp af Mm. arrectores pili. Nogen større Betydning har disse Kirtler vistnok ikke.

SVEDKIRTLERNE.

Svedkirtlerne er ugrenede Rørkirtler, hvis Kirtelgange er rullede op som smaa Nøgler, der er beliggende i Corium's dybeste Lag eller i Tela subcutanea; herfra forløber de tilsidst proptrækkersnoede Udførselsgange til Hudens Overflade. Ogsaa Svedkirtlerne findes i ulige stort Antal i de forskellige Regioner, særlig talrige er de i Ansigtet, Pande, Næse og Kinder, samt i Haandflader og Fodsaaler; meget store Kirtler findes i Axillerne og i Ingvina. Secretet, Sveden, er en vandklar Vædske, der smager salt, og hvis Vægtfylde kun er ubetydeligt højere end Vandets Sveden indeholder lidt over 99 % Vand, dens Sammensætning varierer dog noget efter Secretets Mængde. De faste Stoffer er dels Mineralsalte, navnligt Na Cl, der dog findes i mindre Mængder end i Blodplasma, dels Urinstof, hvis Mængde er meget vexlende; i Almindelighed findes der kun ganske lidt, men Mængden kan ved visse Lejligheder, navnlig ved stærke Muskelanstrængelser, stige saa betydeligt, at indtil 12 % af Organismens Kvælstofudskillelse falder paa Sveden. Den samlede Svedproduktion er meget varierende, den anslaaes under sædvanlige Forhold til ca. 700 cc. i Døgnet, men under Ophold i tør, varm Luft og navnlig under Arbejde er den betydelig større; i Svedebade har man konstateret en Svedproduktion paa indtil en Liter i $^1/_2$ Time, men en saa stærk Afsondring kan ikke vedvare gennem længere Tid. Organismen kan altsaa gennem Sveden skille sig af med Vand og Urinstof; da Udskillelsen af disse Stoffer imidlertid ogsaa foregaar ad anden Vej, for Vandets Vedkommende gennem Nyrer og Lunger, for Urinstoffets Vedkommende gennem Nyrerne, er Svedkirtlernes Betydning som Excretionsorganer forholdsvis underordnet; de staar først og fremmest i Varmeregulationens Tjeneste (se senere).

Nogle Forfattere hævder, at den egentlige Sved kun afsondres, naar Varmeregulationen kræver det, medens Sved-

kirtlernes normale Secret er en sparsom, fedtholdig Vædske, der tjener til at smidiggøre Huden. Svedkirtlerne overtager altsaa i Følge denne Betragtning den Funktion, som man i Almindelighed tillægger Talgkirtlerne. Denne Opfattelse støtter sig paa forskellige Kendsgerninger og synes i det Hele ret vel funderet. Man hævder navnligt, at Haandfladerne, hvor Talgkirtler ikke findes, aldrig bliver tørre, men derimod meget let bliver paafaldende fedtede, endvidere at Børn, hos hvem Talgkirtlernes Funktion er ringe, dog altid har en smidig og fedtet Hud. Endelig maa det erindres, at Talgkirtelfunktionen næppe kvantitativt vilde kunne præstere den Mængde Secret, der maatte fordres, hvis den alene skulde være tilstrækkelig til Hudens sædvanlige Indfedtning

Sveden dannes i Kirtlerne ved Kirtelepithelets Virksomhed, og denne kan stimuleres ad flere Veje. En Stigning af Legemstemperaturen udover et vist Punkt fremkalder saaledes en profus Secretion, visse psychiske Indtryk har samme Virkning (Angstens Sved). Secretionen kan endvidere udløses reflektorisk fra Smagsorganet; som bekendt virker Sennop og andre stærke Krydderier paa denne Maade; endelig kan visse Gifte fremkalde Sved ved en direkte Virkning paa Kirtlerne. — Svedsecretionen reguleres under almindelige Forhold fra underordnede Centre i Rygmarven; der findes dog utvivlsomt ogsaa cerebrale Centre. De perifere Nerver til Kirtlerne tilhører det autonome Nervesystem.

STOFSKIFTETS KVANTITATIVE FORHOLD

I det følgende Kapitel skal Dissimilationsprocesserne betragtes noget mere indgaaende med Hensyn til deres Betydning som Energikilde for Organismen.

Indledende Bemærkninger.

Energi kan ligesaalidt som Stof forsvinde, men den kan optræde under skiftende Former. De Energiformer, der i denne Forbindelse har Interesse, er Varme, kemisk Energi og mekanisk Energi, der maales ved Hjælp af de fra Fysiken kendte Maaleenheder. Det absolute Maal for Arbejde er en Erg. Da Arbejde defineres som Kraften gange den Vej, gennem hvilken den virker, bliver 1 Erg = det Arbejde, der udføres, idet Kraftenheden en Dyn bevæger et materielt Punkt 1 cm i Kraftens Retning. Udføres dette Arbejde i Løbet af et Secund, har man 1 Secunderg, men da denne er en meget lille Størrelse, anvender man i Stedet for i Praksis en noget større Enhed, nemlig en Watt = 10^7 Secunderg. Ofte benytter man dog ikke disse saakaldte absolute Enheder men udtrykker Kraften i Vægt og bruger da som Enhed 1 kg, medens Arbejdsenheden kaldes 1 kgm (Kilogrammeter), d. v. s. det Arbejde, der fordres for at løfte Vægten 1 kg 1 m mod Tyngden; hertil føjes saa en Tidsbestemmelse. Har man at gøre med større Arbejdsmængder

anvendes ofte Enheden 1 Hestekraft (H P) = 75 kgm pr. Secund. 1 H P = 736 Watt.

Varmeenheden kaldes en Kalorie; i Fysiken forstaar man ved en Kalorie (cal.) den Varmemængde, der medgaar til at opvarme 1 gr destilleret Vand 1° C; da Vandets Varmefylde ikke er den samme ved alle Temperaturer, maa man angive, paa hvilket Sted i Skalaen Kalorien er maalt. I Fysiologien anvendes som Regel 1 stor Kalorie, Kilokalorie (Cal.), der er lig 1000 cal.

I Følge den mekaniske Varmeteori kan Arbejde forvandles til Varme og omvendt, og denne Omdannelse foregaar altid efter ganske bestemte Love. Man har fundet, at den mekaniske Varmeæquivalent, d. v. s. den Varmemængde, som Arbejdsenheden er i Stand til at udvikle, er 0,24 cal., altsaa 1 Watt = 0,24 cal. pr. Sec. eller, hvad der er det samme, 1 Cal. = 427 kgm Denne Lov gælder dog ikke uden Indskrænkninger. Man kan altid omforme Arbejde til Varme og faa fuld Æquivalens af denne sidste Energiform, men man kan ikke uden videre gaa den modsatte Vej, man kan ikke omforme en given Varmemængde til en æquivalent Arbejdsmængde. Grunden hertil er dels den, at en Del Varme altid vil brede sig til Omgivelserne, dels, at det ikke er muligt at udvinde al den Varme, som et Legeme indeholder, med mindre man kan afkøle det til det absolute Nulpunkt, og dette lader sig ikke gøre. En større eller mindre Del af en given Varmemængde kan altsaa omformes til Arbejde i det ovenfor angivne Forhold, men en anden Del vil vedblive at være Varme. Forholdet mellem det udviklede Arbejde og den totale Varmemængde kalder man den mekaniske Nyttevirkning. I en Dampmaskine omsættes Kullenes latente Energi til Varme, der atter omsættes til Arbejde; denne sidste Omdannelse er imidlertid ret mangelfuld, selv i de bedste Maskiner regner man kun med en Nyttevirkning paa indtil 15 %. Nu er den menneskelige Organisme efter al Rimelighed ikke at betragte som en

Varmemaskine men som en Maskine, der producerer Spændingsenergi, idet man maa antage, at Næringsstoffernes latente Energi omsættes dels til Spændingsenergi, dels til Varme (se denne Bogs Hefte II); men derfor kan man naturligvis meget vel tale om en mekanisk Nyttevirkning i den ovenfor nævnte Betydning for Organismens Vedkommende, idet man ved denne forstaar Forholdet mellem det udførte tekniske Arbejde A og den i samme Tid frigjorte kemiske Energi Q; man har altsaa $N = A/Q$. Det maa imidlertid erindres, at Bestemmelser af denne Art vel kan have praktisk, maaske ogsaa social Interesse; men at de i fysiologisk Henseende er ret intetsigende, idet den saaledes beregnede Nyttevirkning er afhængig af saa mange ydre Faktorer, at den intet oplyser om de fysiologiske Processers Natur, der ligger til Grund for Arbejdet. Som fysiologisk Størrelse betragtet bliver Nyttevirkningen som tidligere omtalt at beregne efter Formlen $N = S/q$, hvor S er den udviklede potentielle Energi, og q er den som Følge af Irritamentet opstaaede Forøgelse af Stofskiftet; man bestemmer dog i Almindelighed i fysiologiske Forsøg Nyttevirkningen efter en tredie Formel nemlig $N = A/Q - Q_1$, idet man nøjes med at bestemme det tekniske Arbejde og for q sætter $Q - Q_1$, hvor Q har samme Betydning som ovenfor, medens Q_1 betegner et »Hvilestofskifte«, der anvendes som »Grundlinie« for Beregningerne. Som saadan bør den i det foreliggende Tilfælde anvendte Arbejdsstilling benyttes, da man paa denne Maade kommer det virkelige q saa nær som muligt; men naturligvis vil denne Differens, naar Q_1 nærmer sig Q, blive temmelig usikker. Endnu større Usikkerhed klæber der dog ved Bestemmelsen af S. Denne Størrelse er aldrig lig A men større end det tekniske Arbejde, idet Spændingsenergien dels direkte omformes til teknisk Arbejde, dels til Arbejde bestaaende i at bevæge visse af Legemets Afsnit, — det fordrer f. Eks. et ikke ringe Arbejde at bevæge Underextremiteternes Tyngdepunkt under Cycling, hvor disse danner et ensidigt

belastet System —, dels til saakaldet statisk Arbejde, der i større eller mindre Udstrækning er nødvendigt til Sikring af en bestemt Stilling af Legemet. I visse Tilfælde kan det tekniske Arbejde blive langt den mindste Del af Arbejdspræstationen, og man har hidtil ingen sikre Midler til at korrigere Størrelsen A. De foreliggende Beregninger af den fysiologiske Nyttevirkning maa derfor betragtes med et vist Forbehold, men herom nærmere i et senere Afsnit. Man har fra fysisk Side gjort opmærksom paa, at den sidste Formel ogsaa teoretisk er uholdbar, idet man vil kunne faa en endelig Værdi for N ogsaa for A = 0; da imidlertid den praktiske Anvendelse af Formlen paa Grund af den Usikkerhed, der klæber ved Bestemmelsen af de deri forekommende Størrelser, dog er udelukket i denne Del af Skalaen, har disse Indvendinger for Øjeblikket underordnet Interesse. Saalænge man ikke kan bestemme de Størrelser, som den fysiologiske Formel kræver, vil den sidstnævnte Formel i alle Tilfælde, hvor det gælder om at skaffe sig et Skøn over den fysiologiske Nyttevirkning, være at foretrække for den af Teknikerne anvendte.

Til Bestemmelse af den Varmemængde, som en vis Mængde af et Stof udvikler ved Forbrænding, anvendes et Forbrændingskalorimeter. Dette bestaar af et Forbrændingskammer dannet af et Stof, der ikke kan angribes af Forbrændingsprodukterne, og omgivet med en Vandkappe, der er isoleret mod Varmetab til Omgivelserne, forsynet med Thermometer og Omrører. Forbrændingskammeret er en stærk Metalbeholder, der fyldes med komprimeret Ilt; Stoffet, der skal undersøges, anbringes i Tabletform i en lille Platindigel og antændes ad elektrisk Vej ved Hjælp af en meget tynd Jærntraad, der øjeblikkeligt brænder over, naar Strømmen sluttes. Den udviklede Forbrændingsvarme ledes til Vandbadet og kan, naar Forbrændingskammerets Varmekapacitet er bekendt, beregnes af Temperaturstigningen i dette. — Ved kalorimetriske Forsøg har man fundet, at Forbræn-

dingsvarmen for Kulhydrater varierer mellem 3,7 og 4,2 Cal. pr. Gram; som Gennemsnitsværdi anvender man ved Beregning af Stofskifteforsøg Tallet 4,1. Forbrændingsvarmen for 1 gr Fedt er i Gennemsnit 9,3 Cal. og for 1 gr. Proteinstof af Kød 5,6 Cal. For at en kemisk Forbindelse skal kunne udvikle Varme, behøver den imidlertid ikke at »forbrænde« i Ordets almindelige Betydning. Det har vist sig ved Forsøg, at naar et Stof efterhaanden omdannes til de samme simplere Forbindelser, som opstaar, naar Stoffet forbrænder, da frigøres der altid samme Varmemængde, ligegyldigt hvilke intermediære Produkter, der end har været dannet, Hess' Lov. Standser Nedbrydningsprocessen paa et Mellemstadium, da finder man den udviklede Varme ved fra den totale Forbrændingsvarme at subtrahere Restprodukternes Forbrændingsvarme. Nu forbrænder Proteinstofferne i Forbrændingskalorimetret til CO_2, H_2O, N_2 og SO_2, medens de i Organismen iltes ufuldstændigt, idet kun en Del af Kulstoffet, Ilten og Brinten danner CO_2 og H_2O, medens en anden Del af disse Stoffer udskilles gennem Nyrerne i den kvælstofholdige Rest; kun Svovlet iltes fuldstændigt til Sulfater. For at finde Proteinstoffernes Forbrændingsvarme i Organismen maa man altsaa fra det i Kalorimeterforsøgene fundne Tal trække Forbrændingsvarmen af den kvælstofholdige Rest. Naar denne Subtraktion foretages, finder man som Gennemsnitstal for Proteinstoffernes Forbrændingsvarme i Organismen 4,1 Cal. pr. Gram.

STOFSKIFTEFORSØG.

Hvis man i Almindelighed vil undersøge, hvorvidt Hess' Lov gælder i den levende Organisme, da anbringer man Forsøgsindividet i et Respirationskalorimeter, maaler den kaloriske Værdi af Føden og af Organismens Excretioner samt den producerede Varme. Man vil da, naar Hensyn tages til Organismens Tilstand før og efter Forsøget, finde fuldstændig

Overensstemmelse mellem den fundne og den beregnede Varmemængde. Naar dette Bevis er ført, kan man altsaa, hvor Omstændighederne gør det ønskeligt, undgaa den direkte Kalorimetri og nøjes med en Stofskifteberegning.

Forsøg af denne Art er imidlertid først foretagne i den senere Tid; man har ikke taget Springet direkte fra de fysiske Grundsætninger til Organismens Ernæring. De første Stofskifteforsøg gik ud paa at bestemme Fødens Næringsværdi, at undersøge, hvor megen og hvilken Slags Føde, der var nødvendig for Organismen; som Kriterium for Tilstrækkeligheden opstillede man den Fordring, at Forsøgsindividet skulde holde sin Vægt. Da det imidlertid blev klart, at Spørgsmaalet om, hvorvidt Legemets potentielle Energi var forandret eller ikke, ikke lod sig besvare alene ved Vejning, idet f. Eks. et eventuelt Vægttab som Følge af Nedbrydning af Fedt kunde kompenseres ved Optagelse af Vand, gik man over til at bestemme, hvor meget den indgivne Føde »sparede« af Organismens Væv, idet man først undersøgte, hvor meget Individet tabte under Inanition, dernæst, hvorledes det forholdt sig, naar man tilførte en afmaalt Mængde af en bestemt Slags Føde. Da den sultende Organisme hovedsageligt nedbryder Proteinstof og Fedt, udtrykte man altsaa et Næringsstofs Værdi ved dets Evne til at spare Albuminstof eller Fedt. Forsøgsresultaterne viste sig imidlertid vanskelige at tyde, idet et givet Næringsmiddel kunde »spare« Fedt men give forøget Nedbrydning af Æggehvide; herved ledtes man ind paa den Opfattelse, at de forskellige Næringsstoffer efter visse bestemte Regler kunde erstatte hinanden, en Opfattelse, der særligt er blevet udformet af Rubner, der tog det afgørende Skridt at gaa over til Beregning af Fødens Energiindhold.

For at kunne opstille et fuldstændigt Stofskifteregnskab maa man foretage en Elementæranalyse saavel af Føden som af Urin, Excrementer, Hudsecreter og Udaandingsluft; tillige maa man kende den optagne Iltmængde. Naar disse Data

er skaffede til Veje, kan man afgøre, om de paagældende Grundstoffer har været til Stede i Føden i tilstrækkelige Kvantiteter, eventuelt om et eller flere af disse er blevet tilbageholdte i Organismen og i bekræftende Fald i hvilke Mængder. Naar man kender den procentiske Sammensætning af de Stoffer, der udgør Føden, kan man atter beregne hvor meget af hvert af disse, der har deltaget i Omsætningen. Hvorledes skaffer man sig nu disse Oplysninger?

For Fødemidlernes Vedkommende kan man som Regel hjælpe sig med at veje disse og beregne deres kaloriske Værdi ved Hjælp af Gennemsnitsanalyser. Hvad Organismens Excreter angaar, da er det let at opsamle Urinen fra en bestemt Forsøgsperiode; større Vanskeligheder volder Excrementerne, fordi disse ophobes i Tarmen gennem længere Tid. Man maa derfor begynde og slutte Forsøgsperioden med Indgift af saadanne Stoffer, der danner karakteristiske Excrementer, eller man maa med Føden indgive visse Farvestoffer, der farver Excrementerne stærkt. Medens Hudafsondringen under almindelige Forhold har en ret underordnet Interesse, kan der under Arbejde gennem Huden udskilles ikke ubetydelige Mængder af kvælstofholdige Stoffer, og disse maa i saa Tilfælde opsamles og bestemmes. Mest omstændeligt er det dog i alle Tilfælde at bestemme de luftformige Stofskifteprodukter, det respiratoriske Stofskifte. Det er tidligere omtalt, hvorledes man kan bestemme Iltoptagelsen og Kulsyreudskillelsen, og andre Luftarter behøver man som Regel ikke hos Mennesket at tage Hensyn til, — Krogh har vist, at luftformigt Kvælstof ikke i maalelige Mængder optages eller udskilles med Respirationen, og det samme gælder Methan, Brint og Ammoniak —, men længerevarende Forsøg fordrer dog som Regel et mere kompliceret Apparat. Man kan inddele de Respirationsapparater, som i denne Forbindelse har Interesse, i to Hovedgrupper, nemlig saadanne, hvor Forsøgsindividet er indesluttet i et Respirationskammer, i hvilket det for øvrigt kan bevæge sig uhindret, og saa-

danne, der alene sættes i Forbindelse med Forsøgsindividets Luftveje. Denne sidste Form er dog ikke egnet til langvarige Forsøg, bl. a. fordi Forsøgsindividets Bevægelighed altid vil være hindret i ikke ringe Grad. Hver af disse Former har atter to Typer, idet Respirationen enten kan foregaa i et aflukket Rum (Regnault-Apparater), hvor den dannede CO_2 efterhaanden absorberes, medens der stadigt tilsættes rent Ilt til konstant Volumen, eller man kan lede en permanent Luftstrøm gennem Apparatet (Pettenkofer-Apparater) og undersøge dennes Sammensætning, hvor den træder ind, og hvor den træder ud af Apparatet. De forskellige Former har naturligvis hver sit bestemte Omraade indenfor Stofskiftefysiologien; en Udredning af disse Forhold ligger imidlertid udenfor denne Fremstillings Rammer; hér skal kun enkelte Exempler omtales lidt nærmere.

Fig. 29 viser et Regnault-Apparat i sin mest enkle Form, bestemt til Undersøgelse paa Smaadyr (Krogh). Apparatet bestaar af to ens Beholdere forbundne med hinanden ved et Manometer; i den ene Beholder opholder Forsøgsdyret sig paa et gennemhullet Diaphragma, i dem begge findes i Bunden en vis Mængde Kalilud, for øvrigt er de luftfyldte. Ved Forsøgets Begyndelse er de to Beholdere nedsænkede i samme Vandbad og Manometervædsken staar i samme Højde i begge Manometerrørets Grene; efterhaanden som Forsøgsdyret producerer CO_2, vil denne absorberes af Kaliluden, og den indesluttede Luftmængde vil derfor formindskes svarende til Iltforbruget. Dette vil atter bevirke en Stigning af Manometervædsken i den med Kamret forbundne Gren, ved Hjælp af hvilken man, naar Apparatet i Forvejen er kalibreret, kan beregne Iltforbruget. Ilt kan tilsættes gennem O.

Fig. 25 viser et Pettenkofer-Apparat hørende til samme Hovedgruppe (Haldane). K er Respirationskammeret, Luften suges gennem Apparatet ved Hjælp af en Pumpe; før den træder ind i Kammeret, passerer den en Flaske med Natron-

kalk (et Stof der absorberer CO_2) og derpaa en anden indeholdende Pimpsten gennemtrukket med concentreret Svovlsyre, der optager Vanddamp; den kommer altsaa tør og kulsyrefri til Forsøgsdyret; den udgaaende Luft passerer derpaa atter en Svovlsyreflaske, en Beholder med Natronkalk og en ny Svovlsyreflaske samt en Gasmaaler, før den naar til Pumpen. Vægtforøgelsen af de to sidste Beholdere giver da den udskilte CO_2-Mængde, medens Vægtforøgelsen af de tre sidste Beholdere samt af Respirationskammeret svarer til den optagne Ilt. Apparater af ganske tilsvarende Konstruktion er anvendelige ogsaa til Respirationsforsøg med Mennesker og større Dyr.

Fig. 31 forestiller et Regnault-Apparat af den anden Gruppe (Krogh) bestemt saavel til kortvarige som til noget længerevarende Respirationsforsøg med Mennesker saavel i Hvile som under Muskelarbejde. Forsøgspersonen aander gennem Maske (eller Mundstykke) og Ventilapparat; der exspireres ind i en Blandingsbeholder, hvorfra Gennemsnitsprøver af Udaandingsluften kan tages gennem et Kapillærrør; fra Blandingsbeholderen gaar Luften til en stor Beholder med Natronkalk, hvor Kulsyren absorberes, og derfra til et Vippespirometer, der optegner Respirationsbevægelserne og ved sine Bevægelser tillige aabner og slutter en elektrisk Strøm, der automatisk regulerer Ilttilførslen. Ilten tilsættes paa det Sted, hvor Kulsyren absorberes. Fra Spirometret gaar atter en Ledning til en meget stor Inspirationsbeholder, hvori Luften blandes med en motordrevet Ventilator, og hvorfra Prøver af Indaandingsluften kan tages. Prøver af Lungeluften kan tages fra selve Ventilen.

Det som Fig. 27 afbildede Apparat, endelig, hører til den sidste af de fire Grupper. Apparatet er kun forbundet med Forsøgspersonens Respirationsveje, og den respirerede Luft circulerer ikke i lukket Ledning men fornyes stadigt. Til denne Type hører ogsaa forskellige transportable Respirationsapparater, blandt hvilke det mest bekendte er konstrueret af

Zuntz. En anden, mindre kompliceret Form, der synes særlig egnet til Brug ved Undersøgelse af Muskelarbeide, skyldes Douglas og findes afbildet som Fig. 30. Det bestaar af en Ventil, hvis fraførende Rør er forbundet med en vid Slange, der gaar op over Forsøgspersonens Hoved, idet den hviler paa en Bærekrans, og forbindes med en lufttæt sammenfoldelig Gummisæk, som Forsøgspersonen bærer paa Ryggen, og hvori altsaa Exspirationsluften opsamles.

Det mest fuldkomne Apparat er imidlertid Respirationskalorimetret, en Kombination af Respirationskammer og Kalorimeter, der efterhaanden er udviklet til at arbejde med stor Præcision. Man har i den seneste Tid indrettet det saaledes, at det automatisk registrerer Forsøgsindividets Bevægelser, et Forhold, der, naar Talen er om Bestemmelse af Hvilestofskiftet, er af den aller største Betydning (se senere).

Beregningen af Stofskifteforsøg

foregaar nu paa følgende Maade. Man foretager en Elementæranalyse af de vigtigste Grupper af Fødemidler; en saadan giver pr. 100 gr Tørstof i

	C	H	O	N	S
Kød	52,38	7,27	22,68	16,65	1,02
Fedt	76,10	12,10	11,80		
Glycogen	44,42	6,22	49.36		
Af de 100 gr Tørstof i Kødet findes i					
Urinen	9,41	2,66	14,10	16,28	1,02
Fæces	1,47	0,21	0,89	0,37	
der bliver altsaa til Rest					
	41,50	4,40	7,69		

Heraf kan dannes 152,17 gr CO_2 og 39,32 gr H_2O, hvori indeholdes 145,59 gr O_2; der maa altsaa ved Aandedrættet være tilført 137,90 gr O_2. Naar Kød nedbrydes i

Organismen, forbruges der for hvert Gram Kvælstof i Urinen $\frac{137,90}{16,28} = 8,47$ gr $= 5,92$ L O_2, og dannes der $\frac{152,17}{16,28} =$ 9,35 gr $= 4,75$ L CO_2, hvilket svarer til en respiratorisk Kvotient paa 0,80.

Disse Tal gælder i alt Fald for Menneskeurin i alle Tilfælde med tilstrækkelig Nøjagtighed. Man behøver derfor ikke at foretage en fuldstændig Elementæranalyse af Urinen men kan nøjes med en Bestemmelse af Kvælstofmængden. Denne foregaar efter Kjeldahl's Metode. Man koger Urinen (den samme Fremgangsmaade anvendes ogsaa overfor andre N-holdige organiske Stoffer) med concentreret Svovlsyre, hvorved alt organisk Stof destrueres, og tilsætter derefter et Iltningsmiddel; man faar da alt Kvælstoffet omdannet til Ammoniak, der med Svovlsyren danner Ammoniumsulfat. Naar derefter dette Stof koges med Natronlud, uddrives Ammoniaken, der kan opsamles i et Forlag indeholdende en kendt Mængde Svovlsyre. Naar al Ammoniak er destilleret over, titreres Svovlsyren.

Den i Excrementerne fundne Kvæfstofmængde stammer kun til Dels fra Organismens Excretioner og kan derfor ikke uden videre bringes i Regning, naar det gælder om at bestemme, hvor meget Proteinstof, der er nedbrudt. Den Mængde, man i saa Henseende har at tage Hensyn til, anslaaes til 1 gr pr. Døgn.

(I Praxis regner man Mængden af nedbrudt Proteinstof til $(a + 1) \cdot 6,25$ gr, hvor a er Urinkvælstoffet i gr bestemt efter Kjeldahl's Metode, idet man anslaar det saaledes bestemte Kvælstof til 16 % af Proteinstofferne).

Af Fedtets Sammensætning fremgaar, at der til Forbrænding af 1 gr Fedt forbruges 2,845 gr $= 1,99$ L O_2 og dannes 2,79 gr $= 1,42$ L CO_2, hvoraf følger en respiratorisk Kvotient $= 0,71$. Altsaa svarer 1 gr C i Exspirationsluften til 1,31 gr forbrændt Fedt.

Kulhydraterne kræver til Forbrænding 1,185 gr $=$ 0,828 L O_2

pr. gr og de leverer til Gengæld 1,692 gr = 0,828 L CO_2, hvilket giver R. Q. = 1,00.

Ved Hjælp af disse Data kan Stofskiftet beregnes. Saalænge det kun drejer sig om Kød og Fedt, er Sagen forholdsvis simpel, som efterfølgende Exempel viser:

	gr N	gr C
Indgivet pr. Døgn 238 gr Kød og Fedt, hvori	8,6	40,9
Fundet i Urin, Excrementer og Exspirationsluft	7,8	24,2
Forsøgsdyret har altsaa tilbageholdt	0,8	16,7

Hvis det tilbageholdte er aflejret som Kød og Fedt, da er Tilvæxten i Kødtørstof $0{,}8 \frac{100}{16{,}65} = 4{,}8$ gr. I denne Mængde Proteinstof findes $4{,}8 \frac{52{,}4}{100} = 2{,}5$ gr C. Resten af Kulstoffet 16,7 — 2,5 = 14,2 gr maa altsaa være aflejret som Fedt, og Fedtaflejringens Størrelse bliver 14,2 × 1,31 = 18,5 gr. En ganske tilsvarende Regning giver Mængden af nedbrudt Kød og Fedt.

Hvis ogsaa Iltoptagelsen er bestemt, kan man beregne hvor meget Fedt og Kulhydrat der i et givet Tilfælde er nedbrudt.

Exempel: I Urinen findes 12,24 gr N, Respirationsforsøget giver en Iltoptagelse paa 533,6 gr og en Kulsyreudskillelse paa 569,9 gr, R. Q. = 0,78.

Til 12,24 gr N svarer 73,4 gr Kødæggehvide. Trækkes fra den optagne Iltmængde 12,24 × 8,47 = 103,7 gr og fra den udskilte CO_2-Mængde 12,24 × 9,35 = 114,5 gr da faar man 429,9 gr = 300,4 L O_2 og 455,4 gr = 231,5 L CO_2 [1]) som et Udtryk for Omsætningen af Fedt og Kulhydrater. Kvotienten bliver 0,77. Kalder man Mængden af nedbrudt Fedt x og Mængden af nedbrudt Kulhydrat y, da har man,

[1]) 1 L Ilt vejer 1,43 gr, 1 L Kultveilte 1,965 gr.

idet der til Forbrænding af 1 gr Fedt medgaar 1,99 L O_2 og til Forbrænding af 1 gr Kulhydrat 0,828 L O_2

$$1{,}99x + 0{,}828y = 300{,}4 = a$$

og iflg. et tilsvarende Raisonnement for Kulsyrens Vedkommende

$$1{,}42x + 0{,}828y = 231{,}5 = b,$$

hvoraf ved Subtraktion

$$0{,}57x = 68{,}9 \text{ eller } x = 120{,}9,$$

hvilket indsat i den første Ligning giver

$$0{,}828y = 59{,}9 \text{ eller } y = 72{,}4.$$

Der er altsaa nedbrudt 120,9 gr Fedt og 72,4 gr Glycogén. I Almindelighed har man $x = \frac{a - b}{0{,}57}$ gr Fedt.

Da 1 gr Stivelse ved Forbrænding leverer 4,19 Cal. og dertil forbruger 0,828 L Ilt faar man altsaa naar R. Q. = 1,00 en Varmeudvikling paa 5,06 Cal. pr. L Ilt, medens Fedtforbrændingen giver 9,5 : 1,99 = 4,795 Cal. pr. L Ilt med en Kvotient paa 0,71. Ved Hjælp af disse Tal har Zuntz beregnet en Tabel, hvoraf man, naar man kender Respirationskvotienten for Fedt- og Kulhydratstofskiftet, kan bestemme hvor store Mængder af hvert af disse Stoffer, der har deltaget i Omsætningen.

Hvis Organismen udelukkende forbrænder Fedt, vil dens Vægttab svare til den forbrændte Fedtmængde; hvis det derimod udelukkende er Glycogén, der nedbrydes, da er Vægttabet det firdobbelte af den nedbrudte Glycogénmængde, fordi dette Stof, naar det aflejres, binder en tredobbelt Vægtmængde Vand.

Stofskiftet under Sult. Standardstofskiftet.

Det er klart, at naar Organismens Indtægter reduceres til Nul, da maa Stofskifteregnskabet simplificeres meget betydeligt; det er endvidere klart, at Organismen under saadanne Forhold indskrænker sine Udgifter til et Minimum. De grundlæggende Stofskifteundersøgelser er derfor ogsaa foretagne paa sultende Forsøgsindivider, saavel paa Mennesker som paa Dyr.

I store Træk er den Energiomsætning, som man finder i en Sulteperiode, den samme som ved Tilførsel af Føde, naar Fordøjelsesarbejde og Assimilation er tilendebragt, forudsat i bægge Tilfælde, at alle vilkaarlige Muskelbevægelser undgaaes; under Søvn er Omsætningen i Almindelighed lidt mindre, og den bliver minimal, naar øvede Forsøgspersoner vilkaarligt afspænder Muskulaturen, eller naar et Forsøgsdyr forgiftes med Curare. Dette tyder med Bestemthed paa, at det er den større eller mindre Aktivitet og da navnlig Muskelaktivitet, der er afgørende for Stofskiftets Størrelse. Det maa dog naturligvis antages, at et vist Stofskifte er en Betingelse for selve Livet; der foregaar et Stofskifte i en isoleret Muskel, selv om denne er i absolut Hvile, men hvor stort dette Minimalstofskifte for Organismens Vedkommende er, ved man ikke. Det ovenfor omtalte Hvilestofskifte er i alt Fald betydeligt større, fordi Forsøgsindividet maa præstere et ikke helt ubetydeligt Hjærte- og Respirationsarbejde, fordi flere store Kirtler er i uafbrudt Virksomhed, og fordi Skeletmusklernes Tonus, der sandsynligvis reguleres gennem autonome Nerver, ikke vilkaarligt kan bringes ned til Nul.

Naar imidlertid en Forsøgsperson, der ikke befinder sig i en Fordøjelsesperiode, og hos hvem Opsugningen fra Tarmen ligeledes er tilendebragt, afholder sig fra alle vilkaarlige Muskelbevægelser, da vil hans Stofskifte under saa vidt muligt samme indre og ydre Betingelser vise sig at være tilnærmelses-

vis konstant. Dette Standard-Stofskifte (Krogh) kan imidlertid bringes til at variere med ændrede Forsøgsbetingelser.

Den Faktor, hvis Indflydelse paa Stofskiftet det ligger nærmest først at undersøge, er Ilttilførslen. Har en Forøgelse eller en Formindskelse af Ilttrykket i den indaandede Luft paaviselig Indflydelse paa Stofskiftets Størrelse? Talrige Forsøg har vist, at Ilttrykket, der i Lavlandet under sædvanlige Forhold er ca. 150 mm Hg., kan variere indenfor ret vide Grændser, førend Stofskiftet paavirkes; men hvis Trykket falder under et vist Niveau beliggende omtrent ved 85 mm, da vil Stofskiftet falde, hvilket antageligt beror paa, at man er naaet til det Punkt, da Vævenes Iltforsyning bliver mangelfuld. En Forøgelse af Stofskiftet med stigende Ilttryk er derimod ikke med Sikkerhed paavist, og en saadan Paavisning, der vilde have en betydelig teoretisk Interesse, maa i Praxis komme til at spille en underordnet Rolle, fordi den, hvis den findes, maa være meget lille, idet Blodet ved Atmosfærens Ilttryk bliver næsten fuldstændig mættet med Ilt. Ved meget høje Tryk (over 1500 mm i Inspirationsluften) virker Ilten giftigt paa Organismen, og Stofskiftet vil da falde.

Da Stofskiftet bestaar i en Række kemiske Processer, er det paa Forhaand rimeligt at antage, at det varierer med Temperaturen. Det viser sig da ogsaa, at hvis man undersøger Stofskiftet hos Dyr, der ikke besidder Evnen til at kunne regulere deres Legemstemperatur, saakaldte koldblodede Dyr, da stiger og falder Omsætningen regelmæsigt med Omgivelsernes Temperatur. Hos varmblodede Dyr derimod finder man tilsyneladende det modsatte Forhold. Hvis et Pattedyr anbringes i kolde Omgivelser, vil dets Stofskifte stige og stige desto stærkere, jo lavere Temperaturen er, medens det, naar Temperaturen stiger, varierer i modsat Retning. Mere indgaaende Undersøgelser har imidlertid vist, at dette beror paa Varmeregulationen (se denne). Hvis man

curariserer et varmblodet Dyr, hvorved Skeletmusklernes Forbindelse med Centralnervesystemet afbrydes, vil dette overfor Temperaturforandringer forholde sig som et koldblodet Dyr. Det samme Resultat kan for øvrigt opnaaes uden et saadant Indgreb, naar Temperaturforandringerne drives saa vidt, at Varmeregulationen svigter. Hvad særligt Mennesket angaar, da ved man, at Stofskiftet hos en intelligent Forsøgsperson, der er i Stand til at undertrykke ogsaa reflektoriske Muskelbevægelser, falder med faldende Temperatur. De Forandringer af Legemstemperaturen, som man ved Forsøg med Mennesker kan vente at opnaa, er dog kun smaa.

Blandt andre fysiske Faktorer, hvis Indflydelse paa Stofskiftet er blevet undersøgt, maa nævnes Lyset. Hvorvidt en enkelt voldsom Bestraaling kan bevirke en Stofskifteforøgelse, er vistnok tvivlsomt, derimod har man i nogle Tilfælde paavist en aarlig Periodicitet, kendetegnet ved et højere Stofskifte om Sommeren, et lavere om Vinteren, og disse Svingninger maa antages at bero paa Lysets klimatiske Virkninger (Lindhard); ogsaa dette Forhold trænger dog til nærmere Undersøgelse.

Foruden de nævnte ydre Forhold har sikkert ogsaa indre Faktorer Indflydelse paa Standard-Stofskiftet. Der er næppe Tvivl om, at jo Thyreoideafunktionen spiller en betydelig Rolle saaledes, at Stofskiftet stiger med forøget Funktion af Kirtlen og omvendt. Thyreoideasecretets Virkning synes at bero paa Variationer i Musklernes Tonus.

Ogsaa fysisk Arbejde, Muskeltræning, paavirker som allerede omtalt Standard-Stofskiftet, hvad man har paavist dels ved at undersøge det samme Individ i trænet og i utrænet Tilstand, dels ved at sammenligne Stofskiftet hos trænede og utrænede Personer af samme Størrelse og Vægt. Standard-Stofskiftet er hos de første 5—10 % højere end hos de sidste.

Gaar man herefter over til at betragte de individuelle Forhold, da finder man en udtalt Forskel i Stofskiftet med

Hensyn til Individets Størrelse. Store Individer har — i alt Fald naar man holder sig til den udvoxne Organisme — et større Stofskifte end smaa. Dette gælder dog kun saa længe, man holder sig til de absolute Tal; hvis man beregner Stofskiftet pr. kg Legemsvægt, da vendes Forholdet om, man finder nu det største Stofskifte hos de smaa Individer. Man har heraf draget den Slutning, at Legemsvægten ikke kunde være den for Stofskiftets Størrelse bestemmende Faktor, men at denne maatte være afhængig af et andet for Organismen betydningsfuldt Forhold, og dette har da ogsaa vist sig at være Tilfældet, idet Omsætningen er tilnærmelselvis proportional med Individets Overflade, eller i alt Fald med et Forhold, der ligesom Overfladen kan udtrykkes som en Potens af Vægten.

(Man kan i Almindelighed regne, at et Legemes Overflade er proportional med 2. Potens af et eller andet lineært Maal f. Ex Højden, ligesom Legemets Vægt er proportional med 3. Potens af det samme Maal. Gaar man ud fra Vægten, da finder man altsaa som Udtryk for Overfladen $O = c\sqrt[3]{W^2}$. Konstanten c varierer med Forsøgsdyrets Art; for Menneskets Vedkommende er $c = 12{,}3$. Hvis man udtrykker Legemsvægten W i kg, da finder man altsaa et Menneskes Overflade i dm^2 ved Hjælp af følgende Formel: $O = 12{,}3\,W^{2/3}$ (Meeh's Formel).

For varmblodede Dyrs Vedkommende finder man nu ikke blot det samme Stofskifte pr. Overfladeenhed hos Individer af samme Art men ogsaa ved Sammenligning mellem Dyr hørende til forskellige Arter eller Grupper, som nedenstaaende Tabel viser:

	Legemsvægt kg	Cal. pr. kg pr. Døgn	Cal. pr. m^2 pr. Døgn
Hest	441	11,3	> 948
Svin	128	19,1	1078
Menneske	64,3	32,1	1042
Hund	15,2	51,5	1039
Kanin	2,3	75,1	776
Gaas	3,5	66,7	1018
Høne	2,0	71,0	1008

Kun for Kaninen findes af ubekendte Grunde en paafaldende lav Værdi; da kun et forholdsvis lille Antal Individer er undersøgte, kan maaske tilfældige Forhold komme til at spille en Rolle. — Koldblodede Dyr er endnu utilstrækkeligt undersøgte, dog ved man, at Stofskiftet hos disse er lavere end hos de Varmblodede. — Man har forsøgt at forklare denne »Overfladelov« som beroende paa Varmetabet til Omgivelserne, der under i øvrigt lige Forhold maa være proportionalt med Overfladens Størrelse; men denne Forklaring er ikke holdbar. Hunde — f. Ex. — med samme Overflade kan have en ganske forskellig Varmeafgift beroende paa et forskelligt udviklet Haarlag. Og det har vist sig, at hvis man anbringer to saa vidt muligt ens Hunde ved forskellig Temperatur, da vil Stofskiftet beregnet pr. Overfladeenhed forblive det samme, — hvorimod Haarlaget vil forandre sig saaledes, at den Hund, der opholder sig ved den laveste Temperatur vil faa en tættere Pels. Man har endvidere sat Loven i Forbindelse med Individets Evne til hurtige Bevægelser, idet denne Funktion iflg. derpaa anstillede Beregninger netop skulde være proportional med Kvadratet paa $\sqrt[3]{W}$, men denne Teori er endnu ikke paa afgørende Maade bleven bekræftet. — »Overfladeloven« gælder dog ikke ubetinget, den forudsætter saaledes en nogenlunde ensartet Konstitution, fordi de forskellige Organer og Væv har et ret forskelligt Iltforbrug; arbejdende Kirtler et meget stort, Fedtvæv et meget ringe — for at nævne Yderpunkterne. Man har hos Individer af almindelig Konstitution fundet et Iltforbrug paa 125 cc. pr. Min. & m^2 Overflade, hos fede Personer derimod kun 108 cc. I Almindelighed regner man Menneskets Standard-Stofskifte til ca. 800 Cal. pr. m^2 i Døgnet; i Kalorimeterforsøg hvor Forsøgspersonen ikke har iagttaget absolut Muskelro har man fundet 950—1150 Cal.

Standard-Stofskiftet varierer endelig med Hensyn til Alder og Køn. Hos et nyfødt Barn er Stofskiftet beregnet pr. Overfladeenhed mindre end hos den Voxne (Hasselbalch

men stiger i Løbet af en Maaneds Tid til det for Voxne sædvanlige Niveau eller i den følgende Tid endog derover. Det betragtes i Almindelighed som fastslaaet, at Børn har et større Stofskifte beregnet efter Overflade end Voxne, hos hvem det atter skal være større end hos gamle Folk; men med Sikkerhed er disse Forhold ikke udredede. — Hvad Kønnet angaar, da har nyere Forsøg vist, at Standard Stofskiftet hos Mænd er ubetydeligt højere end hos Kvinder.

Betragter man de enkelte Stofgruppers Forhold under Inanition, da viser det sig, at Proteinstofferne nedbrydes i omtrent samme Mængde som under sædvanlige Forhold. Man har antaget, at Æggehvidenedbrydningen under Sult repræsenterede et Minimum, men dette er ikke Tilfældet, man kan ved Indgift af andre Stoffer bringe denne betydeligt længere ned. Under Inanitionsperioden forbliver Nedbrydningen af Proteinstoffer altsaa nogenlunde konstant om end med tydelig faldende Tendens; men ofte kan man kort før Forsøgsdyrets Død se det stige meget stærkt; undersøger man Forholdene nærmere, viser det sig, at Organismen netop paa det Tidspunkt, da denne Stigning indtræder, har opbrugt sit Fedtforraad og altsaa er henvist til at bestride alle sine Udgifter alene ved Hjælp af Proteinstofferne.

Ogsaa Nedbrydningen af Fedt foregaar uden større Svingninger, indtil Reserveforraadet er opbrugt; derimod frembyder Kulhydraterne et ejendommeligt Forhold. Nedbrydningen af Kulhydrater aftager ved Sulteperiodens Begyndelse meget stærkt, idet de forhaandenværende Glycogénforraad som Regel vil være opbrugte i Løbet af de første 24 Timer, men alligevel vil man finde, at der selv under længerevarende Sulteforsøg stadigt nedbrydes Glycogén i vexlende Mængder, og dette maa da antages at stamme fra Proteinstofferne, dels fra Glycoproteiderne, dels ogsaa fra egentlige Proteinstoffer, der har afgivet deres N-holdige Atomgrupper; Nedbryd-

ningen af Glycogén svinger da parallelt med Proteinstofnedbrydningen.

Nedenstaaende Tabel viser Nedbrydningen i en Sulteperiode og i de nærmest følgende Dage med normal Ernæring: 23-aarig Mand.

	Varmeproduktion	Proteinstof	Fedt	Kulhydrat	Vægttab
Sultedag	Cal.	gr	gr	gr	gr
1	1796	73,4	126,4	64,9	44
2	1790	74,7	147,4	23,1	723
3	1785	78,1	153,0	5,4	685
4	1734	69,8	144,7	25,2	894
5	1636	65,2	144,7	8,2	450
6	1547	64,4	129,8	21,7	391
7	1546	60,8	132,5	18,7	497
Ernæringsdag					
1	1772	61,0	138,0	56,4	305
2	1699	42,9	101,9	131,6	— 526
3	1743	46,9	66,7	217,5	— 262

Det indbyrdes Forhold mellem de forskellige Stoffer, der nedbrydes under Sult, kan altsaa vexle; den totale Varmeudvikling er derimod — naar Hensyn tages til Vægttabet — ret konstant, idet Næringsstofferne kan erstatte hinanden i Forhold til den Energimængde, som de stiller til Raadighed for Organismen. Denne synes under sædvanlige Forhold ikke at foretrække det ene for det andet men at anvende det Næringsstof der i det givne Øjeblik er »for Haanden« i størst Mængde.

Da Organismen under Sult nedbryder sine egne Væv, maa man vente, at de i det nedbrudte Væv indeholdte Mineralstoffer er at finde i Urin og Excrementer. Dette er ogsaa Tilfældet, hvad Svovlet angaar; man finder Svovl i Urinen i samme Forhold til Kvælstof, som det findes i Proteinstofferne, man finder ligeledes en forøget Udskillelse af Fosforsyre og Kalk saavel i Urinen som navnligt i Fæces,

men denne Forøgelse er langt større end dén, man kunde vente at finde, hvis de nævnte Stoffer stammede fra Blod og Muskler; den tyder med Bestemthed paa, at ogsaa Knoglevæv under Inanitionen nedbrydes i anselige Mængder.

Med Hensyn til de enkelte Organers Vægttab under Inanitionen, da har man anstillet Forsøg paa den Maade, at man har udsøgt to saa vidt muligt ens Forsøgsdyr af samme Kuld; af disse har man dræbt det ene og vejet de enkelte Organer, medens man har ladet det andet sulte ihjæl, og derpaa undersøgt dets Organer paa samme Maade. Man har da hos et Forsøgsdyr, der sultede ihjæl i Løbet af 13 Dage fundet, at dets Organer var svundne som følger:

Fedtvæv	97 %	Hud og Haar	21 %
Muskler	31 %	Lunger	18 %
Lever	54 %	Knogler	14 %

Centralnervesystem og Hjærte svandt derimod kun 3 % om overhovedet noget; et Tal som dette ligger utvivlsomt indenfor Forsøgets Fejlgrændser.

De livsvigtige Organer angribes altsaa mindst eller rettere, de lever paa de andres Bekostning. Hjærtets Arbejde fordrer som tidligere omtalt ca. 79 Cal. i Døgnet; da 100 gr. Kød ved Nedbrydning i Organismen leverer ca. 83 Cal., ser man let, at Hjærtet, hvis det til sit Arbejde forbrugte af sin egen Substans, vilde være opbrugt i Løbet af 3—4 Dage. Naar et Menneske kan sulte i en Maaned eller mere, maa Hjærtet altsaa udføre sit Arbejde paa andre Organers Bekostning. — Naar Organismen lever af sine egne Væv, foregaar der altsaa en Forskydning af den sædvanlige Fordeling af Næringsstofferne til de enkelte Organer; paa samme Maade formaar Organismen, hvis der tilføres den for lidt »Byggemateriale« af en bestemt Art, at anvende det lidet paa de Steder, hvor det er mest nødvendigt; man har saaledes fundet, at en Due, der fodredes med kalkfattigt Foder, aflejrede den Kalk, som fandtes i Føden, i Extremitetsknog-

lerne, medens Kraniets Knogler forblev tynde som Papir. — Et normalt ernæret Forsøgsdyr vil, naar Sultedøden indtræder, have mistet ca. 40 % af sin Vægt.

Stofskiftet ved Tilførsel af Føde.

Tilfører man et sultende Dyr Føde, da vil Stofskiftet stige, dog i forskellig Grad alt efter Fødens Natur. Ligeledes vil den indtagne Føde efter sin Beskaffenhed i forskellig Grad indvirke paa Stofskiftets væsentligste Faktorer: Kvælstofudskillelsen, Kulsyreudskillelsen og Iltoptagelsen. Som en Hovedregel gælder, at Proteinstoffer i høj Grad forøger Omsætningen, Kulhydrater langt mindre og Fedtstoffer kun meget lidt.

Stofskiftestigningen synes at have flere Aarsager. Dels virker visse Stoffer *in se* inciterende paa Stofskiftet; saadanne Stoffer kan enten dannes i selve Organismen eller indeholdes i den indgivne Føde og da navnligt i Proteinstofferne, — man kalder efter Rubner denne Egenskab hos Stofferne »specifik dynamisk Virkning« — dels fordrer den indtagne Føde et større eller mindre Fordøjelsesarbejde. At dette sidste spiller en Rolle, kan vises paa flere Maader. Man kan formindske Stofskiftestigningen ved at indføre Næringsstof direkte i Blodbanerne, og man kan formindske den ved at indgive Føden i en Form, der kun fordrer en ringe mekanisk eller kemisk Behandling i Fordøjelseskanalen. Omvendt kan Stofskiftestigningen accentueres, naar Føden indgives i en vanskeligt tilgængelig Form, saaledes naar man fodrer en Hund med Knogler eller Drøvtyggere med Hø og Halm. I sidste Tilfælde har man paavist en Forøgelse af Hvilestofskiftet paa 70—80 % under Fordøjelsen. En saa betydelig Stigning af Stofskiftet repræsenterer naturligvis et ikke ringe Energitab; man har anslaaet dette til indtil 10 % af Foderets Værdi.

Der synes som allerede omtalt i Organismens Husholdning at gælde den Regel, at de Stoffer nedbrydes, som er »nærmest for Haanden«; tilfører man et enkelt Næringsstof i forholdsvis stor Mængde, da vil dette fortrinsvis nedbrydes; dette Forhold illustreres for Proteinstoffernes Vedkommende af følgende Forsøg med en Hund:

Kød			Varmeproduktion		
indgivet	nedbrudt	aflejret	fra Kød	fra Fedt	Sum
0	165	— 165	142	819	961
500	599	— 99	515	428	943
1000	1079	— 79	928	173	1101
1500	1500	0	1290	— 36	1254
1800	1757	43	1511	— 10	1501
2500	2512	— 12	2160	— 519	1641

Man vil se, at selv Kødmængder, der langt overskrider, hvad Dyret nedbryder under Inanition, ikke er i Stand til at hindre, at det forbruger egne Proteinstoffer; først naar Indgiften forøges til henimod det tidobbelte, indtræder der Balance med Hensyn til Optagelse og Udskillelse af Kvælstof (Kvælstofligevægt). Samtidig bliver Fedtnedbrydningen negativ, hvilket skulde betyde, at Fedt blev aflejret; da det imidlertid ikke er sandsynligt, at Fedt dannes af Proteinstoffer, maa dette rimeligvis forklares paa anden Maade; Forsøgene viser i alle Tilfælde, at Organismen er i Stand til at bestride sine Udgifter alene paa Bekostning af Proteinstoffer. I Almindelighed er dette dog kun muligt for Kødædere, idet Omnivorer og Planteædere ikke kan fordøje tilstrækkeligt store Mængder af Proteinstoffer; dog ved man, at Mennesker, der er henviste til at leve paa en meget ensidig Kødddiæt, saaledes som f. Ex. Eskimoerne, er i Stand til at fordøje endog meget betydelige Kvanta, ligeledes, at de formaar at tilbageholde en anselig Del deraf for senere at udnytte det som Energikilde (A. & M. Krogh).

Da Proteinstofferne er den eneste Gruppe af Næringsmidler, der indeholder Kvælstof, og da kvælstofholdige Stoffer stadigt nedbrydes i Organismen eller paa anden Maade gaar tabt (Afstødning af Overhudsceller etc.), er en vis Mængde af Proteinstof imidlertid en nødvendig Bestanddel af Næringen.

Proteinstofmolekylerne er som tidligere omtalt bygget op af Aminosyrer og disse er til Stede i saavel kvalitativt som kvantitativt forskellige Kombinationer, hvis Antal er ret ubegrændset, idet som allerede nævnt de fleste Proteinstoffer er artsegne. Naar Proteinstofferne i det menneskelige Legeme skal erstattes, maa altsaa de Aminosyrer, som indeholdes i disse, og som ikke kan dannes af Organismen selv, findes i Føden i tilstrækkelige Mængder. At dette er det springende Punkt, det fremgaar deraf, at trypsinfordøjet Æggehvide, der som bekendt er spaltet til Aminosyrer, har samme Værdi med Hensyn til Opretholdelsen af Organismens N-Ligevægt som det ufordøjede Proteinstof. Den nødvendige Mængde Proteinstof i Føden er altsaa bestemt dels af, hvad der skal erstattes, dels af de i Føden forekommende Proteinstoffers Beskaffenhed. En indgaaende Undersøgelse af disse Forhold er imidlertid umulig og vilde, om den var mulig, være praktisk uoverkommelig. Man kan dog sige saa meget, at det, hvorpaa det først og fremmest kommer an, er Mængden af de egentlige Proteinstoffer, idet Proteider ofte har en forholdsvis ensidig Sammensætning. Gelatine f. Ex. indeholder store Mængder af Glycokol men mangler fuldstændig Tyrosin og Tryptophan; visse grønne Plantedele indeholder rigelig Asparaginsyre men mangler ligeledes andre nødvendige Stoffer o. s. fr.

Spørgsmaalet om, hvormeget Proteinstof, der er nødvendigt for Organismens Bestaaen maa derfor løses ved praktiske Stofskifteforsøg, og saadanne foreligger da ogsaa; men det er ikke desto mindre et omstridt Spørgsmaal, hvor stort »Æggehvideminimum« i Føden bør være. Voit opstillede som en Slags Norm Fordringen om 118 gr Æggehvide

i Døgnet for en voxen Mand med moderat legemligt Arbejde, der samtidigt faar passende Mængder af andre Næringsstoffer. Dette Tal synes imidlertid at være unødig højt; man anser nu 70—80 gr i Døgnet for tilstrækkeligt under de nævnte Betingelser. I adskillige Tilfælde har endog betydelig mindre Mængder vist sig tilstrækkelige; men før et større Erfaringsmateriale foreligger, vil det næppe være betimeligt at gaa under den sidstnævnte Grændse, saa meget mindre, som man ikke kan paavise skadelige Følger af en noget for høj Æggehvidenorm. Man har ganske vist paastaaet, at navnlig gigtiske Lidelser skulde kunne opstaa som Følge af en for stærk Kødiæt, men man maa dertil indvende, at netop blandt Eskimoerne, der lever paa en meget udpræget Kødiæt, er gigtiske Sygdomme ukendte.

Spørgsmaalet om, hvorvidt man i den daglige Kost skal søge at naa ned til det virkelige Æggehvideminimum, eller om man blot skal sikre sig, at man er paa den rette Side af Grændsen, synes først og fremmest at være af økonomisk Natur. Æggehvidestofferne er dyrere end isodyname Mængder af andre Fødemidler, Fedt og C-hydrat, derfor har man stadig søgt og søger fremdeles Erstatningsstoffer for Æggehvide eller dog Stoffer, som gør det muligt for Organismen at bringe sit Æggehvideforbrug ned. Det laa da nærmest først at undersøge Stoffer, som stod de egentlige Albuminstoffer nær, navnlig da de limgivende Stoffer, der danner Hovedmassen af Bindevævet og af Knoglernes Grundsubstans; det viste sig imidlertid ved derpaa anstillede Forsøg, at selv store Mængder af Gelatine i Føden ikke var i Stand til at forhindre, at Forsøgsdyret nedbrød af sit eget Kød. Grunden hertil er den ovenfor nævnte, at Gelatinen ikke indeholder samtlige Elementer, hvoraf de egentlige Æggehvidestoffer er opbyggede, men kun en Del af disse. Gelatinen kan dog virke æggehvidebesparende: en Blanding af $^3/_4$ Æggehvide og $^1/_4$ Gelatine har samme Næringsværdi som Føde, der indeholder den samlede Mængde Kvælstof som ren Ægge-

hvide. Paa samme Maade gaar det med visse grønne Plantedele; ogsaa disse kan kun erstatte enkelte Atomgrupper og er derfor særligt for Kødædere af ringe Værd.

Proteinstofnedbrydningen kan paavirkes paa mange Maader; den forøges forbigaaende ved Nydelsen af større Mængder Vand, permanent ved Vandmangel eller under Iltmangel. Den er ligeledes forøget under den sygelige Tilstand, som kaldes Feber, ikke blot som Følge af den dermed forbundne Stigning af Legemstemperaturen, men paa Grund af de Giftvirkninger, der er Sygdommens Aarsag.

Medens Organismen under sædvanlige Forhold er i Kvælstofligevægt og altsaa udskiller den samme Mængde Kvælstof, som den optager, kan den under særlige Forhold tilbageholde Kvælstof. Dette synes at være Tilfældet, naar Organismen til Stadighed er henvist til ensidig Køddiæt, ligeledes, naar Legemet har mistet større Mængder Proteinstof, som f. Ex. i Feberperioder, hvor Nedbrydningen er forøget og Appetiten ofte meget ringe, altsaa under Reconvalescens. Det er ligeledes muligt for den voxende Organisme at tilbageholde Proteinstof i større Mængder og anvende det til Dannelsen af Organer og Væv; et Barn skal i de første Maaneder kunne tilbageholde indtil 75 % af det i Mælken indeholdte Kvælstof. En saa stor Kvælstofaflejring er rimeligvis kun mulig, naar Føden bestaar af Mælk, der indeholder Æggehvidestof i en særlig hensigtsmæsig Sammensætning. Mælken indeholder saavel Albuminstoffer som Fedt, Kulhydrater og Salte, og det er netop en Forhaandsbetragtning af Mælken som det ideale Næringsmiddel, der har ført til Opstillingen af de tre Hovedgrupper af Næringsstoffer. Ogsaa naar der er Tale om en »Vækst« i en senere Alder, saaledes naar en Tilvækst af Muskulaturen finder Sted under Træning, kan der tilbageholdes Kvælstof i Organismen.

Hvis man fodrer et sultende Dyr med Fedt, vil der vise sig en ubetydelig Forøgelse af den totale Stofomsætning, og Dyret vil ophøre med at nedbryde af sit eget Fedt; men

Proteinstofnedbrydningen vil fortsættes uforandret. Fedt virker altsaa ikke æggehvidebesparende.

Anderledes gaar det, naar man fodrer med Kulhydrat. Hvis et fastende Dyr faar et passende Kvantum C-hydrat, vil Totalomsætningen stige, men Kvælstofomsætningen gaa ned; er Dyrets N-afgift under absolut Faste 10—12 gr, kan den ved Kulhydratfodring bringes ned til 3—4 gr. C-hydrat »sparer« altsaa Æggehvide. I endnu højere Grad virker Kulhydraterne dog fedtbesparende; efter Indgift af Kulhydrater stiger den respiratoriske Kvotient i Løbet af en Time til henimod 0,9 for i de nærmestfølgende Timer at naa til 1,0, hvilket betyder, at alene C-hydrat deltager i Omsætningen. Hvis man efter en Sulteperiode giver et Forsøgsdyr rigelig Kulhydrat, sker dette dog ikke, Dyret vil stadigt nedbryde Fedt, idet en Del af Kulhydraterne anvendes til at komplettere de udtømte Glycogénforraad.

Et Stof, der mere end noget andet har givet Anledning til Meningsudvexlinger indenfor Ernæringsfysiologien og for øvrigt langt ud over dennes Enemærker, er Alkohol. Alkohol (d. v. s. Æthylalkohol, $CH_3CH_2.OH$) har paa Grund af sin Udbredelse som Nydelsesmiddel en mægtig social Betydning; den har tillige paa Grund af sine saavel acute som chroniske toxiske Virkninger en ikke ringe patologisk Interesse. Men ogsaa fra et ernæringsfysiologisk Standpunkt betragtet er Alkohol interessant. Som Næringsmiddel forholder den sig nærmest som et Kulhydrat; den forøger i ikke toxiske Doser Stofskiftet, men virker æggehvidebesparende (i toxiske Doser bevirker Alkohol snarest en Forøgelse af N-Udskillelsen) og kan for øvrigt erstatte isodyname Mængder af N-frie Næringsmidler. Alkoholens Forbrændingsvarme er ret høj, 7,0 Cal. pr. gr; et Molekyle Alkohol bruger til fuldstændig Forbrænding 3 Molekyler Ilt og danner 2 Molekyler CO_2, den respiratoriske Kvotient bliver altsaa ved ren Alkoholforbrænding 0,67. Alkohol kan altsaa udnyttes af Organismen som Energikilde, og Forsøg

har vist, at den fortrinsvis vil blive nedbrudt, saa snart den optages i Organismen. Hvis en Forsøgsperson, der er rigeligt ernæret med C-hydrat, kort efter Indtagelsen af en større Mængde Druesukker, naar Respirationskvotienten er i stærk Stigning, faar en Dosis Alkohol, da vil R. Q. ikke som under sædvanlige Forhold stige mod 1, men den vil frembyde et pludseligt og stærkt Fald og i de følgende Timer holde sig lav, ofte lavere end før Indtagelsen af Druesukker. Gives Alkohol og Druesukker sammen, udebliver Stigningen af Respirationskvotienten helt. Kun en yderst ringe Mængde Alkohol udskilles uforandret gennem Lungerne. — Af de N-frie Næringsstoffer kan altsaa Fedt fortrænges af Kulhydrater og disse igen af Alkohol.

Tilføres der Organismen mere Næringsstof, end den har Brug for, vil en Del af dette aflejres. Har Individet i Forvejen sultet, aflejres en Del Kulhydrater som Glycogén, men den Glycogénmængde, som Organismen overhovedet er i Stand til at magasinere, er hurtigt skaffet til Veje. Ogsaa Proteinstofferne tilbageholdes kun i minimale Mængder; Organismen vil som omtalt hurtigt komme i Kvælstofligevægt. Derimod vil Fedt stadig kunne aflejres, naar det tilføres i Overskud, og Aflejringen kan fortsættes næsten ubegrændset. Det aflejrede Fedt er karakteristisk for hver enkelt Dyreart, men det har som tidligere omtalt vist sig, at Ejendommelighederne først og fremmest beror paa, at Artens enkelte Individer i Almindelighed søger den samme Føde; hvis Fødens Art varieres experimentelt, da forandres ogsaa Sammensætningen af Fedtet i Fedtdepoterne. Fodrer man en mager Hund med rigeligt Plantefedt, vil man i det aflejrede Fedt i Hundens Legeme træffe visse for Plantefedtet karakteristiske Fedtsyrer, der ellers aldrig forekommer i Hundefedt. Fedtaflejring kan imidlertid finde Sted, selv om Føden ikke indeholder Fedt i Overskud, idet Fedtet kan dannes af Kulhydrater; naar denne Omsætning finder Sted, vil den respi-

ratoriske Kvotient stige over 1. Hvis Kulhydrater omdannes til isodyname Fedtmængder, vil der til 1 gr C-hydrat svare 0,40 gr Fedt; nu indeholder

1 gr Stivelse	0,444 gr C,	0,061 gr H	og 0,494 gr O.
0,40 gr Fedt	0,306 gr C,	0.048 gr H	og 0,046 gr O.
Differens	0,138 gr C,	0,013 gr H	og 0,448 gr O.

Den overskydende Brint danner med 0,104 gr Ilt 0,117 gr Vand. Resten af Ilten giver med 0,129 gr C 0,473 gr CO_2, de sidste 0.009 gr C kræver til Forbrænding 0,024 gr O_2 og danner 0,033 gr CO_2. Der dannes altsaa ialt 0,506 gr = 257 cc. CO_2 men optages kun 0,024 gr = 17 cc. O_2. Som tidligere omtalt maa denne Omdannelse antages at foregaa gennem en Række Mellemstadier; de ved Forsøgene fundne Kvotienter ligger mellem 1,2 og 1,5.

Foruden de i Føden indeholdte organiske Stoffer behøver Organismen Mineralstoffer. Fodrer man et Dyr med ren Æggehvide, Fedtstof og Kulhydrat, vil det gaa til Grunde, selv om Mængden af de paagældende Stoffer i sig selv er tilstrækkelig til at dække Dyrets kaloriske Behov. Naar Talen er om den voxende Organisme, er dette selvindlysende, idet der alene til Opbygning af Skelettet forbruges store Mængder af Mineralstoffer; men heller ikke den udvoxne Organisme kan i Længden undvære disse, den nedbryder lejlighedsvis egne Væv, og de deri indeholdte Mineralstoffer udskilles, ligeledes gaar Væv til Grunde og dermed de indeholdte Mineralstoffer. — De forskellige Næringsmidler indeholder Salte i vexlende Mængder og i forskellige Kombinationer; hvad Organismen ikke har Brug for, udskilles; men sammen med Udskillelsen af større Mængder af ét Salt følger ofte Udskillelse af et andet, som ikke i Forvejen fandtes i Overflod. I Plantekost findes f. Ex. Kalisalte i ret stor Mængde, i Kartofler saaledes 70 K til 1 Na, hvorimod der i Mælk findes kun 2 K til 1 Na. Da der sammen med

Overskud af Kalisalte udskilles Natronsalte, kan Planteædere let komme til at lide af »Salthunger«, Sammen med Chlorider udskilles Kalksalte, derfor kan ensidig Ernæring med saltet Kød føre til svære Ernæringsforstyrrelser; hvis Alkalier gives i Forbindelse med Plantesyrer, hører Kalkudskillelsen op.

Kalk, Magnesia og Fosforsyre er nødvendige til Opbygning af Knoglevæv, Kali og Fosforsyre for Muskelvævet, Chlornatrium er en nødvendig Bestanddel af Blodplasma. Det sidstnævnte Stof er meget stærkt bundet i Organismen, skønt det forekommer i en let diffunderbar Form; saa snart Tilførslen ophører, udskilles det kun i ringe Mængde. Ogsaa Saltsyredannelsen i Ventriklen kan paa denne Maade bringes til Ophør. En NaCl-Opløsning, der svarer til Blodplasmaets Saltconcentration, kaldes som bekendt en »fysiologisk Saltopløsning«; denne Betegnelse tager imidlertid udelukkende Sigte paa det osmotiske Tryk. En NaCl-Opløsning er ikke fysiologisk i den Forstand, at den indeholder det for Organismens Celler tilstrækkelige Mineralstof; man har endog ved Forsøg med overlevende Organer og Æg under Udvikling fundet, at den rene NaCl-Opløsning virker giftigt paa Cellerne. Opløsningen bliver derimod »fysiologisk«, naar der tilsættes en ringe Mængde Kalium og Calcium Salte (Ringer's Vædske). Ogsaa Kalksaltene har, foruden deres Betydning for Knoglevævet, andre særlige Funktioner, de spiller saaledes en Rolle ved Blodets Koagulation og har Betydning for »Løbefermentets« Virkning paa Mælk; de virker tillige antagonistisk mod andre Salte, saaledes Chlornatrium og Magniumsalte, hvis skadelige Virkninger de hemmer.

I Almindelighed er det ligegyldigt, om de paagældende Salte findes i Kosten som Mineralsalte eller i organisk Binding, Fosforsyren maaske undtagen. I almindelig blandet Kost vil de som Regel findes i tilstrækkelig Mængde; maaske kan der dog lejlighedsvis være Anledning til at tænke paa Kalksaltene, naar det gælder den voxende Organisme,

da disse forekommer i utilstrækkelig Mængde i Kød og Mel; de findes derimod i rigelig Mængde i Mælk, Æggeblomme samt i visse Frugter og Grøntsager.

Stofskiftet under Muskelarbejde.

Det har været et omstridt Spørgsmaal, hvorvidt alle tre Hovedgrupper af Næringsstoffer havde samme Værdi som Energikilde for Organismen, naar det gjaldt om at udføre et ydre Arbejde, eller om Musklerne i alt Fald fortrinsvis var bundne til at udnytte en enkelt af disse. Oprindeligt antog man (Liebig), at Muskelarbejdet foregik paa Bekostning af Proteinstoffer; men Stofskifteforsøgene har utvetydigt vist, at Æggehvidenedbrydningen under Arbejdet næppe stiger over det sædvanlige Niveau, at Forsøgsindividet kan komme i N-Ligevægt paa lige saa lave Tal ved strængt Arbejde som ved let, og at den Mængde Proteinstof, der nedbrydes, ikke paa langt nær svarer til den under Arbejdet udviklede Energi. Da dette var fastslaaet, gik man til den modsatte Yderlighed og frakendte Proteinstofferne al Værdi som Energikilde; men ogsaa dette Standpunkt er uholdbart. Det har vist sig, at man kan bringe en meget mager Hund til i længere Tid at udføre et stort Arbejde paa et Foder, bestaaende udelukkende af næsten fedtfrit Kød. Det kan dog betragtes som sikkert, at de kvælstoffrie Næringsstoffer er den vigtigste Kilde til Energiudviklingen under Arbejdet. At C-hydrat var anvendeligt som Energikilde laa lige for; man vidste, at Musklerne indeholder Glycogén, ligeledes, at dette Stof findes i Leveren som Reserve, og at denne Reserve formindskes under Muskelarbejde. Man antog saa, at Kulhydratforbrændingen var den egentlige Kilde til Muskelarbejdet, og man regnede ud, at Fedt, naar det først skulde omdannes til C-hydrat, som Energikilde betragtet maatte tabe omtrent 30 % af sin kaloriske Værdi. For at prøve, om denne Beregning holdt Stik, blev der paa Zuntz' La-

boratorium foretaget flere Forsøgsrækker, paa Grundlag af hvilke man kom til det Resultat, at de tre Hovedgrupper af Næringsmidler, hvad Muskelarbejdet angaar, kunde erstatte hinanden efter deres kaloriske Værdi. Senere har Durig vist, at ogsaa Alkohol kan anvendes som Forbrændingsmateriale, naar det gælder Muskelarbejde.

De nyere Undersøgelser paa Muskelfysiologiens Omraade (Se denne Bogs II Hefte) gjorde det imidlertid usandsynligt, at disse Resultater kunde være rigtige, idet man maa antage, at det — ukendte — Stof, der under Muskelkontraktionen spaltes til Mælkesyre, maa være ét, der staar Kulhydraterne nær, og som ikke vil kunne dannes af Fedt uden Tab af Energi. I en længere Forsøgsrække med flere Forsøgspersoner, der levede paa en proteinstoffattig men med Hensyn til Fedt og C-hydrater stærkt varieret Kost, i hvilke Forsøg Stofskiftet er bestemt med en Nøjagtighed paa mindre end 1 % og den respiratoriske Kvotient med en eventuel Fejl, der er mindre end 0,005, har Krogh & Lindhard for ganske nylig vist, at et saadant Energitab ogsaa faktisk finder Sted, naar man arbejder paa Fedt, idet Energiforbruget pr. Cal. teknisk Arbejde er større ved en respiratorisk Kvotient paa 0,7 end ved en Kvotient paa 1,0. Forskellen beløber sig til ca. 11 % af Fedtets kaloriske Værdi. Det viste sig endvidere ved disse Forsøg, at de fleste Forsøgspersoner hurtigere trættedes ved Arbejde paa Fedt end ved Arbejde paa C-hydrat, og Trætheden, der subjektivt ofte var overordentlig stærkt udtalt, lod sig objektivt paavise i Forsøgsresultaterne. Disse Forsøg viser endvidere, at den respiratoriske Kvotient, hvis den under Hvile er høj, falder ved Overgang til Arbejde, medens den, naar Hvilekvotienten er lav, stiger ved Arbejdets Begyndelse. Under fortsat Arbejde falder Kvotienten ubetydeligt. Ogsaa Standard-Stofskiftet viser sig at være afhængigt af den respiratoriske Kvotient men saaledes, at det er lavest paa middelhøje Kvotienter, altsaa paa blandet Kost, medens det er højere, saavel naar

Kvotienten er meget høj, som naar den er meget lav, hvilket maa antages at bero paa samtidigt forløbende Synteser. Forsøgene gør det endelig sandsynligt, at Organismen saavel i Hvile som under Muskelarbejde nedbryder de Stoffer, der er lettest tilgængelige.

Det er allerede omtalt, at de sædvanlige Variationer i Hvilestofskiftet med stor Sandsynlighed kan føres tilbage til Forandringer i Skeletmuskulaturens Tonus; i endnu højere Grad dominerer de egentlige Muskelkontraktioner Stofskiftet. Man antager almindeligt, at let, stillesiddende Arbejde (Syning) forøger Stofskiftet med ca. 20 % medens noget sværere Arbejde (Skomagerarbejde) giver 50—60 % Forøgelse.

Som man efter nyere Undersøgelser paa Muskelfysiologiens Omraade maatte vente, er det ikke blot Muskelarbejde i fysisk Forstand, der virker paa Stofskiftet, ogsaa isometriske Kontraktioner forøger Stofomsætningen; som Følge heraf er Stofskiftet afhængigt af Legemsstillingen og da saaledes, at det er mindst i liggende, størst i staaende Stilling, saaledes som følgende Exempel viser:

N. N.	Liggende		Siddende		Staaende (Retstilling)	
	CO_2	O_2	CO_2	O_2	CO_2	O_2
	193	229	202	246	219	270 cc.

Selv indenfor den staaende Stilling findes paaviselige Variationer gaaende i tilsvarende Retning, eftersom Forsøgsindividet staar i en bunden Stilling, i en fri, afspændt Stilling eller lænet mod en eller anden fast Genstand.

Under almindelig Gang er ligeledes det ydre Arbejde en underordnet Størrelse, navnligt naar man udelukkende betragter Løftningen af Legemets Tyngdepunkt; følgende Forsøg (Benedict & Murschhauser) viser Stofskiftestigningen under Gang, beregnet pr. kg Legemsvægt pr. Meter:

	Legemsvægt kg	Vejlængde m. pr. Min.	»Horizontalkgm.«	Løftning af Tyngdep. m.	Total Energiudvikling Cal.	Stigning som Følge af Arbejdet	Energiforbrug pr. »Horizontalkgm.« cal.
St. Stilling	74,76				1,29		
Gang		75,3	5629	3,52	3,98	2,69	0,478
		76,4	5712	3,68	4.09	2,80	0,490
		76,7	5734	3,68	4,19	2,90	0,506
		76,9	5749	3,73	4,22	2,93	0,510
	71,5	146,4	10467	7,59	11,23	9,98	0.953
Løb	—	146,5	10474	15,44	11,13	9,88	0,943

Disse Forsøg viser, at Løftningen af Legemets Tyngdepunkt spiller en ganske underordnet Rolle for Stofskiftestigningen, der varierer — som rimeligt er — parallelt med Ganghastigheden; særlig tydeligt træder dette Forhold frem, naar man sammenligner de to sidste Forsøg over hurtig Gang og Løb, hvor Stofskiftestigningen er den samme, skønt Tyngdepunktets Løftning i sidste Tilfælde er dobbelt saa stor som i første.

I omstaaende Tabel er meddelt en Række Arbejdsforsøg, der tjener til at vise Stofskiftets Størrelse under forskellige Arbejdsformer, samt hvorledes dette varierer med Arbejdets Intensitet.

De første 4 Forsøgsrækker (Liljestrand & Stenström) er foretagne med samme Forsøgsperson, en meget øvet og kraftig Sportsmand. Forsøgene over Roning (Liljestrand & Lindhard) er foretaget med en uøvet Roer i en almindelig Baad, og endelig er Forsøgene over statisk Arbejde (Lindhard) foretagne med en øvet Gymnast. De sidste Forsøg i hver Række repræsenterer maximal Anstrængelse for den paagældende Forsøgsperson paa Forsøgenes Tidspunkt.

Forsøgene med Løb stemmer, hvad de mindre Hastigheder angaar, godt med de ovenfor anførte amerikanske For-

søg; men derefter viser sig det uventede, at Energiforbruget pr. kg & m falder med stigende Hastighed. Det samme gælder for andre Forsøgspersoner, og det gælder ligeledes for de undersøgte Forsøgspersoner under Skiløb. Hvad Løbet angaar, da maa Grunden til det nævnte Forhold antages at være den, at det langsomme Løb er unaturligt og tvungent — ligesom den for hurtige Gang. For Skiløbets Vedkommende hænger det i Hovedsagen sammen med en forskellig Armføring eller rettere Stavføring under Løbet. Skiløbet er overhovedet den af de undersøgte Sportsformer, der giver den største Stofskiftestigning, hvilket antagelig maa bero paa, at man under Skiløb foruden med Benene tillige arbejder med Armene. Det samme er ganske vist Tilfældet under Svømning, hvor Stofskiftet langtfra naaer samme Højde som under Skiløb; men medens Arme og Ben under dette arbejder samtidigt, arbejder de under Svømningen alternerende. Tillige maa det dog erindres, at Svømningen rimeligvis er den Sport, der trækker de største Vexler paa Hjærtet. Heller ikke Skøjteløb giver en saa stærk Stofskiftestigning som Skiløb eller det frie Løb; Arbejdet er hér i Perioder indskrænket til det for Ligevægtens Bevarelse nødvendige.

Hvad Roningen angaar, da er de foreliggende Forsøg foretagne med en anden Forsøgsperson, hvis maximale Ydelse sikkert er betydeligt lavere end hos den først omtalte. Det maximale Stofskifte ved Roning er dog kun omtrent $^2/_3$ af, hvad Vedkommende er i Stand til at præstere paa Cycle-Ergometret, og der er saaledes ingen Tvivl om, at det maximale Stofskifte under Roning er betydelig mindre end under de forskellige Former for Løb. Dette beror atter paa, at den væsentligste Del af Arbejdet falder paa Overextremiteternes Muskler, medens Underextremiteternes store Muskelmasser ikke som under Løbet faar Lejlighed til maximal Kraftudfoldelse. Det er i denne Forbindelse værd at notere, at samme Forsøgsperson ved at dreje Cycle Ergometret med Haanden kun naaede en Iltoptagelse paa 1165 cc. pr. Minut.

Hvad endelig det statiske Arbejde angaar, da er Iltoptagelsen under dette i Sammenligning med de øvrige anførte Arbejdsformer paafaldende ringe. Aarsagen til dette Forhold er udførligere omtalt i et tidligere Kapitel.

	Vægt (Brutto)	Hastighed m/Min.	CO_2 cc/Min.	O_2 cc/Min.	R. Q.	cal. pr. kg & m
N. S.						
Løb	80,7	145,6	2266	2525	0,90	0,975
		146	2397	2743	0,87	1,065
		210,5	3662	3394	1,08	0,925
		213,7	2897	3213	0,90	0,865
	81,7	235,3	3560	3206	1,11	0,770
	80,7	245,7	3020	3342	0,90	0,770
Skiløb	100	115,5	1965	2501	0,79	0,945
		150	2110	2733	0,77	0,805
		186	2633	3165	0,83	0,768
		228	3108	3645	0,85	0,733
Skøjteløb	95	211	1447	1874	0,77	0,393
		230	1270	1621	0,78	0,306
		285	1717	2101	0,82	0,338
		339	2482	2965	0,84	0,412
Svømning	90,5	15,6	567	748	0,76	1,38
		30,4	1010	1340	0,75	1,75
		40,1	1653	1880	0,88	2,09
		49,4	2180	2553	0,85	2,43
J. L.						
Roning		60,9	790	983	0,80	61,0
		77,0	1187	1395	0,88	76,3
		91,4	2211	1883	1,18	90,5
		102,5	1452	1686	0,86	71,3
E. H.						
Bøjhæng	70		666	540	1,23	
			772	652	1,11	

Man vil lægge Mærke til, at i Roforsøgene er Stofskiftet svarende til den maximale Arbejdspræstation lavere end i det foregaaende Forsøg. Et ganske tilsvarende Forhold vil man finde for andre Forsøgspersoners Vedkommende og ved det forskelligste Arbejde. Dette Forhold hænger utvivlsomt sammen med det vanskeligt definérbare Begreb »Oplagthed«, der endnu ikke er udtømmende karakteriseret fysiologisk, men som enhver Udøver af Idræt kender af Erfaring. Naar en i øvrigt regelmæsigt stigende Række Forsøg viser et saadant Fald svarende til den højeste opnaaede Arbejdspræstation, da kan dette næppe have anden Aarsag end dén, at den maximale Præstation kun naaes under særlig gunstige, individuelle Betingelser, der er ukendte saavel for Forsøgspersonen selv som for Eksperimentator. Derfor kan et saadant Forsøg ikke saaledes som de øvrige Forsøg i Rækken reproduceres paa Kommando, men det gentager sig uventet, naar Betingelserne en skønne Dag atter er til Stede. Selve Forsøget er som Regel karakteriseret ved en mindre forceret Respiration, et mindre Minutvolumen og en større mekanisk Nyttevirkning end de øvrige Forsøg i samme Serie. — Det behøver næppe at tilføjes, at den forskellige »Disposition« naturligvis ogsaa kan og vil præge Forsøg, i hvilke Arbejdspræstationen er mindre, men den viser sig netop, naar Talen er om det maximale Arbejde, paa særlig iøjnefaldende Maade.

Med Hensyn til Stofskiftets relative Størrelse under Arbejde og Hvile er det givet, at Iltforbruget stiger under Arbejde; hvor stort det eventuelt kan blive, kan naturligvis ikke afgøres; selv hos kraftige Individer vil man dog næppe, naar man ser bort fra ganske kortvarige Forsøg, naa højere end til en Iltoptagelse paa omkring 3 L pr. Min. eller 10—12 Gange Hvilestofskiftet. Ogsaa i denne Henseende synes imidlertid Træningen at spille en Rolle. Hos Hesten synes Stofskiftestigningen derimod at kunne blive betydelig større;

Zuntz har — ganske vist kun en enkelt Gang — hos en Hest under excessivt Arbejde fundet et Stofskifte paa 22 Gange Hvileværdien.

Efterfølgende Forsøg (Durig) tjener til at illustrere, hvorledes man har beregnet det Arbejde, der udføres ved Bjærgbestigning, for deraf at udfinde ***den mekaniske Nyttevirkning.***

Man beregner Vejens Længde og Stigning samt Legemsvægten (incl. Belastning) og bestemmer det respiratoriske Stofskifte; derpaa forskaffer man sig de tilsvarende Data under et Marchforsøg over en horizontal Strækning med saavidt muligt samme Jordbundsbeskaffenhed; naar den i sidste Tilfælde udviklede Energi subtraheres fra den i det førstnævnte Tilfælde præsterede, skulde man faa den Energimængde, som Løftningen af Legemet gennem den givne Højde kræver.

Expl. Vejlængde	Stigning	Vægt	Arbejde	O_2 pr. Min.	O_2 pr. Min.
43,66	11,91	81,74	973,6	2321	1863
95,44	0	79,25	0	1255,4	948,7

Hvilestofskiftet var 240,3 cc. O_2 og 188,1 cc. CO_2; fradrages dette faar man pr. m Vejlængde pr. kg Legemsvægt

	O_2	CO_2	cal.
Ved Stigning	0,5830	0,4693	2,803
Ved Horizontalmarch	0,1347	0,1023	0,640, hvoraf for den pr. m Vej udførte Stigning paa 0,2728 m
	0,4483	0,3670	2,163, hvilket atter pr.
kgm Arbejde giver	1,645	1,3450	7,929.

Da 1 cal. = 0,427 kgm, er altsaa det mekaniske Æquivalent for 7,929 cal. = 3,385 kgm, hvilket svarer til en

mekanisk Nyttevirkning paa 29,5 %. Nu kan der imidlertid iflg. det foregaaende næppe være Tvivl om, at den i dette Forsøg anvendte »Grundlinie« er uberettiget, fordi Horizontalmarchen er foregaaet med meget større Hastighed end Opstigningen; dette bevirker, at den beregnede Stofskiftestigning bliver for lille, og heraf følger atter, at den angivne Nyttevirkning er for stor. Den anvendte Metode er aabenbart overordentlig usikker, men den har sin Interesse derved, at Forsøg udførte med Heste og Hunde efter samme Principer (Zuntz) giver tilnærmelsesvis samme Nyttevirkning. Noget tilsvarende er derimod ikke Tilfældet for den horizontale Bevægelses Vedkommende; for denne er Energiforbruget pr. m Vej og pr. kg desto større, jo mindre Forsøgsdyret er; den betragtes — som tidligere berørt — som proportional med Legemets Overflade.

Et paalideligere Skøn angaaende Nyttevirkningen faar man, naar man holder sig til de nyere Forsøg med Arbejde paa Cycle-Ergometret. Nedenstaaende Exempler (Benedict & Cathcart) er beregnede paa den Maade, at et Arbejdsforsøg med lille Arbejde er benyttet som »Grundlinie« for et med større Arbejde; denne Beregningsmaade giver rimeligvis de rigtigste Resultater, idet som tidligere omtalt det paa Ergometret aflæste Arbejde kun udgør en Del af det samlede Arbejde, fordi de to Underextremiteter ikke under Kørslen afbalancerer hinanden. Det Merarbejde, som Underextremiteternes Bevægelse kræver, kan i Forsøg med samme Kørehastighed og omtrent samme Anstrængelsesgrad betragtes som værende i alt Fald af samme Størrelsesorden; hvis saa er, maa Stofskiftedifferensen i to Tilfælde svare til Forskellen mellem de paa Ergometret aflæste Arbejdsmængder. Forsøget med det mindste Arbejde betegnes med I, det andet med II.

Iltforbrug		Total Varmeproduktion			Teknisk Arbejde			Nytte-virkning
II	I	II	I	Diff.	II	I	Diff.	%
1828	1444	9,13	7,08	2,05	1,91	1,22	0,69	33,7
1858	1444	9,20	7,08	2,12	1,89	1,22	0,67	31,6
1850	1444	9,25	7,08	2,17	1,91	1,22	0,69	31,8

Forsøgene er udførte med en stærkt trænet, professionel Cyclerytter, hvis overflødige Bevægelser sikkert har været indskrænkede til et Minimum; hertil kommer, at Stillingen paa Cyclen kræver et forholdsvis lille Balancearbejde, saaledes at eventuelle Fejl paa Grundlinien sikkert faar meget ringe Indflydelse; man tør derfor vistnok antage, at den beregnede Nyttevirkning ikke er meget langt fra den fysiologiske.

Man kan dog maaske komme denne endnu lidt nærmere. Hvis man tør gaa ud fra, at Nyttevirkningen i Forsøg foretagne paa omtrent samme Tidspunkt og for øvrigt under saavidt muligt samme ydre Betingelser er tilnærmelsesvis konstant, en Antagelse, der har nogen Sandsynlighed for sig, selv om Ergometrets Belastning varierer indenfor visse Grændser, naar Omdrejningshastigheden holdes nogenlunde konstant, da kan man af to Forsøg beregne det Arbejde, der ikke kan aflæses paa Ergometret, altsaa især det Arbejde, der kræves til at bevæge Underextremiteterne, efter følgende Formel: $\frac{A + Ox}{S} = \frac{A_1 + O_1 x}{S_1}$, hvor A og A_1 betyder det paa Ergometret aflæste Arbejde, O og O_1 Antallet af Omdrejninger pr. Minnt, S og S_1 de til A og A_1 svarende Stofskiftestigninger, idet Arbejdsstillingen benyttes som »Grundlinie«, x det søgte Merarbejde pr. Omdrejning.

Den følgende Forsøgsrække (Lindhard) er foretaget med en øvet Cyclerytter paa det Krogh'ske Cycle Ergometer. Stofskiftet i Arbejdsstillingen er i Forsøgene 330 cc. O_2 pr. Min. Den kaloriske Værdi af 1 L Ilt er regnet til 2070 kgm. De forskellige mulige Kombinationer af Forsøgene giver ikke alle samme Værdi for x, men Afvigelserne er ikke

større, end at det kan betragtes som tilladeligt at regne med et Middeltal; derimod kan der i en større Forsøgsrække være betydelige Forskelligheder mellem de forskellige x'er; hvorvidt disse er reelle eller blot en Følge af fejlagtige eller ufuldstændige Forudsætninger, kan for Tiden ikke afgøres.

J. J. 1914.

Omdrejninger pr. Min.	Arbejde paa Ergom.	Korrektion pr. Omdr.	Samlet Arbejdspræstation	Iltoptagelse pr. Min.	Nyttevirkning
210	651	0,42	739	1759	25,1
204	998	0,42	1084	2407	25,1
208	1029	0,42	1116	2510	24,7
240	1186	0,42	1287	2750	25,7
231	1355	0,42	1452	3204	24,4

De anførte Forsøg, der alle har samme tilnærmede Værdi for Korrektionen x, giver en Nyttevirkning paa ca. 25 % eller noget lavere end i de ovenfor anførte Forsøg, der var foretagne med en trænet, professionel Cyclist; dette kunde tyde paa, at Nyttevirkningen varierer med Øvelse, en Formodning, som ogsaa findes bekræftet af andre Forsøg. Hos en anden Forsøgsperson var Nyttevirkningen beregnet paa ovennævnte Maade i tilsvarende Forsøg omtrent 24; i Forsøg, hvor samme Person drejede Ergometret med Haanden, var den derimod kun 18,5 %; det ligger nær at antage, at denne Forskel, der i alle Tilfælde overskrider Fejlgrænserne for Forsøgene, skyldes den uvante Arbejdsform. Sammenligner man Nyttevirkningen beregnet paa samme Maade hos Forsøgspersoner, hvis Træningstilstand man kender. peger Resultaterne ligeledes i samme Retning, og endelig faar man et lignende Resultat, hvis man sammenligner de første og sidste Forsøg i en længere Serie med en ikke særlig øvet Forsøgsperson som f. Ex.

Antal Omdrejninger pr. Min.	Arbejde paa Ergometer kgm pr. Min.	Iltoptagelse cc. pr. Min.	Teknisk Nyttevirkning
201	683	2015	18,7
198,5	674	1893	19,8
209	649	1639	22,5

Selv naar Hensyn tages til mulige Forskelligheder med Hensyn til den ovenfor omtalte Korrektion, kan der næppe være Tvivl om, at jo Nyttevirkningen i disse tre Forsøg er stigende fra det første til det sidste.

I de tidligere omtalte Forsøg af Krogh & Lindhard finder man i den største Forsøgsrække i Løbet af 25 Dage en Nedgang i Energiforbruget paa 0,28 Cal. pr. Cal. teknisk Arbejde eller omtrent 6 % af Udgangsværdien. I dette Tilfælde var Forsøgene forberedte ved, at Forsøgspersonen i de nærmest foregaaende 14 Dage daglig havde kørt en Tur paa et Par Timer paa sin Cycle. Det fremgaar altsaa af disse Forsøg, at hvis man vil opnaa en konstant Nyttevirkning, da maa man træne i selve det Arbejde, som man skal udføre under Forsøgene, ikke i et lignende. Selv i saa tilsyneladende nærstaaende Arbejdsformer som Kørsel paa fri og paa faststaaende Cycle er Muskelarbejdet aabenbart kvalitativt forskelligt. Forsøgene viser endvidere, at man kun meget langsomt naaer til et konstant Træningsniveau, idet et saadant i den hér omhandlede Forsøgsserie endnu ikke er naaet efter et Par Timers dagligt Arbejde i 25 Dage. Endelig finder man i disse Forsøg en ringe Nedgang i Nyttevirkningen som Følge af begyndende Træthed.

Betragter man Arbejdsforsøgene udført paa Cycle-Ergometret, vil man altsaa finde, at det paa forskellig Maade lader sig gøre at udføre en Beregning af den mekaniske Nyttevirkning, hvis Resultater næppe kan afvige meget fra den fysiologiske Nyttevirkning. Resultaterne ligger i det Store og Hele mellem 20 og 30 %. Det viser sig endvidere, at Nyttevirkningen er individuelt varierende, og at den til-

tager med Øvelse men aftager ved Træthed. Som ovenfor nævnt er den tillige afhængig af Forsøgspersonens øjeblikkelige »Disposition«.

Det er imidlertid ikke alle Former for Muskelarbejde, der lader sig behandle efter disse Metoder. Forsøger man at behandle de ovenfor anførte Forsøg over Gang, idet man betragter Løftningen af Legemets Tyngdepunkt, der i disse repræsenterer det tekniske Arbejde, da finder man i det første Forsøg en Nyttevirkning paa 22,9 %, medens i det sidst anførte Gangforsøg Nyttevirkningen kun bliver 12,7 %. Gang og Gang er altsaa flere forskellige Ting, og der kan ikke anføres noget enkelt Tal for Nyttevirkningen af denne Form for Arbejde. For Svømningens Vedkommende har Liljestrand & Stenström fundet, at der i et bestemt Tilfælde fordres en Kraft paa 3,5 kg til at bevæge Svømmerens Legeme gennem Vandet med en Hastighed af 40 m pr. Minut, naar den Paagældende indtager samme Stilling i Vandet som under Svømning. Ved Svømning med en Hastighed af 40 m pr. Minut udviste samme Forsøgsperson en Stofskiftestigning paa 1840 cc. O_2 med en respiratorisk Kvotient paa 0,85. Beregner man heraf den mekaniske Nyttevirkning, faar man: teknisk Arbejde = 40 × 3.5 = 140 kgm = 0,328 Cal. Energiforbrug 9,05 Cal. Nyttevirkning = 0,036 %.

Gaar vi til sidst over til en Betragtning af det rent statiske Arbejde, da ses det let, at den mekaniske Nyttevirkning for dette bliver = Nul, idet Arbejdet defineret som Kraft gange Vej maa blive 0, naar én af Faktorerne — i dette Tilfælde Vejen — bliver Nul.

Om den fysiologiske Nyttevirkning siger saadanne Beregninger naturligvis intet. Man tør antage, at den under de sidstnævnte Former for Arbejde varierer efter de samme Love, som man finder ved Undersøgelse af Arbejdet paa Ergometret; men dens absolute Størrelse kan meget vel være en anden. Man ved fra Muskelfysiologien, at naar en Muskel har naaet maximal Spænding, da er Varmeudviklingen

uafhængig af, om den faar Lov til at forkorte sig eller ikke, og i saa Tilfælde maa Nyttevirkningen blive uafhængig af Arbejdets Form; men man ved ikke, om eller i hvilken Udstrækning denne Betingelse er opfyldt i Praxis.

Menneskets Ernæring.

Grundlaget for Beregningen af, hvor stort et Kvantum Næringsstof et Menneske behøver i Døgnet for under givne Betingelser at kunne leve uden at tære paa sit eget Legeme, finder man i Stofskifteforsøgene og i den kemiske Analyse af Næringsmidlerne. Dog maa man, hvad disse sidste angaar, erindre, at de indeholder større eller mindre Mængder af ufordøjelige Stoffer; om dette Forhold giver den kemiske Analyse ingen eller utilstrækkelige Oplysninger; man er paa dette Omraade atter henvist til direkte Forsøg. — Man bestemmer et Næringsstofs Fordøjelighed, idet man i nogle Dage giver et Forsøgsindivid en Kost bestaaende udelukkende af det paagældende Stof og undersøger, hvor meget af hver af dettes tre Hovedbestanddele, der gaar bort med Excrementerne. Det er i denne Forbindelse ligegyldigt, om Excrementerne bestaar hovedsageligt af ufordøjet Føde, eller om maaske (hvad der er det sædvanlige hos Mennesket) Hovedmassen af disse er ikke reabsorberede Fordøjelsessecreter; de i Excrementerne fundne Stoffer betyder i alle Tilfælde et Stoftab for Organismen knyttet til Ernæringen med det undersøgte Næringsstof. Metoden lider imidlertid under den Vanskelighed, at Fordøjeligheden af det samme Næringsstof ikke er den samme i alle Kombinationer, og at altsaa den Fordøjelighed af et Stof som man har fundet ved en ensidig Kost ikke uden videre holder Stik, naar det paagældende Stof indgives sammen med andre Næringsmidler.

For Plantekostens Vedkommende er Fordøjeligheden i første Linie knyttet til Fødens Indhold af Cellulose; jo bedre Føden er behandlet, d. v. s., jo bedre de i Cellulose-

membranerne indesluttede Stoffer ved Findeling, Kogning osv. er blevet tilgængelige for Fordøjelsessecreterne, desto større bliver Udnytningen i Tarmen, saaledes er ca. 85 % af Proteinstofferne i fint Hvedebrød fordøjelige, medens kun ca. 60 % af de samme Stoffer udnyttes i groft Rugbrød. Noget lignende gælder for Bælgfrugternes Vedkommende; af Ærtemel er ca. 90 % fordøjeligt mod ca. 70 % af Ærtesuppe paa hele Ærter. Fordøjeligheden af vegetabilsk Æggehvide tiltager, naar man samtidigt indgiver let fordøjelig animalsk Æggehvide. I Almindelighed udnyttes hos Mennesket ligesom hos andre Altædere og Kødædere de animalske Proteinstoffer langt bedre end de vegetabilske; ved Kødkost findes hos Mennesket kun 1,5—3 % af Kvælstoffet i Excrementerne.

Fedtstoffernes Fordøjelighed afhænger bortset fra, om de er indesluttede i Cellemembraner eller ikke, først og fremmest af deres Smeltepunkt; let smelteligt Fedtstof som f. Ex. Smør er let fordøjeligt, hvorimod tungt smelteligt Fedt som Faaretalg udnyttes daarligere; man kan af dette finde 6—8 % i Excrementerne.

Kulhydratrig Føde udnyttes, naar de egentlige »Gemyser« undtages, godt; af Sukker findes kun Spor i Tarmudtømmelserne, derimod kan større Mængder af Stivelse som ved ensidig Kartoffelnæring volde Vanskeligheder med Hensyn til den fuldstændige Udnytning.

Skal man nu sammensætte en Kost for Mennesker saaledes beskaffen, at Organismen kan gøre fyldest med Hensyn til de Fordringer, der stilles til den, uden at dens Indhold af potentiel Energi formindskes, da maa man under Hensyntagen til de enkelte Næringsstoffers større eller mindre Udnyttelsesmuligheder sørge for, at der i denne findes tilstrækkeligt Æggehvidestof til Organismens Vedligeholdelsesstofskifte, tillige, at der forekommer de nødvendige N-frie Stoffer til Udvikling af Varme og Arbejde.

Voit's klassiske Kostration ser saaledes ud:

118 gr Æggehvide, 56 gr Fedt og 500 gr Kulhydrat.

Denne Kostnorm blev længe betragtet som absolut fyldestgørende, men efterhaanden er man dog blevet opmærksom paa, at visse Ændringer er ikke blot tilladelige men ogsaa ønskelige. Man anser nu som allerede nævnt 80 gr Æggehvide for et passende Kvantum og indrømmer, at Æggehvidemængden sikkert i adskillige Tilfælde vil kunne bringes endnu længere ned, uden at Individet lider derunder. Endvidere ved man, at Fedt og C-hydrat — med den ovenfor omtalte Indskrænkning — naar de rigtige Mængdeforhold overholdes, i Energistofskiftet vil kunne erstatte hinanden, og man vil derfor af Hensyn til Variationen af Kosten gøre vel i ikke at føle sig bunden til en bestemt Mængde af hver af disse Grupper, men blot sørge for, at den samlede Kalorieværdi bliver tilstrækkelig.

Variation i Kosten spiller en meget stor Rolle; selv en Kostration, der iflg. sit Kalorieindhold med Lethed skulde kunne dække Organismens Behov, kan vise sig utilstrækkelig til at bevare Individets Ernæringstilstand, hvis den er saaledes sammensat, at den vækker den Paagældendes Uvilje. Man kan vel tvinge sig til at spise, men man kan ikke, saaledes som det vil fremgaa af det foregaaende, tvinge Fordøjelseskirtlerne til at secernere eller Tarmepithelet til at resorbere, og en mangelfuld Funktion fra disse Organers Side kan bevirke, at Udnytningen af Næringsstofferne falder under det sædvanlige Niveau.

Ogsaa individuelle Forskelligheder kan spille en Rolle med Hensyn til Fødens Udnytning; nogle Individer foretrækker en mere fedtrig og altsaa en mindre voluminøs Kost, andre befinder sig bedre paa en Kost, der fylder, og foretrækker derfor stivelseholdig Føde. Det gælder vistnok som Regel, at Folk med stillesiddende Arbejde klarer sig bedst paa en ikke for voluminøs Kost, hvorimod en saadan taales godt af Folk, der faar rigelig Bevægelse. Dette gælder dog kun indenfor visse Grændser; skal man paa Grund

af strængt Arbejde indtage meget store Mængder af Næringsstof, da er i de fleste Tilfælde en Kost, der fylder, meget ubekvem; netop i saadanne Tilfælde vil individuelle Forskelligheder kunde træde stærkt i Forgrunden.

Som Minimumfordring opstiller man for et Menneske, der holder sig fuldstændigt i Ro og er nogenlunde beskyttet mod Varmetab, 1 Cal. pr. kg Legemsvægt i Timen; for et Individ, der vejer 70 kg, altsaa ca. 1700 Cal. i Døgnet. Hvis det samme Individ er beskæftiget med stillesiddende Arbejde inden Døre som f. Ex. Læsning og Skrivning, stiger Forbruget til 2200—2550 Cal. Til Soldater regner man paa Hviledage 2900—3000 Cal., paa Marchdage 4100—4200 Cal. Hos Sportsmænd under Træning stiger Behovet yderligere til 5—6000 Cal. I enkelte Tilfælde kan Omsætningen blive endnu større. Ved Kostberegning vil der naturligvis, især hvor det drejer sig om Forplejning af større Menneskemasser, være at tage Hensyn til Fødens Pris. Tænker man sig, at et Menneske taber 0,5 kg i Vægt om Ugen, og regner man, at dette Vægttab for de $^4/_5$ er Tab af Fedt, medens $^1/_5$ er Kødtab, da er det samlede Vægttabs kaloriske Værdi 3900 Cal. eller 560 Cal. pr. Dag. Dette Tab kan dækkes med 560 : 8,19 = 68 gr Margarine eller 560 : 4,06 = 138 gr. fedt Svinekød, med 560 : 2,42 = 232 gr Kammisbrød eller 560 : 0,95 = 590 gr Kartofler. Hvilken af disse Erstatningsrationer man vil vælge, beror dels paa den i Forvejen givne Kost, dels paa det paagældende Menneskes Smag, dels endelig paa økonomiske Forhold. Betydningen af den sidste Faktor forstaar man, naar man betænker, at

68 gr	Margarine	koster	12,2 Øre
138 -	Svinekød	—	17,6 —
232 -	Kammisbrød	—	4,2 —
590 -	Kartofler	—	3,0 —

Som ovenfor antydet spiller det Fænomen, som man kalder »Appetit«, en betydelig Rolle for den normale Funk-

tion af Fordøjelsesorganerne; man kan overhovedet ikke holde et Menneske i Live paa rene Proteinstoffer, Fedtstoffer og Kulhydrater; Føden skal derfor altid indeholde en vis Mængde af Stoffer, som i sig selv ikke er nærende, men som virker stimulerende paa Appetiten. Herhen hører Krydderier i videste Forstand, alle saakaldte Nydelsesmidler; en Del saadanne Smagsstoffer dannes ved Fødens Tillavning navnligt ved Stegning og Bagning, andre som Peber eller Sennep tilsættes. Man maa altid ved Anvendelsen af Krydderier tænke paa, at der forholdsvis let indtræder Tilvænning, som kan gøre det nødvendigt stadig at stige med Dosis, hvis Virkningen skal vedligeholdes, endvidere, at store Portioner kan virke uheldigt paa Fordøjelsesorganernes Slimhinder; man maa derfor sørge for Afvexling ved Brugen af disse Stoffer. Nogle Nydelsesmidler virker navnligt paa Centralnervesystemet saaledes Kaffe, The og Tobak, ligeledes Alkohol anvendt som Nydelsesmiddel. Alkohol som Næringsmiddel er tidligere omtalt, hér skal tilføjes, at den i smaa Doser dels kan virke stimulerende paa Fordøjelseskirtlernes Virksomhed, dels paaskyndende saavel paa Fedtspaltningen som paa Fedtresorptionen. Paa Centralnervesystemet virker Alkohol lammende, først paa de reflexhemmende Funktioner senere universelt; paa Grund af sin hurtige Opsugning og Nedbrydning kan Alkohol endvidere virke inciterende, naar det efter større Anstrængelser gælder om for en ganske kort Tid at »tage sig sammen«; paa aandeligt Arbejde virker den vistnok altid forstyrrende, særligt naar det gælder de finest afstemte psychiske Funktioner.

Endelig er Tilstedeværelsen af minimale Mængder af visse Stoffer, saakaldte Vitaminer, en nødvendig Bestanddel af Føden. Vitaminerne findes i forskellig Mængde i de fleste friske Fødemidler men kan ødelægges ved stærk Kogning eller ved andre indgribende Preserveringsmetoder. Disse Stoffer er endnu ukendte i kemisk Henseende, og deres

Næringsmidlets Art	Vand %	Ægge-hv. %	Fedt %	C-hydr. %	Cellu-lose %	Pris pr. Kilo	Pris pr. 3000 Cal.
Oxekød, fedt	53.1	16.8	29.2			137	121
— , magert	76.4	20.7	1.7			111	330
Svinekød, fedt	47.4	14.5	37.3			135	100
— , magert	72.6	20.3	6.8			120	247
Hestekød	74.3	21.7	2.6	1.0		60	154
Hønsekød	72.2	21.3	4.5			180	419
Gaasekød	40.9	14.2	44 3			120	77
Lax	64.3	21.6	12.7			600	870
Torsk	81.8	16.7	0.3			40	169
Skinke	28.1	24.7	36.5	0.2		350	238
Blodpølse	63.6	9.9	8.9	15.8		180	282
Klipfisk	16.2	81.5	0.7			70	62
Hønseæg	73.6	12,6	12 1	0.6		120	216
Mælk	87.5	3.4	3.6	4.8		20	90
Schweitzerost	34.1	29.5	29.8	1.5		200	149
Smør	13.5	0.7	83.7	0 5		240	92
Margarine	9.0	0.4	87.6	0.6		180	66
Ris	13.2	8.1	1.3	75.5	0.9	48	41
Ærter	13.6	23.4	1.9	52.7	5.6	24	22
Kastanier, tørrede	10.3	10.8	4.1	69.3	2.8	80	65
Kartofler	74.9	2.0	0.1	20.9	1.0	5	16
Grønne Ærter	77.7	6.6	0.5	12.4	1.9	150	542
Asparges	93.8	1.9	0.1	2.4	1,2	120	1935
Spinat	89.3	3 7	0.5	3.6	0.9	25	214
Champignon	89.7	4.9	0.2	3.6	0.8	400	3243
			N-frie Extr. stf.	Sukker			
Æbler, skrællede	85.4	0.3	3.9	8.8	1.3	20	115
Blommer	84.9	0.4	0.8	14.7	0.5	20	97
Druer	80.5	0.6	1.9	14.4	2.2	50	227
Blommemarmelade	56 7	2.5	9.8	28.5		40	74
				N frie Extr. stf.			
			Fedt				
Hvedebrød	33.7	6.8	0.5	57.8	0.3	40	44
Rugbrød	39.8	6.4	1.1	50.4	0.8	22	28
— Kammisbrød	38.4	6.0	0.4	52.0	1.6	18	22
Havretvebak	10.0	8.6	10.4	66.7	2.4		
Grahamsbrød	8.5	66.2	5.0	17.7			
Maccaroni	11.9	10.9	0.6	75.6	0.4	44	37

Det fremgaar af Tabellerne, at Næringsmidlerne som Regel ikke betales efter deres kaloriske Værdi saa lidt som efter deres Indhold af Æggehvidestof, men at det først og fremmest er et Smags- eller et Modespørgsmaal, der er bestemmende for Prisen. Billig Kost er ikke ensbetydende med Kost af ringe Næringsværdi.

nærmere Betydning for Omsætningerne i Organismen kendes lige saa lidt; man antager, at de medvirker ved Dannelsen af visse Hormoner. Unge Forsøgsdyr, der unddrages saadanne Fødemidler, i hvilke Vitaminer erfaringsmæsigt har vist sig at være til Stede, standser i Vækst og dør efter faa Ugers Forløb. Vitaminmangel fremkalder ogsaa hos voxne Dyr eller Mennesker svære Ernæringsforstyrelser; man maa saaledes antage, at de bekendte Sygdomme Skørbug og Beri-Beri har denne Oprindelse. Beri-Beri kan experimentelt fremkaldes paa Duer ved Fodring udelukkende med poleret Ris, idet Risens Vitaminer kun findes i Frøskallen. Giver man Dyrene de upolerede Korn, opstaar Sygdommen derimod ikke.

I de foranstaaende Tabeller, som skyldes Zuntz, findes angivet en Del Næringsmidlers Indhold af de tre Hovedgrupper af Næringsstoffer samt Vand; endvidere findes opgivet disse Stoffers Pris (Berliner Torvepris i Pfenninge, som hér er gengivet uden Omregning til Dansk Mønt) dels pr. Vægtenhed, dels med Hensyn til Kalorieindhold. Selv om Priserne siden denne Tabel blev beregnet, har forandret sig betydeligt, kan den sikkert endnu tjene som Vejledning med Hensyn til de forskellige Fødemidlers relative Værdi.

LEGEMSTEMPERATUR OG VARMEREGULATION.

Ved Organismens Stofskifte udvikles Varme, og denne afgives for de højere Hvirveldyrs Vedkommende ikke strax til Omgivelserne men tjener til i selve Organismen at vedligeholde et vist Temperaturniveau, Legemstemperaturen, der som Regel er noget højere end det omgivende Mediums Temperatur.

For at Organismen skal kunne vedligeholde et bestemt Temperaturniveau, maa den ikke alene kunne producere Varme, naar Legemstemperaturen falder eller truer med at falde, den maa ogsaa kunne afgive Varme, og denne Varmeafgift maa kunne varieres efter Forholdene, navnlig efter Varmeproduktionens Størrelse. Ved Muskelarbejde f. Ex. produceres der ofte som Biprodukt saa store Varmemængder, at de vilde bringe Legemstemperaturen til at stige udover de Grændser, der er forenelige med Livets Bestaaen, hvis der ikke fandtes Midler, hvorved Organismen blev i Stand til at forøge Varmeafgiften i samme Forhold. Et Arbejde paa 3 Cal. pr. Minut fortsat i en Time, vilde, hvis den mekaniske Nyttevirkning er 20 %, fordre 900 Cal., af hvilke altsaa 720 forbliver i Organismen som Varme. Vejer Legemet 60 Kg., faar man altsaa 12 Cal. pr. Kg., hvilket, hvis Varmefylden sættes til 0,8, giver en Temperaturstigning paa 15^{0}.

Indbegrebet af alle de Processer, der gør det muligt for Organismen at producere Varme og at afgive Varme i et

saadant Forhold, at Legemstemperaturen indenfor visse Grænser holdes tilnærmelsesvis konstant og uafhængig af Omgivelsernes Temperatur, kaldes Varmeregulationen. Organismer, der er i Besiddelse af en Varmeregulationsmekanisme, kaldes *homoiotherme* i Modsætning til saadanne, hvis Legemstemperatur stiger og falder med Omgivelsernes Temperatur; disse sidste kaldes *poikilotherme*.

LEGEMSTEMPERATUREN

Da Varmen hidrører fra kemiske Omsætninger, maa den opstaa, hvor disse finder Sted, altsaa navnlig i Muskler og arbejdende Kirtler. Ogsaa i den ikke kontraherede Muskel udvikles der Varme; at Muskelsystemet spiller en afgørende Rolle for Temperaturregulationen kan demonstreres experimentelt, idet man ved at forgifte et varmblodet Forsøgsdyr med Curare, hvis Virkning er den at afbryde Forbindelsen mellem Muskulatur og Centralnervesystem, kan opnaa, at Dyret reagerer paa Temperaturforandringer som en koldblodet Organisme. Man har ligeledes paavist, at Veneblodet, der forlader en arbejdende Muskel eller Kirtel, er varmere end det arterielle Blod, der strømmer til det paagældende Organ. Portaareblodet kan saaledes være 0,5 ° varmere end Blodet i Aorta, og Blodet i Vv.hepaticæ kan atter være indtil 1,5 ° varmere end Blodet i Portalkredsløbet. Fra de Organer, i hvilke Varmen produceres. vil denne med det opvarmede Blod føres til andre Organer. Hvor meget disse opvarmes, beror dels paa Blodtemperaturen, dels paa Mængden af det gennemstrømmende Blod, dels endelig paa, i hvor høj Grad det paagældende Organ er udsat for Varmetab til Omgivelserne. Det følger heraf, at Legemstemperaturen ikke er ens i de forskellige Organer.

Ved Legemstemperatur kunde man forstaa en Gennemsnitstemperatur for samtlige Organer, men en saadan er det imidlertid af mange nærliggende Grunde umuligt at frem-

skaffe; det er derfor blevet almindelig Vedtægt ved Legemstemperatur at forstaa Temperaturen maalt paa et eller andet nærmere angivet Sted, idet man sørger for at vælge den Localitet, paa hvilken man maaler, saaledes, at den maalte Temperatur bliver et saa nøjagtigt Udtryk som muligt for Temperaturforholdene i Organismen. Det bedste Sted for Temperaturmaaling er under almindelige Forhold Rectum; i dette Organ kommer Thermometret i nøje Berøring med stærkt blodfyldte Væv, og det er meget lidt udsat for direkte Varmetab til Omgivelserne; paa den anden Side kan Rectaltemperaturen utvivlsomt paavirkes, naar de store Hoftemuskler arbejder intensivt. Naar Temperaturmaalingen i Rectum foregaar ved Hjælp af et Thermoelement, der forbliver paa Plads imellem Maalingerne, kan den foretages i alle Stillinger og under alle Forhold, men skal den foregaa ved Hjælp af et af de sædvanlige Maaleinstrumenter, da har den visse Ulemper, idet den fordrer en delvis Afklædning af Forsøgsindividet og helst maa foretages i liggende Stilling. Man har derfor søgt et mere bekvemt Sted at maale Temperaturen, navnlig har Mundhulen, nærmere bestemt Sulcus alveolo-lingvalis, været prøvet, ligeledes Axillen. Om begge disse Localiteter gælder det imidlertid, at de der maalte Temperaturer i høj Grad paavirkes af den ydre Temperatur, de bør derfor kun rent undtagelsesvis anvendes ved Temperaturmaalinger, og Resultater baserede paa saadanne Maalinger maa modtages med fornøden Reservation.

Som Maaleinstrument anvendes i Almindelighed et Kviksølv-Maximalthermometer, et Thermometer, hvis Søjle paa et begrændset Sted er saa tynd, at den brydes, naar Kviksølvet i Beholderen afkøles. Kviksølvsøjlen vil da altid blive staaende paa det Sted, der svarer til den højeste Temperatur, som Thermometret har været udsat for. Før Thermometret kan anvendes til en ny Maaling, maa da Kviksølvsøjlen atter samles ved smaa korte Slag med Thermometret. Man har anvendt Thermometre af forskellig Form paa de forskellige

Localiteter, men Princippet i alle disse Apparater er som Regel det samme; til fortsatte Maalinger i Rectum kan dog som omtalt anvendes et Thermoelement, der lader sig anbringe paa en saadan Maade, at Forsøgsindividet uden Gene kan have det liggende i Tarmen i flere Døgn.

Rectaltemperaturen er hos Mennesket i Gennemsnit 36,7—37,2 ° C, maalt i Hvile og i passende Afstand fra Maaltider. Den varierer kun lidt med Omgivelsernes Temperatur, men stiger efter Maaltiderne som Følge af Fordøjelsesarbejdet og stiger især som Følge af Muskelarbejde. Selv et ringe Arbejde sætter Legemstemperaturen op, men navnligt vil dog kortvarige, intense Anstrængelser bevirke en kendelig Temperaturstigning. Naar man hos Løbere over 100 m har fundet Temperaturstigninger til 40—41 °, maa dette dog bero paa locale Forhold. Ved længerevarende Anstrængelser bliver Temperaturstigningen som Regel mindre, dels fordi Varmeafgiften efterhaanden bliver maximal, dels fordi Varmeproduktionen i Tidsenheden aldrig naaer saa høje Værdier, som under det ganske kortvarige Arbejde. Omvendt kan Temperaturen, hvis man lægger sig til at sove i kolde Omgivelser, gaa ned til 35—36°. Falder Temperaturen under ca. 35 °, løber man Fare for at fryse ihjæl. Paa den anden Side taaler man ikke i længere Tid en Stigning af Rectaltemperaturen til over 42° C. — Mundtemperaturen vil, naar den ydre Temperatur holdes paa et passende, konstant Niveau, følge Rectaltemperaturens Bevægelser. Større Svingninger i Ydertemperaturen, der er uden nævneværdig Indflydelse paa Rectaltemperaturen, vil imidlertid bringe Mundtemperaturen til at variere stærk; man kan ved en Lufttemperatur paa omkring ÷ 30° finde Mundtemperaturen et Par Gradere lavere end Temperaturen i Tarmen. — I endnu højere Grad er Ydertemperaturen bestemmende for Hudtemperaturens Niveau, hvad enten denne maales i Axillen eller andre Steder.

$^{2}/_{9}$ 06.	Rectal-temperatur	Mund-temperatur	Hud-temperatur (Panden)	Luft-temperatur
	36,8	35,9	27,8	1,1
4 Timer senere	36,9	36,0	25,3	0,5 Blæst

$^{16}/_{5}$ 07	Tp. i Panden	Stuetemperatur
	30.9	2,5
	32,4	5 — 10
	34,0	18,5 — 19
	35,7	21
	34,4	17

Hudtemperaturen er ofte flere Grader lavere end Temperaturen i Legemets Hulheder, ja, Huden kan som bekendt endog fryse til Is i lav Ydertemperatur, selv om Rectaltemperaturen stiger over Normen.

Med Hensyn til Legemstemperaturens Døgnkurve, da vil man finde, at Temperaturen (ɔ: Rectaltemperaturen) er lavest om Morgenen, umiddelbart efter Opvaagnen, derefter stiger mere eller mindre jævnt for at naa sin maximale Værdi ved Aftenstid, naar Dagens Gerning er endt, hvorpaa den atter falder til ud paa Morgenstunden. Man mente længe, at denne Temperaturkurve havde en bestemt Form, at Legemstemperaturen altsaa frembød en regelmæsig Periodicitet. Det er imidlertid i de senere Aar godtgjort ved Forsøg først paa Aber, derefter paa Mennesker, at Temperaturkurven helt og holdent retter sig efter det paagældende Individs Beskæftigelse og Levevis; der findes ingen nedarvet Periodicitet. Den saakaldte »normale« Temperaturkurve er et Produkt af Samfundsforholdene.

VARMEREGULATIONEN.

Legemstemperaturen fremgaar ifig. det ovenfor anførte som et Kompromis mellem Varmeproduktion og Varme-

afgift. Varmeproduktionen er betinget af de med positiv Varmetoning forløbende kemiske Processer. Varmeafgiften derimod beror paa forskellige fysiske Forhold. Straaling, Ledning og Fordampning.

Varmeafgiften ved Straaling varierer med Legemernes Overfladebeskaffenhed og Farve, den er lig Forskellen mellem den udstraalede og den i samme Tidsrum absorberede Varme. For sorte Legemer er Udstraalingen proportional med 4. Potens af den absolute Temperatur. Varmetabet ved Ledning afhænger foruden af Differensen mellem de absolute Temperaturer tillige af de paagældende Mediers Ledningsevne. Drejer det sig om daarlige Varmeledere, er det tillige af Betydning om disse er i Ro eller bevæges; man kommer saaledes lettere til at fryse i Blæst end i stille Luft ved samme Temperatur, idet Luftlaget i Berøring med Huden i første Tilfælde stadig skiftes.

Mundtemperatur	Hudtemperatur	Lufttemperatur
35,9	27,8	1,1
36,0	25,3	0,5 Blæst
35,8	24,6	2,8 Stærk Blæst
35,9	28,5	3,4 Næsten Stille

Da Vand er en betydelig bedre Varmeleder end Luft, afkøles man stærkere i Vand end i Luft ved samme Temperatur; det er meget ofte Afkølingen af Legemet paa Grund af Varmeledning til Vandet, der sætter Grændsen for en Svømmepræstation. Varmeafgiften ved Vandfordampning varierer med Luftens Temperatur og relative Fugtighed, idet den stiger proportionalt med den første, omvendt proportionalt med den sidste af de nævnte Størrelser. Fordampningsvarmen for 1 kg Vand ved 100° er 539 Cal. Rubner har beregnet, at hos et voxent Menneske, der opholder sig sig ved almindelig Stuetemperatur, og hvis normale Varmeproduktion er 2700 Cal., fordeler Varmeafgiften sig saaledes, at

31,0 % bortgaar ved Ledning,
43,7 - — - Straaling,
20,6 - medgaar til Vandfordampning,
1,2 - — - Opvarmning af Aandedrætsluften,
1,5 - — - — Føden og
1,8 - omsættes til mekanisk Arbejde.

Varmeforholdene kan naturligvis paa Forhaand reguleres noget. Man kan indtage rigelige Mængder af saadanne Fødemidler, som erfaringsmæsigt sætter Stofskiftet op, og man kan beskytte sig mere eller mindre mod Varmeafgift ved at ændre sin Paaklædning i den ene eller den anden Retning. Klæder beskytter Legemet mod Varmetab som Følge af Udstraaling eller Ledning, idet der mellem Huden og Klæderne dannes et stillestaaende Luftlag, der uden nævneværdigt Varmetab for Organismen, ligesom de inderste Lag af Klæderne naaer en ret høj Temperatur (ca. 30°), og denne Varme ledes kun langsomt videre til de fjærnere Omgivelser. Selv naar Hensyn tages til, at den saaledes opvarmede Luft vil kunne optage mere Vanddamp end før Opvarmningen, tør man dog regne med, at Klæder formindsker Varmeafgiften med omtrent 20 %.

Men bortset fra disse forebyggende Foranstaltninger, er Organismen altsaa i Stand til at indrette sig efter de øjeblikkelige Forhold, til — indenfor visse Grændser — at regulere sin Temperatur; og Regulationen kan finde Sted, saavel hvad Varmeproduktionen som hvad Varmeafgiften angaar. Regulationen er ikke fuldstændig; dels har den visse Ydergrændser, udenfor hvilke den svigter, dels tager det nogen Tid, inden den naaer at træde i Virksomhed; derfor kan Legemstemperaturen som omtalt naa at stige endog ret betydeligt, naar der ganske pludseligt produceres store Varmemængder, og derfor kan den forøgede Varmeafgift undertiden fortsættes længere end ønskeligt er; man kommer let til at fryse, naar man efter at have naaet maximal

Varmeafgift pludseligt formindsker Varmeproduktionen stærkt. Men naar Forandringerne i Varmeproduktionen eller i den ydre Temperatur ikke er for store eller for pludselige, vil Varmeregulationen saavel ved stigende som ved faldende Temperatur vise sig effektiv.

Hvis Ydertemperaturen stiger, eller hvis Varmeproduktionen stiger, uden at dette skyldes Varmeregulationen, da vil Varmeafgiften forøges, hvilket kan ske paa forskellige Maader. Enten kan det Nervecentrum, hvorfra Regulationsmekanismen beherskes, paavirkes direkte ved den forhøjede Blodtemperatur eller det kan sættes i Virksomhed reflektorisk, idet visse af Hudens Receptorer paavirkes af den forhøjede Ydertemperatur. I bægge Tilfælde udgaar der fra Centret Nerveimpulser til Hudens Vasomotorer, hvorved Hudkapillærerne udvides, Huden bliver mere blodfyldt og dermed varmere. Ad denne Vej forøges Varmetabet saavel ved Straaling som ved Ledning, ligesom ogsaa Fordampningen vil tiltage. Træder Regulationen i Virksomhed paa Grund af forøget Varmeproduktion ved Muskelarbejde, vil tillige den stærkt forøgede Lungeventilation give Anledning til en forøget Vandfordampning fra Luftvejene, idet man maa antage, at Respirationsluften foruden at blive opvarmet til Legemets Temperatur, tillige bliver nogenlunde fuldstændigt dampmættet. Den forøgede Fordampning fra Huden skyldes Svedkirtlernes Virksomhed, idet en Forhøjelse af Legemstemperaturen virker som et centralt Irritament for disse og giver Anledning til en i Forhold til Irritamentets Styrke mere eller mindre forøget Secretion. Mængden af den afsondrede Sved er meget forskellig; hos 5 Forsøgspersoner, der arbejdede (marcherede) under samme Forhold, samme Klædedragt, samme Bagage, samme Vejlængde, varierede den fordampede Mængde Sved fra 953 gr hos den slankeste til 2575 gr hos den mest korpulente. Det er naturligvis ikke al den afsondrede Sved, der fordamper eller rettere fordamper saaledes, at Fordampningsvarmen tages fra

Legemet, en Del vil i Draabeform falde til Jorden, en endnu større Del vil samle sig i Klæderne, og ved Fordampning af denne vil Varmen kun delvis eller i alt Fald først efterhaanden blive taget fra Legemet. Ved en Svedsecretion paa 2436—3366 gr fandtes 335—995 gr i Klæderne. Varmeafgiften ved Fordampning stiger med Temperaturen, dog kan man ikke uden videre fra fysiske og meteorologiske Forhold slutte sig til, hvor store Vandmængder der ad denne Vej vil forlade Organismen, da Svedsecretionen retter sig efter det øjeblikkelige Behov. Fordampningen er større i Stille end i Blæst, thi i sidste Tilfælde forøges Varmeafgiften ved Ledning saa stærkt, at Svedsecretionen formindskes. I tør Luft vil en ringere Mængde Sved samle sig i Klæderne, og Afkølingen ved Fordampning vil med uforandret Svedsecretion blive mere effektiv; Svedsecretionen vil derfor under disse Omstændigheder formindskes. Det gælder altsaa om at have porøse Klæder, naar man skal arbejde stærkt ved høj Temperatur. Hvis Huden stadig er vaad, vil Fordampningen derimod blive større i Blæst end i Stille, stærkere i tør end i fugtig Luft. Under i øvrigt lige Forhold er Svedsecretionen stærkest hos den, der er uvant med Anstrængelser; Vædsketabet kan blive meget betydeligt; man har paavist en Vandafgift paa adskillige Liter, hvilket under visse Omstændigheder kan dække hele Varmeafgiften. I kortere Tid kan man opholde sig i tør Luft paa 100° C, naar Svedsecretionen foregaar paa normal Maade, er Luften derimod dampmættet, vil allerede en Temperatur paa halvhundrede Grader gøre Opholdet utaaleligt. Meget store Vædsketab kan medføre Standsning af Urinsecretionen, betydelig Forøgelse af Blodets Concentration og endelig Standsning af selve Svedsecretionen. Sker dette, da vil Legemstemperaturen stige meget stærkt, og Tilstanden bliver da faretruende for Organismen. Man bør derfor sørge for under Forhold, der medfører betydeligt Vædsketab, at dette bliver i alt Fald delvist kompenseret.

Som allerede omtalt stiger Varmeproduktionen med stigende Legemstemperatur, og desuden vil det forøgede Hjærtearbejde saavel som Svedkirtlernes forøgede Virksomhed bidrage til at stimulere Forbrændingsprocesserne. Ogsaa paa denne Maade forøges og kompliceres Fordringerne til Varmeregulationen.

Under Ophold i kolde Omgivelser foregaar Varmeregulationen paa tilsvarende Maade, som naar Ydertemperaturen er forhøjet; men den gaar da ud paa at formindske Varmeafgiften; kun naar denne Forholdsregel viser sig utilstrækkelig, vil ogsaa Varmeproduktionen tiltage.

Varmeafgiften formindskes ved reflektoriske Karkontraktioner i det mest udsatte Organ, nemlig Huden. Kontraktion af Hudkarrene medfører, at denne bliver relativt blodfattig og altsaa koldere, hvorved Varmeafgiften ved Straaling og Ledning formindskes, desuden ophører Svedsecretionen. Huden kan afkøles ret stærkt, uden at Afkølingen bliver kendelig for de indre Organers Vedkommende, fordi det subcutane Fedtvæv, som er en slet Varmeleder, virker som Isolator for disse. Jo stærkere det subcutane Fedtvæv er udviklet, desto virksommere bliver altsaa denne Form for Regulationen. Hvis Afkølingen er betydelig, eller hvis den fortsættes længe, bliver det dog nødvendigt at gribe til positive Forholdsregler, d. v. s., Varmeproduktionen maa i saa Tilfælde forøges.

Naar Afkølingen af Huden har naaet en vis Grændse, vil der reflektorisk optræde Muskelbevægelser, Rysten, Sittren og krampagtige Ryk, Tænderklapren osv., hvorved Legemstemperaturen stiger. Oftest søger man vilkaarligt at forhøje Virkningen ved Trampen med Fødderne, ved at gnide og banke Hænderne, altsammen Foranstaltninger, der tjener til at forøge Varmeproduktionen. Stofskiftebestemmelser viser, at Iltforbruget under disse Omstændigheder stiger; man har saaledes hos et Forsøgsdyr anbragt ved en Temperatur paa ca. 30^0 maalt et Iltforbrug paa 1,32 gr pr.

kg & Time, medens Forbruget hos det samme Dyr ved 0° var 2,91 gr. Disse uvilkaarlige Muskelbevægelsers Betydning for Varmeregulationen fremgaar deraf, at Stofskiftestigningen ved Afkøling udebliver hos Mennesker, der er i Stand til vilkaarligt at undertrykke disse, ligesom Forsøgsdyr, der er forgiftede med Curare, er ude af Stand til at hindre et Fald af Legemstemperaturen, naar de anbringes i kolde Omgivelser.

Den nervøse Regulationsmekanisme beherskes fra et Centrum, der er beliggende i Hjærnestammen, hos Mennesket i Medulla oblongata (eller i Pons). Hos Kaniner og Hunde har man fundet, at Irritation af et bestemt Sted i Corpus striatum fremkalder stærk Temperaturforhøjelse, der varer et Par Dage. Stofskiftet, ogsaa Kvælstofstofskiftet, er da 15—30 % forhøjet.

FORPLANTNINGEN.

Som tidligere omtalt opstaar nye flercellede Organismer ved Deling af en enkelt Celle, Zygoten, opstaaet ved at Ægcellen har forenet sig med en anden Celle, Sædcellen eller Spermatozoët. Disse Celler stammer hos de højere organiserede Væsner fra to forskellige Individer, som herefter benævnes resp. hunlige og hanlige. Hvor og hvorledes disse Kønsceller bringes i Berøring med hinanden, kan man ikke angive i Almindelighed, netop paa dette Omraade er Forholdene indenfor den organiske Verden yderst forskellige. Hos de højere Hvirveldyr og altsaa ogsaa hos Mennesket foregaar Foreningen af Ægcelle og Spermatozo i Hunnens Legeme, idet Spermatozoët ved en særlig Forplantningsakt indbringes i Hundyrets Genitalorganer. For Pattedyrenes Vedkommende foregaar dog ikke alene selve Befrugtningsprocessen men ogsaa en betydelig Del af det nye Individs Udvikling indenfor Moderorganismen.

Kønscellerne dannes i Kønskirtlerne, hvis Bygning findes beskrevet i Anatomien. Disse Kirtler anlægges som de øvrige Organer i Fosterlivet men udvikles først til Funktionsdygtighed paa et langt senere Stadium af Individets Liv, ved Puberteten. Der foregaar da paa dette Tidspunkt en pludselig og stærk Vext af Genitalorganerne i det Hele taget, og Kønskirtlen træder i Funktion. Denne bestaar

dels i Produktion af Kønsceller og — i alt Fald for Handyrets Vedkommende — af et Secret, hvori disse lever, dels i Dannelsen af Hormoner, der, idet de gaar over i Blodet, giver Anledning til Udviklingen af de saakaldte secundære Kønskaraktérer. Denne Kønskirtlernes indre Secretion er omtalt i et tidligere Kapitel; paa dette Sted skal kun den anden Side af disse Kirtlers Virksomhed kort omtales for Menneskets Vedkommende.

Det mandlige Genitalsecret, Sperma, bestaar dels af Secretet fra selve Testis, dels af Secretet fra de accessoriske Kirtler, navnlig Prostata. Sperma er en halvklar, klæbrig Vædske, der foruden forskellige andre Celler indeholder ca. 60 000 Spermatozoër paa hver cc., desuden forskellige Salte og en Del Proteinstoffer. Spermatozoët er en Celle af ejendommelig Bygning; det bestaar af en Kærne omgivet af en ringe Mængde Protoplasma, der paa et enkelt Sted er trukket ud til en lang »Hale« (ca. 50 μ), ved Hjælp af hvilken Cellen kan bevæge sig. Bevægelsen, der først synes at komme i Stand, naar Cellerne kommer i Berøring med Prostatasecretet, bestaar i en svingende, roterende Bevægelse samt i en langsom (0,05—0,15 mm pr. Sec.) Fremadbevægelse. Under egnede Forhold kan Spermatozoërne holde sig levende og bevægelige i flere Dage. Udtømmelsen af Secretet foregaar ved en Reflexact, der beherskes fra et Centrum i Lumbalmarven. Reflexen udløses ved mekanisk Irritation af visse afferente Nerver i Genitalia externa men kan ogsaa udløses ved forskellige andre Sanseindtryk eller ad psychisk Vej. Selve Udtømmelsen sker ved rhytmiske Kontraktioner af Genitalorganernes særlige Muskulatur. — Kirtlens Funktion begynder ved 16—17 Aars Alderen og vedvarer uden nogen bestemt Aldersgrændse.

Ovariets »Secret« er — bortset fra den interne Secretion — Ægcellen eller Ægget, en forholdsvis meget stor (0,2 mm), kugleformet Celle, der ved Bristning af en Follikel fra et

tilfældigt Sted paa Ovariets Overflade træder ud i Bughulen. Ægcellen er omgivet af en tyk strukturløs Membran og indeholder en stor blæreformet Kærne med et eller flere Kærnelegemer. Den indeholder desuden en Del Reservenæring. — Man har anslaaet Antallet af Ægceller i et Ovarium ved Pubertetens Indtræden til ca. 40 000, af hvilke dog kun et mindre Antal, vel omtrent 1 %, naaer at blive »secernerede«; Resten vil degenerere. Dannelsen og Udskillelsen af udviklingsdygtige Ægceller begynder med Puberteten, d. v. s. ved det 13.—16. Aar, og vedvarer omtrent til 50 Aars Alderen, Klimakteriet. Naar Udskillelsen af modne Ægceller, Ovulationen, ophører, atrofierer Genitalia. I Tiden mellem Pubertet og Klimakterium foregaar Ovulationen med regelmæsige Mellemrum i Reglen paa 4 Uger. Den i Bughulen udtraadte Ægcelle fanges af Fimbriæ og føres ind i Tuba, hvis Fimreepithel befordrer den videre ind i Uterus. Samtidigt med denne Proces eller i umiddelbar Tilslutning til denne, foregaar der en Række Forandringer i de øvrige Genitalorganer, navnlig i Uterus, der er vel kendte under Navn af Menstruationen. Der kommer stærk Blodfyldning og Svulst af Uterinslimhinden med delvis Afstødning af Epithelet og Bristning af fine Blodkar, hvilket giver Anledning til Blødninger i Slimhinden og Blodansamlinger i Cavum uteri, hvorfra Blodet udtømmes gennem Genitalia externa. Menstrualblodet er som Regel meget mørkt og bringes vanskeligt til at koagulere; Mængden antages at være 100—200 cc. men kan variere meget betydeligt. Menstruationsperioden, der udebliver, hvis Ægcellen befrugtes, varer som Regel 4 Døgn, den er oftest ledsaget af talrige Fænomener fra andre Organers Side, navnlig nervøse og psychiske Ubehageligheder, forandret Alménbefindende og vasomotorisk Uro. Alle disse Symptomer er i Reglen stærkes udtalte i den præmenstruelle Periode, dog viser der sig ofte ogsaa i de nærmeste Dage efter Blødningens Ophør en vis nervøs Uligevægt.

Hvor en eventuel Befrugtning af Ægcellen finder Sted, vides ikke med Sikkerhed; rimeligvis foregaar den i Tuba. Det befrugtede Æg vandrer da videre ind i Uterus, hvor det sætter sig fast, og hvor den videre Udvikling derpaa begynder. Æggets intrauterine Udvikling varer hos Mennesket 280 Dage, i hvilken Tid den nye Organisme altsaa lever paa Moderorganismens Bekostning. Den intrauterine Tilværelse, Fosterlivet, afsluttes med Fødslen, naar det nye Individs Organer har naaet en saadan Udvikling, at de vil kunne præstere det for Livets Fortsættelse nødvendige Samarbejde under de forandrede Livsbetingelser, som det extrauterine Liv frembyder.

For Pattedyrenes Vedkommende ophører imidlertid det unge Individ ikke med at leve af Moderorganismen ved Fødslen; men Moderen maa i Begyndelsen helt og holdent, derefter i kortere eller længere Tid delvis, præstere Føde for Ungen. Denne Føde produceres i særlige Organer Mælkekirtlerne der hos forskellige Arter findes i forskelligt Antal og anbragte paa forskellig Maade. Hos Mennesket findes som bekendt to, der er anbragte paa Brystets Forflade. Mælkekirtlerne, der er omdannede Hudkirtler, er anlagte hos bægge Køn, men kommer kun til Udvikling hos Kvinden. Ved Puberteten voxer Gl. mamma hos det kvindelige Individ til en forholdsvis anselig Størrelse men forbliver derefter stationær, indtil der indtræder Graviditet. Forud for hver Secretionsperiode gaar der altid en yderligere Forøgelse af Kirtelmassen, saaledes som tidligere omtalt (se under: Indre Secretion). Mælkesecretionen, der tiltager i et Par Maaneder efter en Fødsel, kan, naar den er paa sit højeste, naa til henved en Liter i Døgnet; Produktionen retter sig dog i høj Grad efter de Krav, der stilles til den, og den kan derfor i visse Tilfælde (Flerfødsler) blive betydeligt større end sædvanligt, medens den, naar Diegivningen ophører, meget

hurtigt aftager eller ophører fuldstændigt. Mælkekirtlens Secret,

Mælken,

har hos forskellige Dyrearter en ret varierende Sammensætning; fælles for al Mælk er det imidlertid, at den indeholder alle de Stoffer, som den voxende Organisme behøver, d. v. s., den indeholder saavel Vand og Mineralsalte som Proteinstoffer, Fedt og Kulhydrater. De fleste Undersøgelser af Mælk gælder Komælken, men Sammensætningen af Menneskets Mælk er dog ogsaa bekendt. Forskellen paa de to Slags Mælk fremgaar af følgende Tabel:

	Vand	Salte	Caseinogen	Albumin	Fedt	Mælkesukker
Menneske	88,5	0,2	1,2	0,5	3,3	6,0
Ko	87,1	0,7	3,0	0,5	3,7	4,8

Den væsentligste Forskel er altsaa den, at Menneskets Mælk indeholder betydeligt mere Sukker men mindre Ostestof og Salte end Komælken.

Mælken er hvid, uigennemsigtig, paa Grund af emulgeret Fedt, der er til Stede i meget smaa Draaber; Fedtkuglernes Gennemsnit er som Regel næppe halvt saa stort som Diametren af et rødt Blodlegeme. Da Fedtet ikke kan extraheres med Æther, maa man antage, at Fedtdraaberne er omgivne af en protoplasmatisk Hinde. Fedtet er opslemmet i en klar Vædske, Mælkeplasma, der indeholder de ovenfor nævnte Stoffer i Opløsning. Mælkens Vægtfylde er omtrent 1030; dens Reaction med Lakmus er neutral.

Mælkens Salte er Chlorider, Sulfater og Fosfater af Alkalier og alkaliske Jordarter, blandt hvilke Kalksaltene har særlig Interesse.

Albuminstofferne koagulerer ved Kogning (Skind), herfra undtages dog Caseinogénet, der kun kan udfældes ad kemisk Vej. Caseinogénet er et fosforholdigt Proteinstof med for-

holdsvis udprægede Syreegenskaber, der i Mælken holdes i Opløsning af Kalksaltene, fældes disse ved Hjælp af en Syre, vil ogsaa Caseinogénet udfældes; er der kun lidt Syre til Stede, fremmes Udfældningen ved Opvarmning, derfor kan syrlig Mælk ikke »holde til Kogning«. Naar ved Henstand af Mælk Mælkesukkeret omdannes til Mælkesyre, foregaar Udfældningen af Caseinogénet spontant (Tykmælk). Ved Behandling med et i Ventriklen forekommende Enzym (Chymosin?) omdannes Caseinogénet til Paracasein, der er opløseligt men i Modsætning til Caseinogénet danner tungtopløselige Salte med Kalk og derfor bundfældes. Hvis Kalksalte ikke er til Stede i Mælken, kan Ostestoffet altsaa ikke fældes med »Løbe«. Naar Caseinogénet udfældes, river det Fedtstofferne med sig, og man faar tilbage en klar, svagt grønlig Vædske, Valle, der indeholder Resten af Mælkebestanddelene navnlig Mælkesukkeret; ved Inddampning af Vallen udkrystalliserer dette (Myseost). Mælkesukkerets kemiske Forhold er tidligere omtalt.

Ved Henstand eller bedre ved Centrifugering vil Hovedmassen af Mælkens Fedtstof samle sig som Fløde; denne indeholder ca. 25 % Fedt. Rystes Fløden energisk (Kærning), navnligt efter at den ved Mælkesyregæring er blevet svagt sur, samles det meste af Fedtet til Smør. Smørret indeholder foruden de sædvanlige Triglycerider, der findes i det neutrale Fedt, tillige Forbindelser af de lavere Led af Fedtsyrerækken med lige Antal Kulstofatomer. Ved Spaltning og Iltning af disse Forbindelser fremkommer den bekendte, ubehagelige, harske Lugt, som kendetegner fordærvet Smør.

Endnu skal nævnes, at Mælken ogsaa vil indeholde de saakaldte Antistoffer, naar saadanne produceres i Blodet, hvilket har den overordentlige Betydning, at Moderen paa denne Maade kommer til at beskytte Ungen mod Infectionssygdomme, hvis hun selv er immuniseret.

Individets Vækst.

Det nyfødte Barns Længde er 50—51 cm, lidt større for Drengenes Vedkommende end for Pigernes. Vægten er gennemsnitlig for Drengebørn 3381 gr, for Pigebørn 3280 gr. Disse Tal varierer dog noget. Det kan i Almindelighed betragtes som fastslaaet, at Børnenes Størrelse tiltager med Moderens Alder og med Antallet af hendes forudgaaede Fødsler.

I det første Par Dage efter Fødslen aftager Legemsvægten og naaer som Regel først efter omtrent en Uges Forløb sit oprindelige Niveau; men derefter foregaar Væxten livligt saaledes, at Vægten efter omtrent $^1/_2$ Aars Forløb er fordoblet og efter 1 Aars Forløb næsten tredoblet. Ved 7-Aars Alderen er Drengenes Vægt 18—21, Pigernes 17—20 kg. Længdevæxten i de første Barneaar fremgaar af følgende Tabel:

Leveaar	Drenge	Piger
2	74,2	77,2
3	85,3	83,5
4	91,9	90,0
5	96,6	96,1
6	103,2	100,6
7	106,5	104,9

Drengene vedbliver at holde deres Forspring i Størrelse indtil henimod det 12. Aar; men i Perioden 12—16 Aar har Pigebørnene et Forspring saavel i Højde som i Vægt, fordi Puberteten hos disse indtræder paa et tidligere Tidspunkt end hos Drengene. Efter 16-Aars Alderen er Pigebørnenes Vækst kun ringe, medens Drengene netop i Perioden 16—19 Aar voxer stærkt. Hos det udvoxne Individ antager man en Gennemsnitsvægt paa 65—70 kg for Mænd og 56—60 for Kvinder. Højden varierer med Race og Nationalitet; den

er hos danske Værnepligtige gennemsnitligt 1,692 m, hos Kvinder lidt lavere.

Indenfor det enkelte Aar foregaar Væxten ikke jævnt. I den egentlige Vintertid voxer Børnene kun lidt, og Tilvæxten i Højde er større end Vægtforøgelsen; i Foraars- og Sommermaanederne følger derefter en stærk Højdevæxt, hvorimod Vægtforøgelsen er ringe, ja, endog kan være negativ; i Efteraarsmaanederne falder saa en stærk Vægtforøgelse i Forbindelse med en meget lille Tilvæxt i Højde (Malling-Hansen).

Undersøgelser foretagne med et stort Antal tyske Skolebørn har vist, at Børn, der blev anbragt i Feriekolonier, tiltog betydeligt i Vægt, medens Børn, der tilbragte Sommerferien med Fodvandringer, ikke tiltog — maaske endog gik ned — i Vægt. Men det viste sig da, at i de følgende Maaneder tabte »Kolonibørnene« atter en betydelig Del af den erhvervede Vægtforøgelse, hvorimod »Vandrebørnene« tiltog meget stærkt i Vægt saaledes, at det samlede Resultat afgjort faldt ud til Fordel for disse sidste.

Aarsagen til Legemets Væxt er ganske ubekendt; iflg. Rubner beror denne paa en Organismen iboende Voxedrift, hvilket ikke er meget oplysende. Mere betyder det, at Væxten synes uafhængig saavel af den tilførte Fødes Mængde, som af dens Sammensætning, naar Hensyn tages til, hvad ovenfor er sagt om Proteinstoffernes Sammensætning. Det er derimod nødvendigt, at Føden indeholder de tidligere nævnte »Vitaminer«.

Energiforbruget pr. kg Tilvæxt af Legemsvægten er ret konstant (4000—4500 Cal.) hos en Række i øvrigt forskellige Dyrearter, der er nogenlunde hurtigvoxende, saaledes de almindelige Husdyr. Hos langsommere voxende Former er Forholdet dog anderledes; Mennesket f. Ex. anvender omtrent 6 Gange saa megen Energi under Opvæxten. Den Energimængde, som den voxende Organisme er i Stand til at tilbageholde, varierer mellem $^1/_3$ og $^3/_4$ af den med Føden optagne Energi.

TAVLE I.

Fig. 1. Lymfekar spaltet op saaledes, at man ser de lommeformede Klapper. Karret er ud for disse udvidet, hvilket er Grunden til den »perlesnorlignende« Kontur.

Fig. 2. Erythrocyter, a fra Fladen, b fra Kanten; c viser en Række Celler ordnede i »Pengerulle«, d et »Pigæble«.

Fig. 3. Leucocyter; a to Former af polynucleære Leucocyter, b Lymfocyter, c en og samme Leucocyt iagttaget under Mikroskopet i forskellige Bevægelsesfaser. Kærnerne er ikke synlige; de sorte Korn er optagne fremmede Legemer.

Fig. 4. Thrombocyter.

Fig. 5. Iltbindingskurver for Hæmoglobinopløsninger ved forskellige Temperaturer. a svarer omtrent til 30, b til 40 og c til 50°. Koordinater som i Fig. 6.

Fig. 6. Iltbindingen i Blod. Det sorte Areal viser de Grændser, indenfor hvilke normale Forsøgsindividers Dissociationskurver falder. Konturerne viser Kurvernes Form. — Ordinater = Mætning i Procent; Abscisser = Iltpartialtryk.

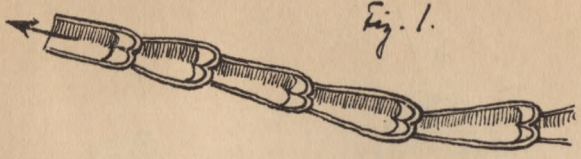
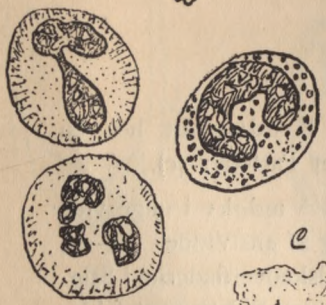
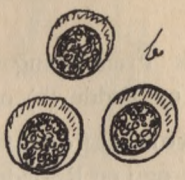


Fig. 1.



a



b



c

Fig. 3.



Fig. 4.



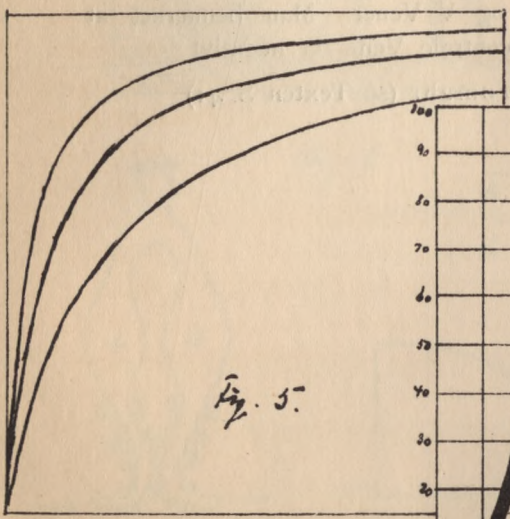
a

b

c

d

Fig. 2.

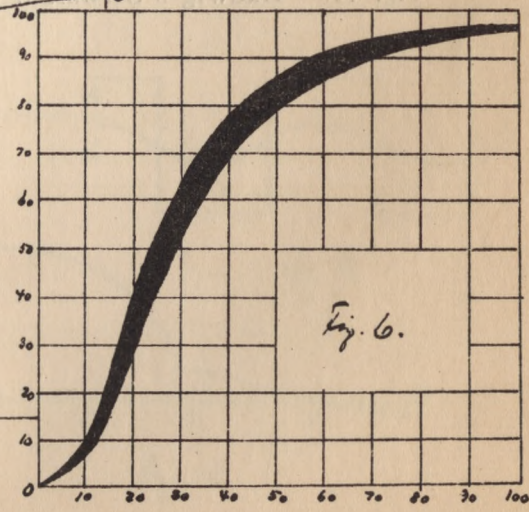


a

b

c

Fig. 5.



100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Fig. 6.

TAVLE II.

Fig. 7. Skematisk Fremstilling af Kredsløbet hos en Fisk (a), en Padde (b) og et Pattedyr (c).

Fig. 8. Viser Strømningen af en Vædske i ulige vide Rør ——— og i en Rørledning af ens Vidde - - - - - - -. I første Tilfælde ligger Vædskeoverfladerne i Stigrørene paa en brudt Line, idet Sidetrykket falder stærkt i de snævre men kun lidt i de vide Afsnit af Ledningen, i sidste Tilfælde aftager Vædskehøjden i Stigrørene efter en ret Linie.

Fig. 9. Tryksvingninger i uelastiske (a) og elastiske Rør (b) ved intermitterende Drivkraft.

Fig. 10. Skema, der viser Blodtrykkets Variationer gennem hele Kredsløbet. H Hjærtet, A Arterier, K Kapillærer og V Vener. Man bemærke, at Trykket i de centrale Vener er negativt.

Fig. 11. Ludwig's Strømuhr (se Texten S. 41).

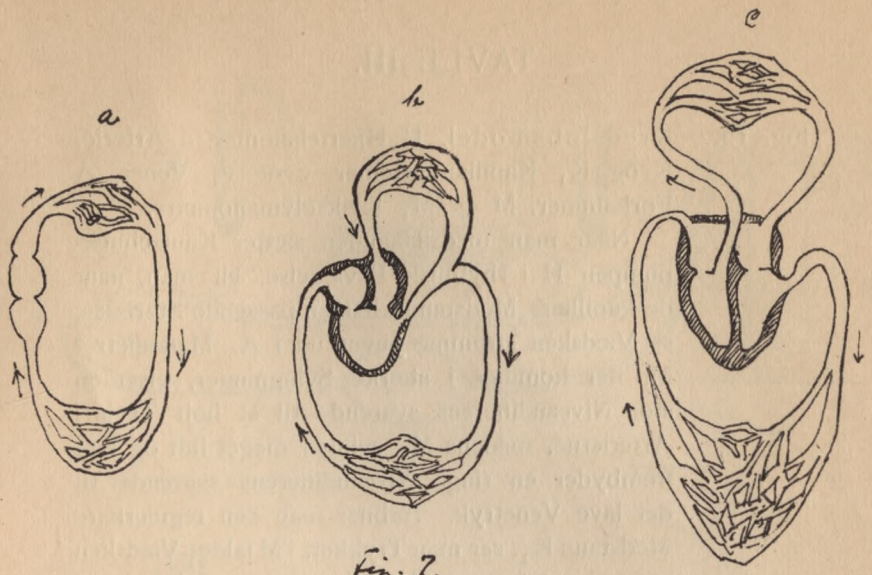


Fig. 7.

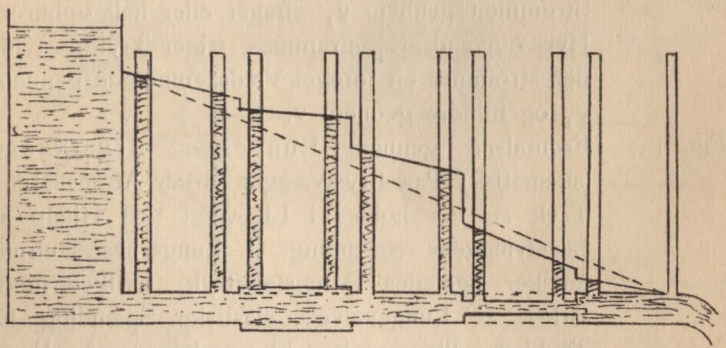


Fig. 8.

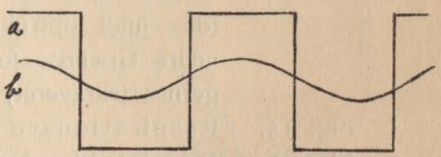


Fig. 9.

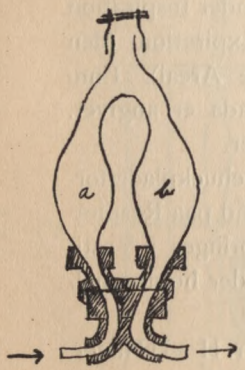


Fig. 11.

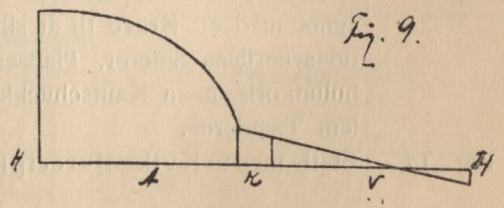


Fig. 10.

TAVLE III.

Fig. 12. Kredsløbsmodel. H Hjærtekammer, a Arterie, K og K_1 Kapillærsystemer, v og v_1 Vener, A Forkammer, M og M_1 Kviksølvmanometre.

Naar man med Haanden sætter Kautschuckpumpen H i rhytmisk Bevægelse, vil man, naar de kapillære Modstande har en passende Størrelse, se Vædsken strømme jævnt ud i A. Manometret M, der kommer i stærke Svingninger, viser en stor Niveaudifferens svarende til et højt Tryk i Arterierne, medens M_1 svinger meget lidt og kun frembyder en ringe Niveaudifferens svarende til det lave Venetryk. Aabner man den regulerbare Modstand K_1, ser man Trykket, i M falde; Vædsken strømmer i forøget Mængde gennem v, hvorimod Strømmen gennem v_1 aftager eller helt ophører. Hvis omvendt K_1 strammes, stiger Trykket i M, der strømmer en forøget Vædskemængde gennem v_1 og mindre gennem v.

Fig. 13. Frontalsnit gennem Lunger og Brystkasse (skematisk). Paa Brystvæggen virker Atmosfærens Tryk A, der holdes i Ligevægt ved Hjælp af Brystvæggens Spænding. I Lungernes Hulrum hersker ligeledes Atmosfæretryk, hvilket modvirkes af Lungevævets elastiske Spænding E. Trykket i Pleuraspalten bliver altsaa = A—E.

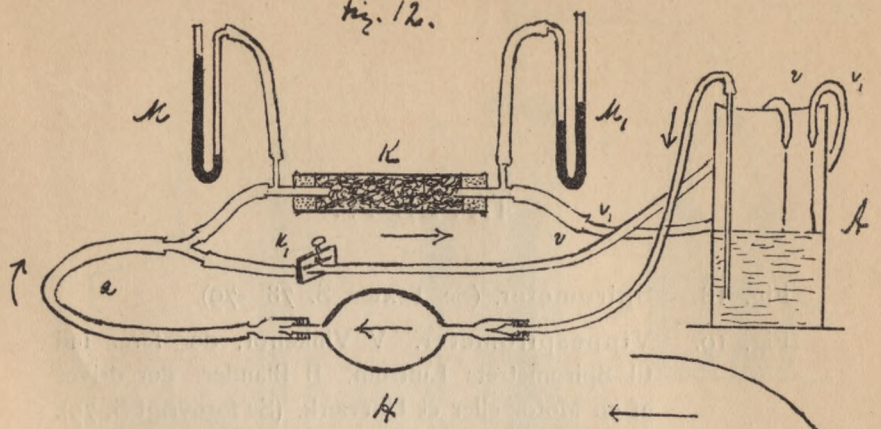
Fig. 14. Viser Diaphragmas's Stilling under Inspiration (den fuldt optrukne Linie) og Expiration (den nedre Grændse for det skraverede Areal). Lungernes (skraveret) og Hjærtets Plads er angivet.

Fig. 15. Respirationsventil, v, v Klapper.

Fig. 16. Mundstykke. En perforeret Kautschuckplade forsynet med en Krave til at skyde ind paa Respirationsventilens Siderør. Pladsen anbringes i Vestibulum oris. a—a Kautschuckkiler, der holdes mellem Tænderne.

Fig. 17. Stativ med to Kviksølvrecipienter. H—H Haner.

Fig. 12.



H

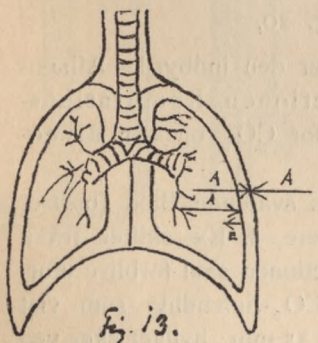


Fig. 13.

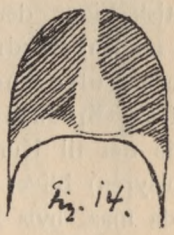


Fig. 14.

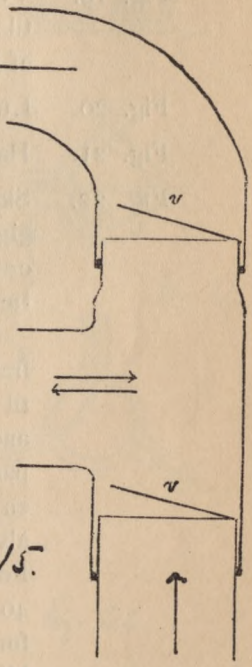


Fig. 15.

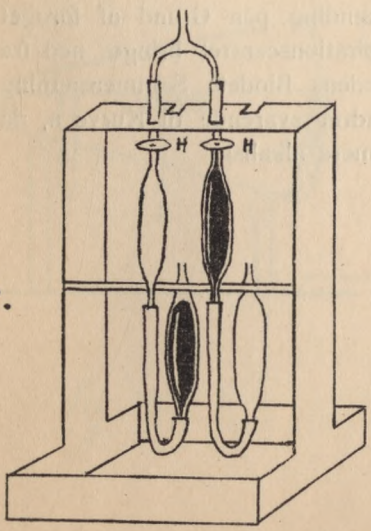


Fig. 17.

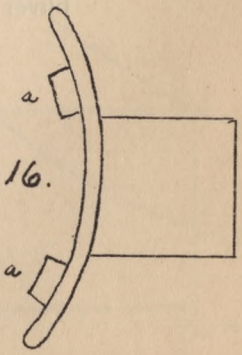


Fig. 16.

TAVLE IV.

Fig. 18. Spirometer. (Se Texten S. 78—79).

Fig. 19. Vippespirometer. V Vinkelrør, der fører ind til Spirometrets Luftrum. B Blander, der drives af en Motor eller et Uhrværk. (Se forøvrigt S. 79).

Fig. 20. Luftanalyseapparat. (Se S. 86—87).

Fig. 21. Hanerne H og H_1 i Fig. 20.

Fig. 22. Skematisk Figur, der viser den indbyrdes Afhængighed mellem Blodreactionen, Respirationscentrets Følsomhed for CO_2 og den alveolære CO_2-Spænding

Hvis det til Kurve a svarende Blod (bortset fra Kulsyren) bliver surere, f. Ex. skifter fra a til b, da maa, hvis Reactionen skal forblive uforandret, den alveolære CO_2-Spænding som vist paa Fig. falde fra 40 til 35 mm, hvilket sker ved en Forøgelse af Lungeventilationen. Hvis den alveolære CO_2-Spænding paa Grund af forøget Følsomhed af Respirationscentret bringes ned fra 40 til 35 mm, medens Blodets Sammensætning forøvrigt er uforandret svarende til Kurve a, da bliver Reactionen mere alkalisk.

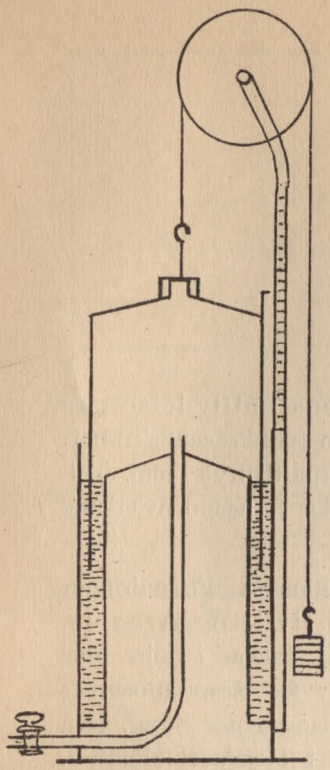


Fig. 18.

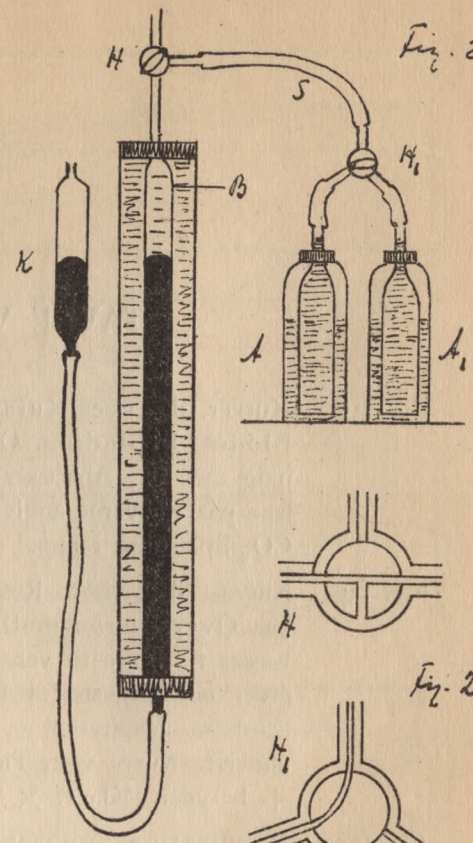


Fig. 20.

Fig. 21.

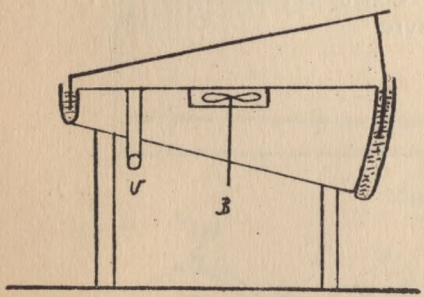


Fig. 19.

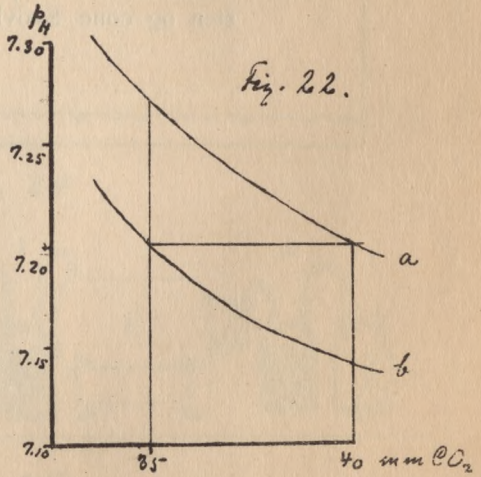


Fig. 22.

TAVLE V.

Fig. 23. Kurver, der viser Kulsyrens Indflydelse paa Blodets Iltbinding. Ordinater: Procentisk Mætning med Ilt; Abscisser: Iltpartialtryk i mm. Tallene paa Kurverne angiver den forhaandenværende CO_2 Spænding i mm.

Fig. 24. Kurve, der viser Respirationens Forandringer paa Overgangen mellem Hvile og Arbejde. Læses fra højre til venstre. Tallene i højre Side giver en Maalestok i Liter for Respirationernes Størrelse. Inspiration = nedadgaaende Streg. Den underste Kurve viser Tiden i Tiendedel Minutter. + betyder »Klar«, × »Begynd« og ÷ »Stop«.

Fig. 25. Respirationsapparat for Smaadyr. K Respirationskammer, M Gasmaaler. Flaskerne 1 og 4 indeholder Natronkalk; 2, 3 og 5 indeholder Pimpsten og conc. Svovlsyre.

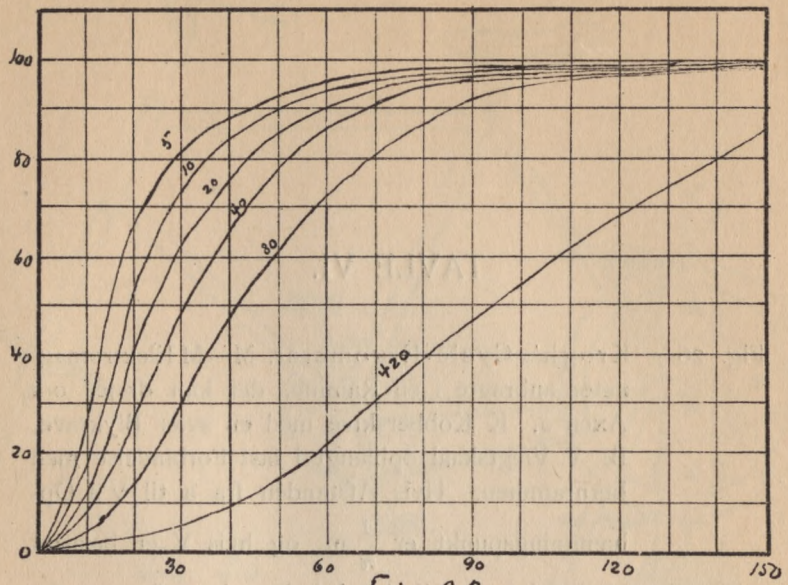


Fig. 23.

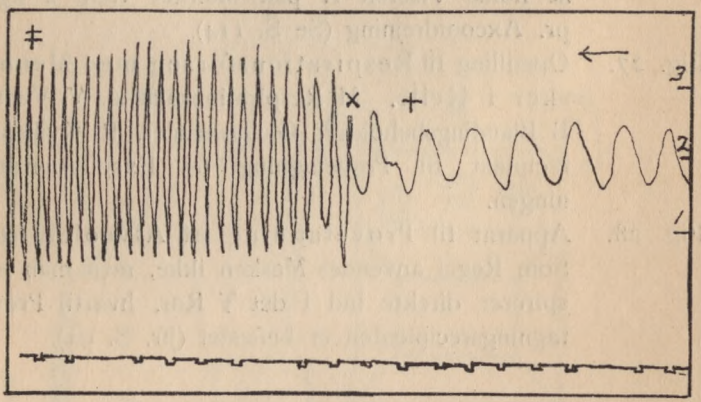


Fig. 24.

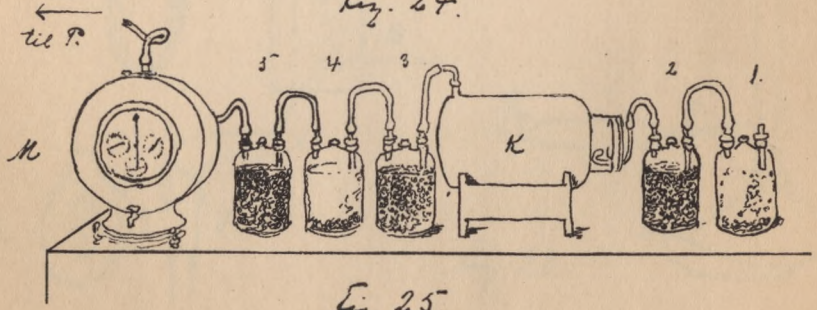


Fig. 25.

TAVLE VI.

Fig. 26. Krogh's Cycle-Ergometer. M—M Elektromagneter anbragte i en Ramme, der kan drejes om Axen a. K Kobberskive med en svær Blykrave, B. V Vægtskaal ophængt i fast Forbindelse med Jærnrammen. Hvis Afstanden fra a til V's Ophængningspunkt er $\frac{1}{\pi}$ m, og hvis V er belastet med 1 kg, da vil det Arbejde, der udkræves for at holde Viseren N paa Mærket være 2 kgm pr. Axeomdrejning (Se S. 114).

Fig. 27. Opstilling til Respirationsforsøg med Mennesker i Hvile. M Respirationsmaske, V Ventil, B Blandingsbeholder, G Gasmaaler, R Kviksølvrecipient til Prøvetagning fra Exspirationsledningen.

Fig. 28. Apparat til Prøvetagning af Alveoleluften. Som Regel anvendes Masken ikke, men man exspirerer direkte ind i det T Rør, hvortil Prøvetagningsrecipienten er befæstet (jfr. S. 91).

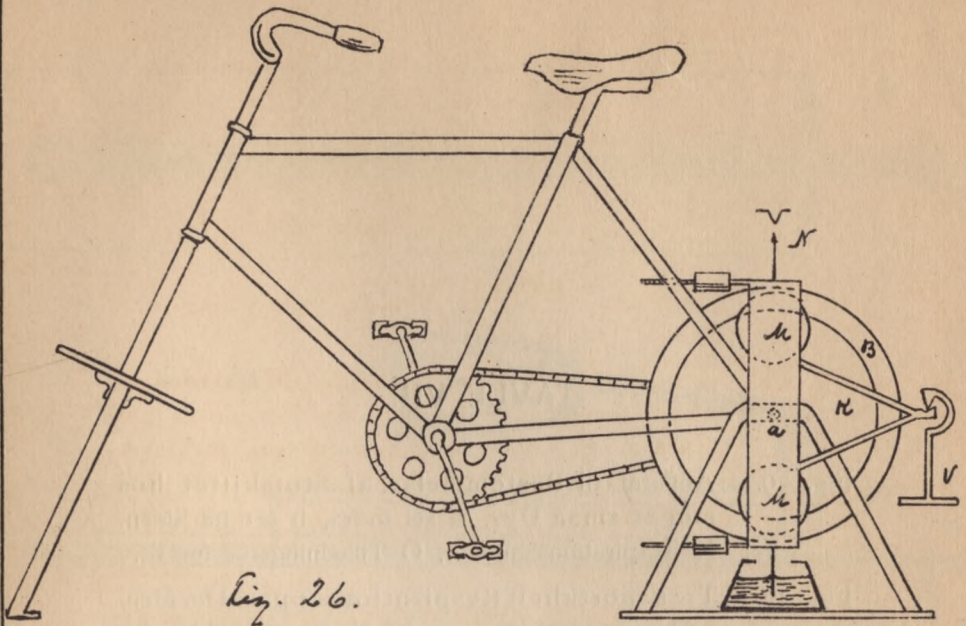
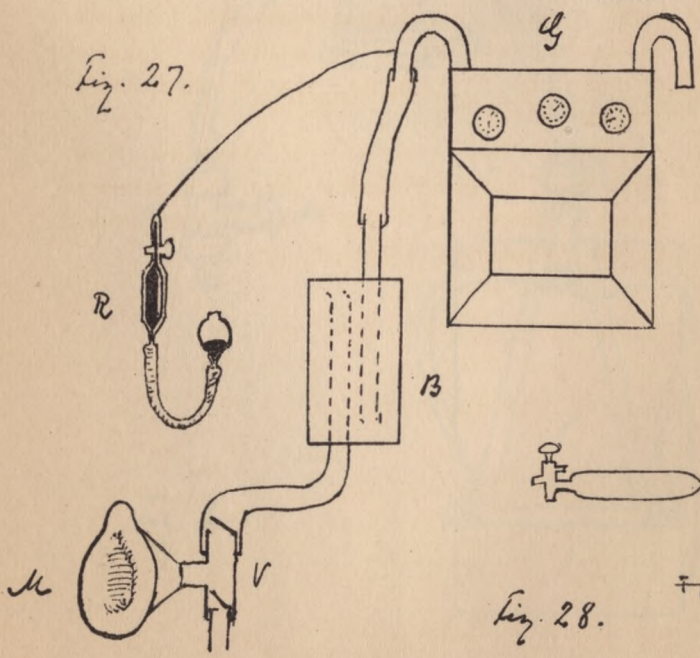


Fig. 26.

Fig. 27.



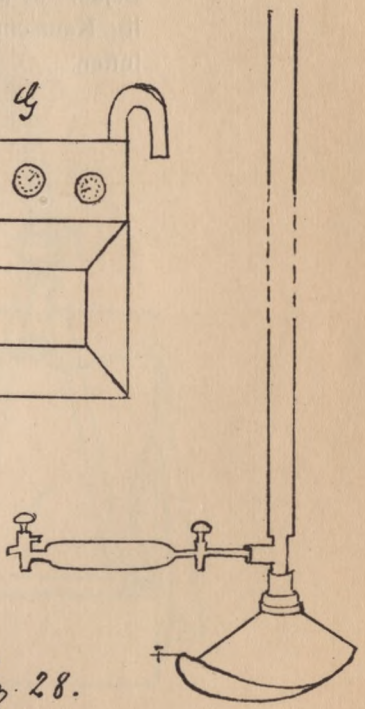


Fig. 28.

TAVLE VII.

Fig. 29. Apparat til Bestemmelse af Stofskiftet hos meget smaa Dyr. a set forfra, b set fra Siden. K Respirationskammer, O Tilledningsrør for Ilt.

Fig. 30. Transportabelt Respirationsapparat for Mennesker, anvendeligt saavel i Hvile som under Arbejde. M Mundstykke, V Ventil, S sammenfoldelig Kautschuckpose til Opsamling af Udaandingsluften.

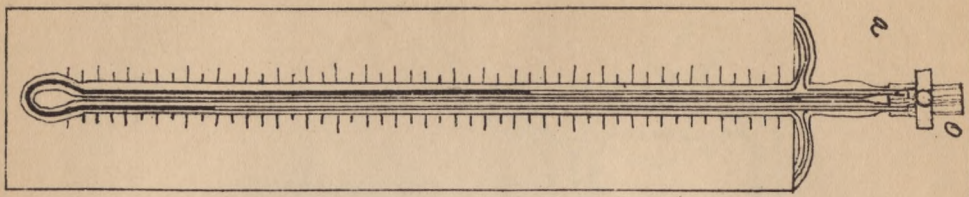
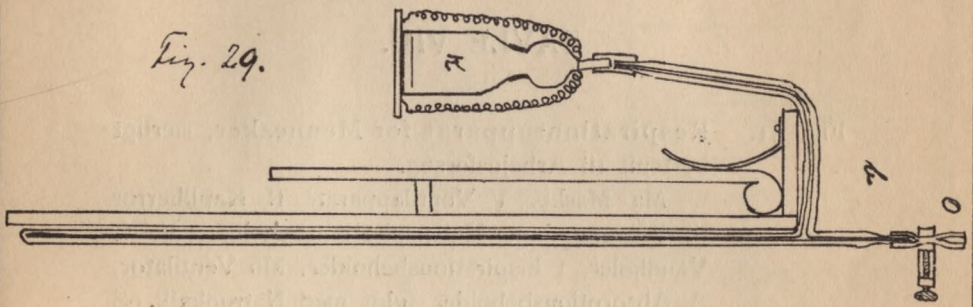


Fig. 29.



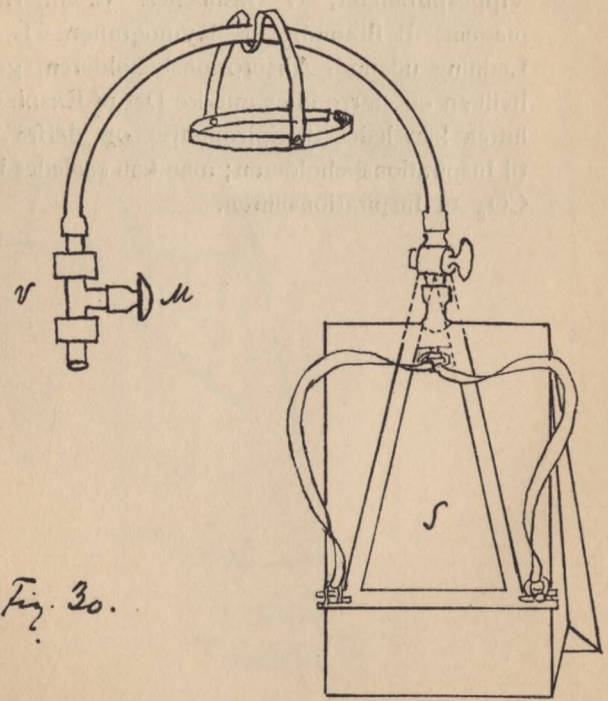


Fig. 30.

TAVLE VIII.

Fig. 31. Respirationsapparat for Mennesker, særligt bestemt til Arbejdsforsøg.

Ma Maske, V Ventilapparat, R Kapillærrør til Prøvetagning, E Exspirationsbeholder, V. K. Vandkøler, I Inspirationsbeholder, Mo Ventilator, A Absorptionsbeholder fyldt med Natronkalk, S Vippespirometer, G Gasmaaler, E. M. Elektromagnet, B Iltbombe, K Kymografion. L er en Ledning udenom Absorptionsbeholderen, gennem hvilken en større eller mindre Del af Exspirationsluften kan ledes til Spirometret og dérfra videre til Inspirationsbeholderen; man kan saaledes blande CO_2 til Inspirationsluften.

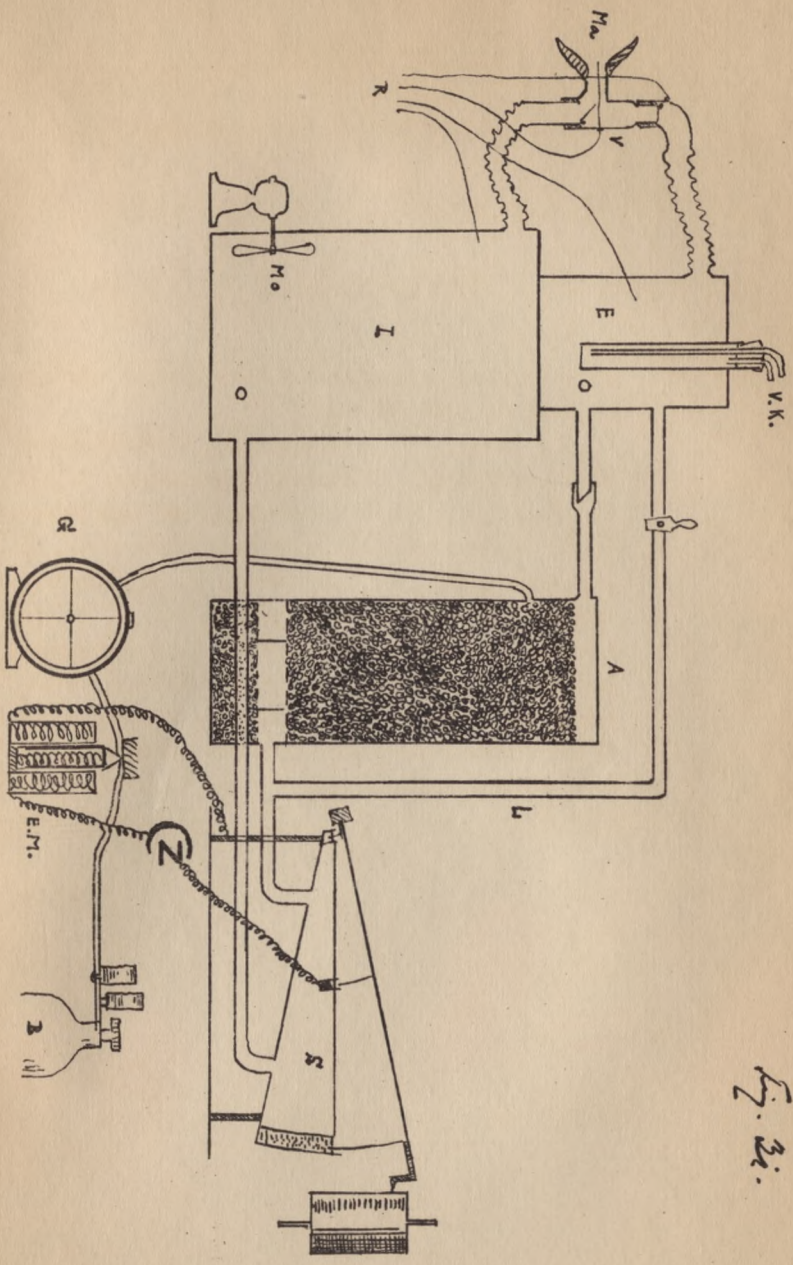


Fig. 3i.

AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
BIBLIOTEKA GŁÓWNA
5437

J. LINDHARD

Den almindelige Gymnastikteori.
I—III

I. 2den omarbejdede Udgave. Kr. 6.50.
II. — — — Kr. 6.50.

Den specielle Gymnastikteori.
Anden omarbejdede Udgave.
Kr. 7,50.

Akademisk Gymnastik
udgivet af
De Gymnastikstuderende.
Redaktion:
Agnete Bertram, J. Lindhard, N. C. D. Petersen.
5 Hefter 3 Kr. Enkelte Hefter 1 Kr.

CARL LARSENS BOGHANDEL
REGNEGADE 2

Biblioteka Gł AWF w Krakowie
1800068573