

THE UNIVERSITY OF
CHICAGO
PRESS

VZ: 341125

XX002201399

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800062832

47796





WYMIANA GAZOWA I TEORIA WZASTOSOWANIE
KLINICZNE

PROF. DR. ALEXANDER OSKAR

Stosunek gazy do biologii i do innych dziedzin wiedzy
chemiczne i fizyczne w naturze i w sztuce



Archiwum pl. 10-



WYMIANA GAZOWA, JEJ TEORJA I ZASTOSOWANIE KLINICZNE.

podał

DOCENT DR. ALEKSANDER OSZACKI.

I.

Stosunek zjawisk biologicznych do energetycznych względnie chemiczno-fizycznych w ustroju się toczących.

W jednym ze swoich fundamentalnych praw, dotyczących metabolizmu, odkrył Maksymiljan Rubner tę ważną zasadę biologiczną, że podwojenie jednego kilograma żywej masy ustroju odbywa się u wszystkich ssaków przy utworzeniu i wydaleniu tej samej ilości energii, liczonej w kalorjach. Zasadę tę można jeszcze w ten sposób wyrazić, że wzrost jednego kilograma żywej wagi zużywa zawsze tę samą ilość pokarmów, oczywiście odpowiadających sobie pod względem chemicznego składu a tem samym pod względem energetycznym. Wyjątek, ale tylko ilościowy, stanowić ma według Rubnera człowiek. Jego wzrost odbywa się przy znacznie większym nakładzie energii¹⁾.

Ilości energii potrzebne i rzeczywiście wytworzone przy wzroście jednego kilograma ciała przedstawiają się według Rubnera następująco²⁾:

koń	4512 kal.	świnia	3754 kal.
wół	4243 „	pies	4304 „
owca	3926 „	kot	4554 „
człowiek	28864 „	królik	5066 „

Podane tutaj wartości są dosyć bliskie przeciętnej wynoszącej 4336 kal., z wyjątkiem człowieka, u którego energetyczny koszt budowy jest około 7 razy większy. Tak znaczną różnicę możnaby sobie tłumaczyć większą swoistością tkanki ustroju ludzkiego, jej składników chemicznych. Tem samem praca chemiczna przerobienia pokarmów i przyzwyczajenia ich na składniki ustroju jest znacznie większą.

Budowanie ustroju, zwane inaczej anabolią, odbywa się w dwojakim kierunku, już to jako wzrost ustroju (młodocianego), już to jako

¹⁾ Maks. Rubner. Der Kampf. d. Menschen um d. Leben; G. Thieme, Leipzig 1929, str. 19.

²⁾ E. Korschelt. Lebensdauer, Altern u. Tod. G. Fischer, Jena 1924, str. 26.

odnowa. O ile wzrost jest właściwy okresowi życia przed dojrzaniem, o tyle odnowa jest nieodłącznym i ciągłym zjawiskiem całego życia.

Dalsze obliczenia Rubnera dotyczyły ilości energii wytworzonej przez ssaki aż do ukończenia wzrostu, oraz aż do „naturalnej ich śmierci“. Doprowadziły go one do wniosku, który jest właściwie dalszą konsekwencją poprzednich wyżej wspomnianych obliczeń, a mianowicie, że suma energii zużytej w ciągu całego życia ssaków jest wartością stałą i tą samą dla różnych ssaków w odnienieniu do jednostki wagi ich ciała. „Życie“, powiada Rubner, kończy się u zwierząt wtedy, gdy jednostka wagi zużyła i przetworzyła tę samą ilość energii. Można przyjąć, że wytwarzanie energii i przetwarzanie pokarmów zużywa samo przez się komórki. A gdy przez naturę wyznaczona ilość pracy została wykonaną — następuje śmierć... Śmierć jest objawem zużycia. Tylko żywa masa człowieka ma tę właściwość, że zapewnia mu czas życia znacznie dłuższy, niżby to można przypuścić, sądząc z innych właściwości jego zachowania się¹⁾. Pośród tych innych właściwości znalazł Rubner jeszcze jedną cechę, odróżniającą człowieka od ssaków i również ściśle związaną z energetyką ustroju: U pierwszych na wzrost i rozwój aż do dojrzania zużywa się jedna czwarta całej energii wytworzonej przez ustrój w ciągu całego życia, — u człowieka aż jedna trzecia część.

Wspominam tutaj o tych tezach Rubnera, bo mają one doniosłe znaczenie teoretyczne i mogą rzucić pewne światło na stosunek, zachodzący między biologicznymi warunkami życia a jego przemianą materji i energii. Dają one sposobność do zastanowienia się nad pytaniem, czy życie samo polega istotnie na pewnej formie morfologicznej osobników żywych, na ich składzie chemicznym i ich procesach energetycznych, czy też są one tylko objawem życia pośród innych, przyczem pojęcie życia jako dalszej przyczyny nie mieściłoby się w pojęciu materji i energii, czy też, jak się to dzisiaj mówi, samej tylko energii.

Tezy Rubnera spotkały się wprawdzie ze sceptycyzmem, a nawet ze sprzeciwem i to takich autorów jak Pütter, Friedenthal i inni²⁾, ale, jakkolwiek mogą istnieć i to nawet słuszne powody wątpliwości odnośnie do sposobów obliczenia używanych przez Rubnera, to niemniej jednak tkwi w jego tezach, w ich samem założeniu, jedna myśl, która nadaje im piętno prawdopodobieństwa, mianowicie, że ilość energii, jaką ustrój może maksymalnie wytworzyć w ciągu całego swego życia, jest endogenicznie nadana, a więc podobnie wyznaczona, jak wyznaczone jest podłoże budowy, czyli postaci ustroju, już to w znaczeniu postaci zewnętrznej, już to w postaci wewnętrznej, czyli chemicznego składu. Już z czysto formalnego (logicznego) punktu widzenia należy przyjąć, że tam, gdzie endogenicznie wyznaczona jest morfogeneza, tam najprawdopodobniej będzie nią także i dynamogeneza. Każdy osobnik ludzki czy zwierzęcy ma wyznaczone granice, minimum i maksimum swej postaci i swego temperamentu. Maksimum wyznaczone jest wyłącznie

¹⁾ M. Rubner. I. c. str. 20 i n.

²⁾ E. Korschel. I. c. str. 27.

blastogenicznie, podczas gdy minimum w postaci i minimum wytworzonej energii wyznaczone jest częściowo przez warunki zewnętrzne egzogeniczne, a więc przede wszystkim t. zw. dowóz pokarmów.

Ustrój żyjąc, wciąż przyjmuje pokarmy, wciąż je przerabia, tak samo w okresie młodzieńczym, jak dojrzałym czy starczym. Pokarmy mają wciąż ten sam skład chemiczny i tę samą wartość energetyczną, a jednak, „gdy przez naturę wyznaczona ilość pracy została wykonaną“ gdy ustrój się starzeje, gdy umiera, traci możność przerabiania tych pokarmów, wydobywania z nich energii, odnowy, energii ruchu czy ciepła. Pomimo więc, że warunki są takie same, zmieniały się widocznie warunki endogeniczne ustroju — uległo w nim zużycie „coś“, co nie tkwi w pokarmach i w składzie chemicznym i ich energii. Fizycy określają życie jako „zjawisko nieodwracalne“. Mianem tem zaznaczają, że życie osobnika przechodzi swój typowy cykl, który w żadnym momencie nie daje się cofnąć. Ustrój albo przestaje żyć, albo przechodzi przez typowy cykl morfologiczny i energetyczny od gametów aż do osobniczej śmierci. Cokolwiek też, co przeszło przez ustrój, stało się jego składnikiem i było w nim źródłem energii chemicznej, nie może doń wrócić w tej samej chemicznej formie i stać się znów materiałem energetycznym, „żywym“. Nieodwracalność polega między innymi na zużyciu się. Zjawisku temu zresztą podlegają nie tylko twory żywe, ale i martwe, przede wszystkim maszyny. Porównując jednak ustrój żywy z maszyną, należy mieć na uwadze, że pobory ustroju odnawiają się nie tylko jako „paliwo“, ale także jako „budulec“. W odniesieniu do maszyny znaczyłoby to zmianę wszystkich części składowych, a więc zbudowanie nowej maszyny. W ustroju więc nie budulec ulega zużyciu, ale zdolność odbudowywania, a więc coś, co, biorąc maszynę za przykład, możnaby porównać do inżyniera czy monterka. Oczywiście przykład ten nie ma zamiaru nasuwać żadnych antropomorficznych tendencji w biologii.

W czym tkwi to „coś“? Od odpowiedzi na to pytanie, od tego, czy to „coś“ da się ująć w ramy systemu atomistyczno-energetyczno-przyczynowego, czy też nie — zależy, gdzie biologja ma poszukiwać odpowiedzi na to pytanie, czym jest „życie“, czy w przyczynowym materializmie (dzisiaj raczej trzeba by powiedzieć energetyzmie), czy też w neo-witalizmie? Jeden z głównych przedstawicieli tego ostatniego, H. Driesch ¹⁾ powiada: „niektóre sprawy, toczone się w żywych ustrojach, są tego rodzaju, że nie można ich wyprowadzić (przyczynowo — dopisek A. O.) z poznania współrzędnych (położenia) sił i szybkości właściwych poszczególnym składowym ustrojowi“. Przez te „niektóre sprawy“ rozumie Driesch przede wszystkim morfogenezę a także dynamogenezę. Jakkolwiek bowiem sprawy chemiczne, toczone się w ustroju, podlegają wszystkim prawom znanym z chemji i fizyki, jakkolwiek, znając ciała reagujące, możemy zawsze przewidzieć końcowy wynik reakcji, jakkolwiek cała nauka o metabolizmie została zbudowana na zasadach termochemji, to jednak wszystkie te „współrzędne“, które da

¹⁾ H. Driesch: Philosophie d. Organischen IV. Quelle Meyer, Leipzig 1928, str. 126.

się określić każdy ze znanych procesów chemji fizjologicznej, nie tłumaczą nam, dlaczego ustroj inaczej zachowuje się wobec tych samych pokarmów w okresie młodocianym, aniżeli w okresie starczym. Jednym słowem, nie tłumaczy nam, w czym tkwi to „coś“, które powoduje nieodwracalność życia ustroju, zjawisko tem dziwniejsze, że przeciw ogromna większość reakcyj biochemicznych polega na odwracalności. Twierdzenie, że właśnie sam chemizm ustroju i wytwarzanie energii jest życiem, wydawałoby mi się podobnie nie wystarczającym, jak byłoby twierdzenie, że przytoczę znane powiedzenie James'a, że skrzypcowy koncert Bethovena, to nie innego, jak pociąganie końskim ogonem po baranich kiszkaach. Niewątpliwie i to, „pociąganie“ odbywa się wedle wszelkich prawideł fizyki i chemji, ale niemniej istota rzeczy z punktu widzenia koncertu jako koncertu leży w „czemś“ innym.

Nie zmienia to oczywiście w niczem faktu, że nauka o metabolizmie energetycznym jest nauką ścisłą. Jak już zaznaczyliśmy, życie objawia się, między innymi, procesami chemicznymi i energetycznymi, które same w sobie nie noszą szczególnego piętna, tak, że chemja czy energetyka ustroju żywego nie stanowi, ściśle rzecz biorąc, nawet szczególnego, jakiegoś odmiennego od innych w istocie swojej działu chemji czy fizyki. Oddawna już porównywano odżywianie ustroju do nakręcania zegara. Różnica leży tylko w tem, że o ile czas trwania sprężyny zależy wyłącznie od materiału, z którego ona jest sporządzona, o tyle czas trwania ustroju jest z góry maksymalnie określony i maksimum to nie zależy od jakości lub ilości środków pokarmowych.

Energetyka a raczej energetyczne traktowanie ustroju ma tę wyższość nad morfologicznem, że nie bierze pod uwagę „stanów“ ustroju jako czegoś, co „jest“, ale rozpatruje zjawiska życia, przedewszystkiem jako „coś“, co się wciąż „dzieje“, a życie polega przedewszystkiem na ustawicznym działaniu się, przyczem moment czasu jest ściśle związany z typową cyklicznością życia.

II.

Pobory, wydatki, bilans wagowy i energetyczny ustroju.

Nowoczesna fizyka sprowadza dawne pojęcie materji do wartości energetycznych. Mówić więc dzisiaj o przemianie materji i przemianie energii, to znaczy używać przestarzałych określeń. Niestety słownictwo tego unitarystycznego poglądu nie przesiąkło jeszcze do biochemji, a tem mniej do nauki o chemicznych przemianach w ustroju. W każdym razie ostrożniej będzie określać całość spraw chemiczno-fizycznych, toczących się w ustroju, mianem metabolizmu, jako nie przesadzającym zagadnienia stosunku materji do energii, a raczej mieszczącego w sobie oba te pojęcia. Nauka o metabolizmie dąży do ujęcia zjawisk życiowych w ramy praw, dotyczących zmian masy i energii, przyczem „masę“ można według nowoczesnych pojęć uważać za pewną postać energii. Ilość masy mierzymy jednostkami wagi, ilość energii — przynajmniej tej, która w nauce o metabolizmie wchodzi w rachubę — kalorjami Po-

ślugując się temi dwoma jednostkami, odkryła nauka o metabolizmie cały szereg praw. pozwalających na poznanie norm metabolicznych oraz odchyień od nich. Normy te, jak i ich odchylenia, mogą dotyczyć całych grup biologicznych, gatunków np. człowieka, ale mogą także odnosić się do osobniczych warjantów, w pierwszym wypadku mamy do czynienia z fizjopatologią metaboliczną, ogólną, w drugim z kliniczną.

Oprócz jednostek mierniczych, wagowych i kalorycznych posługuje się nauka o metabolizmie jakościami chemicznymi, czyli ciałami chemicznymi czy to jako atomami, czy też cząsteczkami, związkami chemicznymi, oraz jakościami energetycznymi, przyczem szczególnie energia ciepła, pracy i energia chemiczna wchodzi w rachubę.

Rozpatrując z tego punktu widzenia życie ustroju ludzkiego, różni się trzy grupy czynników nawzajem ze sobą związanych, tj. ustrój sam (osobnik ludzki), jego pobory i jego wydatki. Tem samem wyosabnia się ze świata otaczającego pewną tylko część czynników, działających na osobnika, i pewną tylko część czynników, któremi osobnik działa na świat otaczający, mianowicie czynniki chemiczne lub też fizyczne, ściśle z chemicznymi związane.

Poborami ustroju ludzkiego są jak wiadomo: tlen, woda, związki nieorganiczne stałe (sole), białka, węglowodany, tłuszcze, witaminy.

1) pobory pokarmowe, czyli ciała pokarmowe, dostające się do ustroju drogą przewodu pokarmowego.

2) pobory oddechowe, a więc tlen, bo ani azot zawarty w powietrzu, ani para wodna nie dostają się do ustroju drogą płuc, ponieważ stan nasycenia niemi płuc jest albo taki sam (azot), albo większy, niż w powietrzu otaczającym,

3) pobory skórne, przyczem praktycznie może być mowa tylko o tlenie, jakkolwiek ilość jego, która się tą drogą do ustroju dostaje, jest minimalna, nie dochodzi nawet do 1% wartości oddechowych¹⁾.

Według wartości energetycznej można znów podzielić pobory na wysoko potencjonalne, t. zn. takie, z których ustrój może czerpać energię chemiczną, oraz takie, które dla ustroju są pod względem chemoenergetycznym obojętne. Pierwszą grupę obejmujemy ogólną nazwą ciał posiłkowych. Należą tutaj, jak wiadomo, białka, węglowodany, tłuszcze ewentualnie alkohole, oraz cały szereg ciał organicznych, które jako pobierane w małych ilościach lub też dostarczające niewielkiej ilości energii, praktycznie nie wchodzi w grę. Sole i woda stwarzają jeszcze w ustroju pewne szczególne warunki energetyczne już to przez zmiany w koncentracji jonów, już to przez zmianę w ciśnieniu osmotycznym, pęcznieniu koloidów i t. p. O ile jednak chodzi o ustrój jako całość, to te zmiany napięcia energetycznego muszą się również ujawnić w postaci energii cieplnej, także tą drogą są uwzględnione w ogólnym bilansie termochemicznym ustroju.

Pośród wydatków ustroju przeważają nieorganiczne, co, o ile ustrój nie przybrał równocześnie na wadze, dowodzi, że znaczna część

¹⁾ A. Loewy: C. Oppeheimers Hamburger Biochemie, Jena G. Fischer, 1908, B- IV.

wydatków organicznych została zamieniona na nieorganiczne, przede wszystkim na kwas węglowy, wydany przez ustrój głównie drogą płuc. Najważniejsza jednak różnica polega na tem, że wartość chemoenergetyczna wydatków jest bez porównania mniejszą, niż poborów. Tutaj za punkt wyjścia należy przyjąć jako zasadę dla wszelkich rozważań metabolicznych:

różnica pomiędzy energją, zawartą w wydalinach ustroju z bezwodnikiem węglowym włącznie a energją zawartą w poborach ustroju musi się ujawnić i to ilościowo albo w postaci ciepła wydalonego przez ustrój, albo w postaci pracy przezeń wykonanej, albo w postaci wzrostu ustroju, t. zn. w zwiększeniu się ilości ciała organicznych w nim zawartych.

W pierwszym i drugim wypadku tej różnicy zawartości energii nie będzie odpowiadała różnica w ciężarze poborów i wydatków i tem samem waga ustroju się nie zmieni i skład jego chemiczny pozostanie ten sam, w trzecim wypadku różnicy w zawartości energii będzie odpowiadać równoległa różnica w wadze ustroju.

Do wydatków cieplnych należy oczywiście zaliczyć ciepło potrzebne na utrzymanie ciepłoty ciała na stałym poziomie¹⁾, ilość ciepła wydalonego przez ustrój i oddanego otoczeniu, ilość ciepła zużytego na wyparowanie wody z płuc, na ogrzanie moczu i stolca oraz rozpuszczenie ciał w nich rozpuszczonych. Ilość pracy wykonanej przez ustrój oblicza się według współczynnika kalorycznego, t. zn. 427 kilogramów pracy odpowiada jednej dużej kalorii. O ile ustrój znajduje się w przestrzeni pod względem termicznym izolowanej, a więc w pokoju kalorymetycznym tak, jak to robią amerykanie, to wtedy praca wykonana przez ustrój ujawnia się wprost w postaci ciepła i zostaje jako ciepło odrzuconą. Podobnie, jak ta zewnętrzna praca w ustroju, tak samo jako ciepło ujawnia się wewnętrzna jego praca. Składają się na nią: przedewszystkiem praca krążenia soków ustrojowych, a więc krwi, praca oddechania, praca chemiczna, t. zn. przerabiania mechanicznego i chemicznego pokarmów, praca odnowy względnie wzrostu. Oczywiście, że stosunek tych różnych grup wydatków zależy od zachowania się badanego, tak np. w stanie spoczynku, praca chemiczna będzie ilościowo przeważać nad pracą krążenia czy oddychania.

Skład chemiczny ustroju ludzkiego jest według Moleschott'a następujący: 67% wody, 15·2% białek, 4·9% białkowych pochodnych, 2·5% tłuszczów, 0·6% ciał wyciągowych, 9·2% soli. Dodajmy do tego około 0·5% węglowodanów. Więc czwarta część ciężaru ciała ludzkiego przypada na związki organiczne, a około trzy czwarte na związki nieorganiczne. W ustroju młodocianym odsetkowa zawartość ciał organicznych, zwłaszcza w stosunku do wody, jest jeszcze mniejszą. Stosunek skład-

¹⁾ Ciepło właściwe ciała ludzkiego jest niższe niż wody, tak, że na ogrzanie 1 kg o 1° C. potrzeba 0·83 kal. Stąd na ogrzanie 60 kg. ciała trzebaby 49·8 kal. Licząc przeciętną ciepłotę otoczenia na 20° C, a przeciętną ciepłotę ciała na 37° C, otrzymujemy, że na utrzymanie ciepłoty ciała na stałym normalnym poziomie musi ustrój zużyć 49·8 x 17=846·6 kal. Przy krótkotrwałych bilansach energetycznych nie uwzględniamy jednak tej ilości ciepła dlatego, że przy początku doświadczenia ciepłota ciała już się znajduje na prawidłowym poziomie, tak, że ustrój musi tylko wyrównywać straty ciepła, które oddaje otoczeniu.

ników organicznych do nieorganicznych jest w pewnych, dosyć wąskich, granicach stały, ulega jednak już to wahaniom indywidualnym, już to zależnym od wieku. Ponieważ ustroj ludzki w normalnych warunkach nie buduje swoich organicznych składników z ciał poborów nieorganicznych, przeto źródłem organicznych składników w ustroju muszą być ciała posiłkowe. Jak wiadomo z biologji, biochemiczna indywidualność ustroju opiera się na indywidualności jego składników organicznych, przede wszystkim białek, oraz na wzajemnem ustosunkowaniu organicznych składników ustroju.

Cała masa ustroju żywego powstaje z dwóch źródeł, t. zn. z masy zygoty, oraz z masy ciał poborowych. Jakkolwiek waga zygoty jest wielkością nieskończenie małą w stosunku do wagi ustroju, a tem jeszcze mniejszą w porównaniu do wagi poborów, które przez ustroj przeszły, to jednak wnosi ona ze sobą wszystkie grupowe cechy postaciowe i czynnościowe, a tem samem osobnika, a raczej ich podłoża, których rozwinięcie zależy od dostarczenia materiału masy i energii dostarczonego przez pobory. To samo w znacznej mierze odnosi się do cech osobniczych. O stosunku tego czynnika czysto biologicznego do zjawisk chemo-fizycznych była mowa w pierwszym rozdziale.

O ile więc zygota dostarczy niejako idei budowy, o tyle pobory dostarczają materiału na jej wykonanie. Przeciętnie licząc, człowiek w ciągu swego życia pobiera około 90 ton, a czynniki formatywne i dynamogeniczne w zygocie zawarte działają z taką precyzją, że w ciągu całego czasu życia osobniczego pozostaje jednak stała przeciętna waga ustroju o pewnym określonym składzie chemicznym, o pewnej więc określonej postaci zewnętrznej i wewnętrznej. I właśnie przeważna ilość zaburzeń metabolicznych polega na niedomodze tych czynników blastoferycznych w stosunku do masy i chemicznego składu poborów.

O ile skład chemiczny poborów daje się ściśle określić pod względem odsetkowej zawartości poszczególnych grup chemicznych i pod względem cech chemicznych każdej z tych grup, o tyle na znaczne trudności natrafia określenie stanu chemicznego żywej masy. Należy pamiętać, że wszelkie ciała chemiczne, które możemy otrzymać z żywego ustroju i które mogą być poddane analizie, przestają być częścią żywej masy właśnie z chwilą ich wyosobnienia. Dlatego też mówienie o białkach, węglowodanach czy tłuszczach, a nawet wodzie i solach jako o składnikach ustroju jest w ścisłym rozumieniu tego słowa dowolną hipotezą. Wiemy tylko, że przy chemicznem traktowaniu składniki żywej masy reagują tak, jak białka, cukry itd. Ale należy też pamiętać, że z chwilą tej reakcji przestają one być częścią żywej masy i stają się wyosobnionym właśnie pod względem chemicznym składnikiem ustroju. Jest bardzo prawdopodobne (Finkelstein), że wszystkie te „składniki“ ustroju tworzą jakieś swoiste kompleksy chemiczne czy raczej biochemiczne, które w ustroju żywym nie zachowują się ani jak białka, ani jak cukry itd., ale jako zupełnie swoiste jednostki chemiczne, stojące w ścisłym czynnościowym związku z biologicznym podziałem morfologicznym na komórki, pierwoszcze, jądra itd.

Ponieważ ustrój wzrasta od masy zygoty do masy dojrzałego ustroju i potem znów zmniejsza swą wagę w okresie starzenia się, przez to w okresie wzrastania bilans wagowy poborów i wydatków musi być przeważnie dodatni, jak wogóle w każdym okresie wzrostu wagi ustroju, a naodwrot ujemny w okresie straty wagi. Jeżeli pobory i wydatki będziemy brać pod uwagę nie jako masę związków chemicznych, ale pierwiastków, to oczywiście bilans pierwiastków będzie szedł ściśle równoległe z bilansem wagowym. Mogą tylko zachodzić mniej czy więcej znaczne różnice w bilansie poszczególnych pierwiastków. Tylko bilans azotowy (p. niżej) idzie zawsze równoległe ze wzrostem ciała lub jego zmniejszeniem się, ponieważ jest on bezpośrednim wskaźnikiem zwiększania się lub zmniejszenia ilości białka w ustroju. Wszystko to będą tylko poszczególne przykłady ogólnego prawa bilansowego, że każda różnica między poborami a wydatkami musi objawić się zwiększeniem lub zmniejszeniem wagi ustroju. Widzieliśmy już poprzednio, że znacznie mniej prosto przedstawia się sprawa, gdy bierzemy pod uwagę bilans nie pierwiastkowy, ale cząsteczkowy, czyli bilans związków chemicznych jako takich. Trudność polega na tem, że ciała posiłkowe nie mogą przejść przez ustrój bez zmian konstrukcji śródcząsteczkowej, a każda taka zmiana połączona jest z wydaleniem lub z pobraniem energii, przyczem ogromną przewagę mają procesy chemiczne pierwszego rodzaju. Stąd wynika, że bilans cząsteczkowy ustroju żywego jest nie do przeprowadzenia odnośnie do ciał posiłkowych, o ile równocześnie z tym bilansem nie przeprowadzimy bilansu energetycznego. W myśl powyżej podanej zasady metabolicznej wszystko to, co nam z ciał posiłkowych „ginie“ w ustroju i nie ujawnia się w wydatkach, wszystko to musi się ujawnić albo w ilości energii wytworzonej przez ustrój, albo w przyroście wagi ustroju i to na rzecz organicznych jego składników.

Ścisłe zrozumienie zasad bilansowania metabolicznego ma duże znaczenie praktyczne. Śledzenie za bilansem energetycznym pozwala nam w wielu wypadkach uzupełnić luki, jakie następują się z czysto technicznych powodów przy przeprowadzaniu bilansu wagowego, czyli jak się to zwykle mówi, chemicznego. Wynikają one chociażby z tego, że nie możemy śledzić za każdą ilością wagową związków chemicznych pobranych przez ustrój, nie wiemy bowiem, czy składniki chemiczne wydalin należą właśnie do tego samego związku chemicznego, który został pobrany, czy też do takiego samego związku. Jeżeli np. ustrój pobiera pewną ilość cukru gronowego i równocześnie, czy to wydała cukier jako taki, np. przy cukrzycy, czy też wydała bezwodnik węglowy i wodę jako przetwory spalania cukrów, to nigdy nie możemy określić, czy spalony cukier jest rzeczywiście tym samym cukrem, który został pobrany, czy też spaleniu uległ cukier zawarty już poprzednio w ustroju i zastąpiomy został cukrem pobranym z pokarmami. Dla chemika jest to taki sam cukier, z punktu widzenia metabolicznego nie jest to ten sam cukier, a różnica taka między tym samym a takim samym związkiem chemicznym może dla metabolika mieć niemałe znaczenie. W tym kierunku niemałą pomoc przynosi równoczesne zestawienie bilansu wa-

gowego z bilansem energetycznym. Zapomocą tego ostatniego można nieraz rozstrzygnąć wątpliwości przynajmniej w tym sensie, że poucza on nas, jakie ciała ulegają w danej chwili spaleni i czy ilość ich mogła pochodzić z ilości ciał zawartych w ustroju i czy nie musiały brać w tem udziału te właśnie ciała, które były w pokarmach.

Przyjęto naogół, że przynajmniej znaczna część składników pokarmowych najpierw wchodzi w skład żywego ustroju i dopiero jako taka ulega zużyciu energetycznemu, a więc i rozłożeniu na składniki o potencjale chemicznym niższym. Obliczono, że przeciętnie ustrój człowieka ulega w przeciągu 70 lat życia 1400 razy zupełnej przemianie chemicznej t. zn., że 1400 razy rozkładają się jego składniki i opuszczają ustrój i 1400 razy zostają zastąpione przez składniki poborów¹⁾. Z faktu tej ustawicznej odnowy wynika, że składniki chemiczne pokarmów muszą w przeważnej przynajmniej ilości przechodzić naprzód w skład żywej masy ustroju ludzkiego, a tem samym składniki wydaliny pochodzą przedewszystkiem z rozkładu ustroju, a nie bezpośrednio z rozkładu poborów.

Dzieląc liczbę 6) lat przez 140, otrzymalibyśmy okres 17 dni jako przeciętny dla zupełnej przemiany chemicznej ustroju ludzkiego. Okres, w którym ustrój niejako przestał być tym samym, a pozostał takim samym. Obliczenie takie o tyle nie odpowiada rzeczywistości, że różne części ustroju ulegają w różnym czasie zużyciu i odnowie. Tak np. dla krwi przyjęto 90 dni jako czasokres zupełnej przemiany chemicznej. Muszą więc inne części w ustroju rozkładać się i odnawiać ze znacznie większą szybkością, skoro przeciętna dla całego ustroju wynosi 17 dni.

Klasyycznym dowodem ciągłego zużywania się składników białkowych jest stałe wydalanie azotu z ustroju nawet przy braku poborów azotowych. Przez to określenie rozumiemy wyłącznie pobory ciał organicznych, azot zawierających, a więc przedewszystkiem białek i ciał białkowych wogóle. Także i w wydatkach ustroju uwzględnia się w t. zw. bilansie azotowym wyłącznie tylko azot zawarty w związkach organicznych amonjaku. Nie należy do bilansu azotowego ani azot zawarty w solach kwasu azotowego i azotowego, ani też azot zawarty w powietrzu, którym tak krew jak i ustrój cały oraz oczywiście i wydaliny ustroju są nasycone odpowiednio do ciśnienia i innych warunków rozpuszczalności azotu. Najpraktyczniej oddziela się azot należący do t. zw. bilansu azotowego ustroju zapomocą metody spalania podanej przez Kjeldahl'a. Ponieważ ani azot zawarty w solach kwasu azotowego i jego pochodnych, ani azot jako gaz nie zostaje zamieniony na amonjak zapomocą tej metody, a natomiast ulega takiej zamianie wszelki azot należący do związków organicznych, więc najściślejsze określenie bilansu azotowego będzie, że jest to zestawienie poborów i wydatków azotu dającego się oznaczyć zapomocą metody Kjeldahl'a. Wydatki azotowe organiczne są przetworami niezupełnego spalania białka. Jak wiadomo ilość białka w moczu jest w stanie zdrowia minimalna. Znacznie stosunkowo większe ilości białka zawiera stolec. O ile jednak cała ilość azotu

1) F. Kahn. Das Leben der Menschen III. t. str. 251; Stuttgart Kosmos

bilansowego wydalonego z moczem pochodzi bezpośrednio z ustroju i jest najlepszym miernikiem ilości rozłożonego w ustroju białka, o tyle źródła bilansowego białka w stolcu są różne. Pewna jego część pochodzi niewątpliwie z wydaliny ustroju względnie z jego wydzielin, które znajdują się stale w przewodzie pokarmowym i biorą udział w sprawach trawiennych. Znaną jest rzeczą, że nawet w czasie postu zupełnego dłuższy czas trwającego ciała białkowe z ustroju samego pochodzące, częściowo będące składnikami złuszczonego nabłonka jelitowego, znajdują się stale w stolcu. Dalsza część azotu stolcowego pochodzi i stanowi część białek pokarmowych niewessanych. Wreszcie bardzo znaczna część azotu stolcowego przypada na drobnoustroje, które rozmnażają się w przewodzie pokarmowym. Jasnym jest, że ilość azotu wydalona wraz z ciałem drobnoustrojów musi być zaliczona do wydatków ustroju ze względu na to, że przecież rozmnażają się one i powiększają swoją masę kosztem już to składników ustroju ludzkiego lub też jego pokarmu. Obliczając bilans azotowy, uwzględniamy w rubryce poborów całą ilość azotu zawartą w związkach organicznych. Jeżeli część tego azotu została zużytkowana przez drobnoustroje na ich wzrost, jeżeli te drobnoustroje ulegają wydaleni, to w takim razie cały azot pobrany przez drobnoustroje i wraz z nimi wydalony musi być odciągnięty od ilości azotu pobranego. Pewne wątpliwości mogłyby się nasuwać w tych wyjątkowych okolicznościach, gdyby ustrój pobierał większe ilości azotanów i azotynów i gdyby w przewodzie pokarmowym znajdowały się bakterje nitrifikacyjne, co, o ile mi wiadomo, nie zostało dotychczas wykazane.

Związki azotowe organiczne, białkiem nie będące, stanowią tylko nieliczny odsetek azotu w porównaniu do azotu białkowego. W prawidłowych warunkach ciała takie nie nagromadzają się w większej ilości w ustroju i ulegają katabolizacji, a azot ich wydaleni. Dlatego też bilans azotowy może być ścisłym miernikiem ilości białek, znajdujących się w ustroju. Gdybyśmy mogli przez ciąg życia osobnika przeprowadzać bilans azotowy, tobyśmy mogli w każdym momencie podać ilość białek, jaka się w tym ustroju znajduje. Oznaczając bilans azotowy w przeciągu krótszego czasokresu, możemy tylko obliczyć, o ile ilość białek w ustroju uległa powiększeniu lub pomniejszeniu w stosunku do ilości, która się w nim znajdowała na początku doświadczenia. Ilości azotu przeliczamy na białko, mnożąc przez współczynnik 6.25. Współczynnik ten odpowiada zawartości białka w ustroju 16.2% ² 16.0%.

Bilans siarki mógłby również być miarą bilansu białkowego, gdyby nie ta przeszkoda, że siarka zawarta w białkach ulega wydaleni w postaci związków nieorganicznych, tak, że obliczenie, jaka część wydalonej siarki przypada na białko a jaka na ewentualne nieorganiczne pobory siarkowe, natrafia na trudności i wymaga szczególnej ostrożności. Bilans fosforu jest tem więcej skomplikowany, że fosfor jest składnikiem nie tylko białek, ale także jeszcze innych ciał poborowych, do tłuszczów należących, t. zw. fosfatydów. Dopiero równoczesne przeprowadzenie bilansu azotu, siarki i fosforu pozwala zapoznać się nie tylko z ilościowym, ale także jakościowym stanem metabolizmu białkowego.

Obok bilansu azotowego bardzo doniosłe znaczenie może mieć przeprowadzenie równoczesne bilansu pierwiastkowego węgla i tlenu zwłaszcza, jeżeli się uwzględni równocześnie i zróżniczkuje drogi, któremi węgiel i tlen zostają wydalone oraz wzajemny ich stosunek ilościowy. W warunkach prawidłowych cały węgiel zawarty w węglowodanach i tłuszczach ulega wydaleniu w postaci bezwodnika węglowego przez płuca. Z węgla zaś zawartego w białku tylko ta część ulega wydaleniu z moczem (mowa tutaj tylko o białku skatabolizowanym w ustroju), która przypada na związki organiczne, azot zawierające, a więc na ostateczne przetwory katabolizy białek, przedewszystkiem na mocznik. W przypadkach patologicznych może przyjść do wydzielania się z moczem nadmiernej ilości węgla i to niezwiązanego z azotem. Dzieje się to wtedy, gdy utlenianie węgla w ustroju jest niedostateczne, tak, że węgiel, zamiast ulegać wydaleniu przez płuca w postaci kwasu węglowego, ulega wydaleniu drogą moczu w postaci związków niedotlenionych. Zależnie od tego, czy te niedotlenione związki względnie ich węgiel będzie pochodził z białek czy też ze związków bezazotowych, będą one zawierały azot lub też nie. A. Bickel i jego współpracownicy ¹⁾ nazwali taki stan „karbonurją“ i dzielą ją na trzy rodzaje: białkową, tłuszczową, węglowodanową. W stosunku do bilansu azotowego karbonurja będzie się odznaczać znacznym przesunięciem w moczu stosunku $C:N$, oczywiście na niekorzyść azotu. Przy karbonurji więc białkowej spotkamy w moczu znacznie większe ilości kwasów aminowych, ciał purynowych, kreatyniny, amonjaku, aniżeli mocznika jako ciała, zawierające stosunkowo mało węgla w stosunku do azotu.

Przykładem karbonurji tłuszczowej jest acetonurja, przy której wydziela się z moczem znaczna ilość węgla w postaci niedotlenionej podobnie, jak to się rzecz ma z dopiero co wymienionemi ciałami azotowymi w porównaniu do mocznika. Cały węgiel wydany z ciałami acetonowemi powinien być w ustroju utleniony aż do nasycenia t. zn. na bezwodnik kwasu węglowego i wtedy byłby wydany nie drogą moczu, ale drogą płuc. To, że ten węgiel z tłuszczów pochodzący ulega wydaleniu przez nerki, jest następstwem właśnie tego zaburzenia, że nie został utleniony aż do nasycenia, a zatem nie przeszedł w gaz, który przez płuca może być wydany. To samo odnosi się do karbonurji węglowodanowej. Chodzi tu o wydalanie z moczem niedostatecznie lub zupełnie nieutlenionego węgla zawartego w węglowodanach. Autorowie dzielą tę karbonurję na *a)* przedcukromoczową, *b)* cukromoczową, *c)* pocukromoczową. O ile więc Bickel przy poprzednich postaciach karbonurji wyłączał białkomocz i lipurię, o tyle cukromocz zalicza również do karbonurji, przyjmując jako tło zaburzenia w utlenianiu węgla („Dysoxydative Carbonurie“).

W rzeczywistości zaburzenia w utlenianiu różnych grup ciał pożytkowych nie występują prawie nigdy samodzielnie, czego najlepszym przykładem tak częste powikłanie cukrzycy acetonurją oraz karbonurją białkową“.

¹⁾ A. Bickel i O. Kaufmann-Cosla-Klin. Wech. 4 Jg. Nr. 28.

Współczynnik $C:N$ w moczu rozumie się jako cała dobową ilość węgla, znaleziona zapomocą analizy elementarnej (od której odjęto ilość węgla przypadająca na ewentualny cukier i ciała acetonowe), podzielona przez dobową ilość azotu w moczu. Tak otrzymany współczynnik wynosi u normalnego człowieka od 0·6 do 0·7, a tylko przy znacznej przewadze węglowodanów w poborach dochodzi do 0·9. Przy zaburzeniach w utlenianiu współczynnik ten znaleziono znacznie wyższy, dochodził bowiem nawet do 6·5.

Oto przykład, jak ważne usługi oddać może bilans pierwiastkowy, a zwłaszcza równoczesne przeprowadzenie bilansu kilku pierwiastków zawartych w ciałach posiłkowych. Tem więcej, gdy się równocześnie uwzględni drogi wydalania.

Tak samo, jak bilans azotowy pozwala nam w każdej chwili na obliczenie zmian, jakie zaszły w zawartości azotu i białek w ustroju, tak bilans energetyczny pozwala na obliczenie zmian w zawartości kaloryj nagromadzonych w ustroju w postaci ciał posiłkowych. Gdy w pewnym czasokresie ilość kaloryj zawartych w poborach jest równą ilości wydatków energetycznych w ustroju, to wiemy, że w tym czasokresie badany ustrój nie zwiększył zawartości swoich organicznych składników. Zwiększa zaś ich ilość przy bilansie energetycznym dodatnim, zmniejsza przy ujemnym. Nie zawsze jednak w tych przypadkach, gdzie przychodzi do zmiany zawartości ciał organicznych, musi się to objawić zmianą wagi ciała. Dzieje się to wskutek t. zw. maskowania, czyli wewnętrznego przesunięcia jednych składników w miejsce drugih. Tak n. p. ustrój, tracąc 100 gr białka a zatrzymując 100 gr tłuszczu, zwiększy swoją zawartość energetyczną pomimo, że waga jego zostanie tą samą ponieważ tłuszcz zawiera więcej kaloryj, aniżeli białko. W innym znowu wypadku możemy stwierdzić bilans energetyczny ujemny spowodowany stratą pewnej ilości białka lub tłuszczu, ale wskutek tego, że ustrój równocześnie zatrzymał sobie pewną ilość wody, jego waga może nawet wzrosnąć.

III.

Ciepło spalania ciał posiłkowych, ich współczynnik oddechowy i kaloryczny.

Ten fakt, że wydatki ustroju ludzkiego, liczone jako ciała stałe i płynne, bywają normalnie mniejsze od ciężarów płynnych poborów i że mimo to ustrój człowieka dorosłego nie przybiera na wadze, uderzał już od wieków różnych fizjologów począwszy od Hippokratesa. Jego to szkoła dała początek nauce o „*perspiratio insensibilis*“, która miała wyjaśnić różnice pomiędzy ciężarem wydawczym a ciężarem poborów, wydalaniem z ustrojów pewnej części składników w postaci nie dającej się podówczas zważyć, czyli jak my dzisiaj określamy w postaci gazowej. Wiemy też dzisiaj, że wydatki te gazowe, odnoszą się tak dobrze do pary wodnej, jak i do dwutlenku węgla.

Pierwszym jednak, który w genialny sposób zdołał, mimo tak pierwotnej podówczas techniki badania, związać przyczynowo owe wydatki gazowe z wytwarzaniem ciepła z ustroju był Lavoisier (1780). On też pierwszy skonstruował kalorymetr, zapomocą którego mierzył ilości ciepła powstające przy łączeniu się ciał z gazem nazwanym przez niego pierwszego „oxygen“, a więc tlenem. On pierwszy odniósł powstawanie ciepła w ustroju do łączenia się węgla, wodoru ustrojowego z pobieranym przez płuca tlenem. Doświadczenia przez niego przeprowadzone na zwierzętach doprowadziły do odkrycia trzech faktów doświadczalnych, a mianowicie: 1) wystawienie zwierzęcia na zimno zwiększa ilość tlenu pobranego przez ustrój, 2) pobranie pokarmów zwiększa ilość tlenu pobranego przez ustrój, 3) praca mięśniowa zwiększa ilość tlenu pobranego przez ustrój¹⁾.

Trzy te fakty stały się podstawą nauki o metabolizmie energetycznym. Z łatwością można się w nich doszukać zasadniczego odróżnienia pomiędzy wytwarzaniem energii przez ustrój zwierzęcy w ciepocie otoczenia obojętnej dla ciała bez bezpośredniego wpływu pobierania pokarmów oraz w stanie jak najdalej posuniętego spoczynku od wytwarzania energii przez ustrój czy to pod wpływem zmian ciepłoty w otoczeniu, czy to pod wpływem pobierania pokarmów, czy wreszcie pod wpływem pracy mięśniowej. Wytwarzanie energii w pierwszych warunkach nazywamy metabolizmem minimalnym lub też podstawowym. Dopiero dokładne zapoznanie się z nim umożliwiło dalsze badania nad termogenezą, nad metabolizmem poborowym, metabolizmem pracy i t. d. Najważniejsza jednak zasługa Lavoisiera a także Laplace'a leżała w doświadczalnym udowodnieniu zasady przez nich postawionej, że ilość ciepła wytworzona przez świnkę morską w kalorymetrze była mniej więcej równa tej ilości ciepła, którą ciała spalone w ustroju świnki morskiej wytworzyłyby, gdyby były spalone poza ciałem tego zwierzęcia.

W miarę dalszych badań, a przedewszystkiem w miarę postępu techniki tych badań przeprowadzonych jużto przez Liebiga, Berthelota, Dulonga, Pettenkofera, a wreszcie zasadniczych doświadczeń Rubnera zdołano wreszcie udowodnić w granicach dopuszczalnych błędów, że wszelka energia wytworzona przez ustrój ma swoje ostateczne źródło w procesach chemicznych, toczących się w nim. Idąc dalej w kierunku wskazanym przez Lavoisiera, zdołano też udowodnić, że miarą ilości energii, wytworzonej przez ustrój, jest ilość tlenu, którą zużywa do „spalenia“ składników ustroju względnie pokarmów przezeń pobranych oraz, że miarą taką może być także ilość bezwodnika węglowego wydalonego przez ustrój w tej samej jednostce czasu, w której wymierzono ilość wytworzonej energii.

Dla zrozumienia wzajemnej zależności energetyki ustroju od procesów chemicznych, toczących się w nim z jednej strony, a od procesów termicznych z drugiej, należy uprzytomnić sobie zasadnicze prawa termochemii. Nauka ta zajmuje się wzajemną zależnością energii cieplnej

¹⁾ J. T. King. Basal Metabolism, Baltimore Williams Wilkins Company 1924 s'tr. 12.

i chemicznej i została również zapoczątkowaną przez Lavoisiera i Laplace'a. Oni to wraz ze swojemi następcami postawili zasadę, że ilość ciepła potrzebna do rozłożenia jakiegoś związku chemicznego jest równą tej ilości ciepła, która uwalnia się w wytworzeniu tegoż związku z jego składników. Chcąc n. p. rozłożyć jedną gram-cząsteczkę dwutlenku węgla na węgiel i tlen, należy wprowadzić w ten związek tę samą ilość ciepła, jaka „uwolniła się“ przy powstawaniu dwutlenku węgla przy spalaniu się 12 gramów węgla na 44 gramy dwutlenku węgla ¹⁾. To samo odnosi się rzeczywiście do każdego innego związku bez względu na to, czy związek ten ulega rozłożeniu na pierwiastki, czy też na związki chemiczne prostsze.

Druga niemniej ważna zasada termochemiczna postawioną została przez G. H. Hess'a. Orzeka ona, że dla wywiązania ciepła przy chemicznych procesach miarodajny jest tylko stan początkowy i końcowy procesu chemicznego; jeżeli wiadome są związki, które na początku reakcji zaczęły ze sobą reagować chemicznie i wiadome są związki względnie związki będący wytworem końcowym danej reakcji chemicznej, to ilość ciepła wywiązująca się przy tej reakcji jest zawsze tą samą bez względu na to, drogą jakich reakcyj chemicznych pośrednich związki, reagujące na początku, doszły do stanu końcowego reakcji. Wynika z prawa Hess'a, że jeżeli n. p. wiemy, że na początku przemiany cukru w ustroju, cukier ten łączy się z tlenem, czyli że początkowymi związkami reagującymi są cukier i tlen, jeżeli wiemy, że końcowymi wytworami tej reakcji jest bezwodnik węglowy i woda, to ilość ciepła, jaka powstaje przy przemianie cukru łączącego się z tlenem na bezwodnik węglowy i wodę, jest zawsze tą samą bez względu na to, jakie związki pośrednie mogły powstać pomiędzy stanem początkowym, t. j. pomiędzy stanem cukru i tlenu a stanem końcowym, t. zn. bezwodnikiem węglowym i wodą. Ilość więc ciepła powstałego przy utlenieniu cukru będzie zależna przede wszystkim od ilości cukru, który ulega utlenieniu. Będzie dalej zależną od ilości tlenu, który łączy się z cukrem, mianowicie z węglem i wodorem zawartym w cukrze. Jeżeli ilość tlenu będzie dostatecznie wielką, aby cały węgiel i cały wodór zawarty w cukrze mógł dojść do najwyższego stopnia utlenienia, to w takim razie powstanie przy tem najwyższa ilość ciepła, jaką może dać cukier łączyący się z tlenem. Takimi wytworami najwyższego utlenienia węgla i wodoru jest bezwodnik kwasu węglowego i woda. Jeżeli więc weźmiemy pod uwagę jedną gram – cząsteczkę cukru gronowego, to zn. 180 gr cukru gronowego, to dla maksymalnego utlenienia 72 gr węgla zawartych w tej gram-cząsteczce cukru potrzeba będzie 230·4 gr tlenu. Dla maksymalnego utlenienia 12 gr wodoru trzeba będzie 96 gr tlenu. Ponieważ zaś w gram-cząsteczce cukru już jest zawartych 96 gr tlenu, więc trzeba będzie doprowadzić 230·4 gr. tlenu z zewnątrz, aby doprowadzić cały węgiel i wodór zawarty w gram-cząsteczce cukru do maksymalnego utlenienia. Po-

1) Jedna gram-cząsteczka węgla = 12 gramów; jedna gram-cząsteczka tlenu = 32 gramy; jedna gram-cząsteczka dwutlenku węgla = 44 gramy.

wstała przy tem ilość ciepła będzie według prawa Hess'a zawsze tą samą.

Reakcja, przebiegająca w tym wypadku i polegająca na łączeniu się węgla względnie wodoru zawartego w cukrze z tlenem jest reakcją egzotermiczną, t. zn. taką, przy której wytwarza się ciepło i zostaje na zewnątrz wydalone. Według dawnej dzisiaj już zarzuconej nomenklatury mówiło się, że węgiel i tlen względnie wodór i tlen są to ciała mające względem siebie silne powinowactwo chemiczne. To pojęcie powinowactwa zastąpiła termochemja ciepłem wywiązującym się przy reakcji, a siłę jego oznacza ilością ciepła wywiązanego ¹⁾. Ilość chemicznej energii zawartą w danym ciele chemicznym i dającą się mierzyć ilością ciepła wywiązanego przy reakcji tego ciała z innym, nazywa termochemja chemicznym potencjałem danego ciała, przyczem oczywiście jest, że pojęcie tego potencjału dla danego ciała odnosi się zawsze do niego wyłącznie w stosunku do innego ciała chemicznego, z którym ono reaguje, tak n. p. ilość ciepła, którą daje jedna gram-cząsteczka cukru, łącząc się z tlenem na bezwodnik kwasu węglowego i wodę, ma pewien potencjał chemiczny w stosunku do tlenu taki sam, jaki ma tlen w stosunku do cukru. W tem samym znaczeniu możemy mówić o potencjale chemicznym węgla i wodoru w stosunku do tlenu, jak i naodwrot tlenu w stosunku do węgla czy wodoru. Miarą potencjału chemicznego jest ilość ciepła, jaką wywiązuje dane ciało chemiczne, n. p. węgiel, łączący się z tlenem, aż do maksymalnego „utlenienia“. Gdyby n. p. węgiel mógł łączyć się maksymalnie nie z dwoma równoważnikami tlenu, ale n. p. z trzema lub czterema, to w takim razie potencjał węgla w stosunku do tlenu byłby większy, niż jest w rzeczywistości.

Związki organiczne, będące składnikami pokarmów oraz ustroju ludzkiego, białka węglowodany, tłuszcze, alkohole i t. d. zawdzięczają swój potencjał chemiczny zawartości węgla i wodoru. Jeden gram czyścgo węgla (bezpociastowego) przy najwyższem utlenieniu, co znaczy w stosunku równoważnym węgla do tlenu 1:2, a przy stosunku wagowym gram-cząsteczkowym 12:32 daje 8.08 kaloryj dużych Jak wiadomo — przez kaloryj dużą rozumiemy ilość ciepła potrzebną do ogrzania 1 litra wody o 1° C. Jedna więc gram-cząsteczka węgla (12 gr.) daje 96.96 kaloryj. Ściśle mówiąc, nie węgiel daje to ciepło, ale łączenie się węgla z tlenem; jest to więc ciepło reakcji węgla z tlenem i możnaby je tak dobrze rozpatrywać z punktu widzenia tlenu, jak z punktu widzenia węgla. Jeżeli mówimy i w dalszym tekście mówić będziemy o ciepłe węgla i wodoru, to będzie to zawsze miało znaczenie skrótu dla wyrażenia ciepła reakcji tych pierwiastków z tlenem. Znacznie więcej ciepła, niż węgiel, daje wodór. Jeden gram wodoru przy spaleniu na wodę daje 34.46 kaloryj, czyli jedna gram-cząsteczka (2 gr.) daje 6.892 kaloryje. Ponieważ w związkach organicznych węgla i wodoru ciepło, wywiązujące się przy utlenieniu tych ciał, czyli t. zw. ciepło spalania tych ciał, zależne jest od ilości węgla i wodoru zawartych w nich w stosunku do jednostki

¹⁾ W. Oswald. Grundriss der allgemeinen Chemie, Dresden u. Leipzig Th. Steinkopf 19:0 str. 271.

wagi, więc wszelki związek organiczny czyto w związkach pokarmowych, czy w ustroju samym zawartych będzie tem większe miał ciepło spalania, im więcej będzie w stosunku do jednostki wagi zawierał węgla i wodoru, czyli im więcej będzie mógł, przy zupełnem utlenieniu, dostarczyć bezwodnika węglowego i wody. Dlatego n. p. większe jest ciepło spalania tłuszczów, aniżeli węglowodanów.

Ponieważ według prawa Hessa utlenienie jakiegoś ciała organicznego aż do ostatecznych wytworów utlenienia musi dać zawsze tą samą ilość ciepła bez względu na to, jaką drogą utlenienie się odbywa, przeto ciała pokarmowe organiczne muszą dawać tą samą ilość ciepła przy spalaniu w ustroju, co przy spalaniu poza ustrojem, więc n. p. w kalorymetrach. Pierwszy dokładniejszy sposób obliczania ciepła spalania ciał pokarmowych opracował Rubner i Stohmann. Posługiwali się oni ulepszoneym kalorymetrem Thomsona. Spalanie odbywało się w cylindrze platynowym lub szklannym, do którego dawano mieszaninę chloranu potasu, ~~bursztynu~~ (nadtlenku manganu), sproszkowanego bismutajnu oraz ciała pokarmowego, którego ciepło miało być oznaczone. Cylinder ten umieszczony w drugim, również platynowym, większym cylindrze zanurzono we wodzie w zamkniętej przestrzeni, objętej trzecim metalowym cylindrem. Materiał palny zapalono prądem elektrycznym, a ilość ciepła wywiązanej przy tem mierzono ogrzaniem wody o ściśle oznaczonej objętości^{1 2)}. Tą drogą podał Rubner ciepło spalania węglowodanów, tłuszczów i białek. Wartości przezeń podane ulegały później pewnym poprawkom tak, że dzisiaj przyjmuje się ogólnie że:

1 gr węglowodanów daje	4.1	kalorje
1 gr białek	„ 4.1	„
1 gr tłuszczów	„ 9.3	„

Co się tyczy ciepła spalania białek, to zachodzą tutaj dosyć znaczne różnice pomiędzy poszczególnymi autorami. Tak np. niektórzy podają ciepło spalania białek na 4.8 kalorji³⁾. Naogół jednak wartość 4.1 jest przez większość autorów przyjęta. Są to wartości kaloryczne dla grup chemicznych; przeciętne z wartości poszczególnych przedstawicieli tych grup. Tak n. p. ciepło spalania węglowodanów przyjęto jako przeciętną z wartości spalania cukru gronowego, skrobi, cukru trzcinowego i innych. Zapoznamy się później szczegółowo z temi wartościami.

Porównując wartości kaloryczne, otrzymane empirycznie w kalorymetrze dla któregokolwiek z ciał pokarmowych z wartościami, jakie możemy obliczyć dla tych ciał z ich zawartości węgla i wodoru, zobaczymy, że wartości te są wprawdzie do siebie zbliżone, jednakże nie są bynajmniej identyczne. Ponieważ zestawienie tych dwóch szeregów wartości dla poszczególnych ciał pokarmowych może nas doprowadzić do zrozumienia t. zw. ciepła tworzenia, mającego również w biologji pewne znaczenie, przeto zestawmy sobie obliczenie teoretyczne wartości po-

1) M. Rubner: Lehrbuch der Hygiene, Leipzig. u. Wien. Deuticke 1890 str. 423.

2) M. Rubner: Calorimetrische Untersuchungen; Zeit. für Biol. 1885 B. 21.

3) Schall-Heisler: Nahrungsmitteltabelle; C. Kabitzsch; Leipzig 1921.

szczególnych ciał pokarmowych z wartościami otrzymanymi w kalorymetrze:

1 gram-cząsteczka węglowodanów o ogólnym wzorze $C_6H_{10}O_5$ potrzebuje do zupełnego utlenienia 6 gram-cząsteczek tlenu. Mamy wtedy następującą reakcję $C_6H_{10}O_5 + 6O_2 = 6CO_2 + 5H_2O$.

1 gram-cząsteczka węglowodanów zawiera zatem

$$\begin{array}{r} C \quad 6 \times 12 = 72 \text{ gr} \\ H \quad 10 \times 1 = 10 \text{ „} \\ O \quad 5 \times 16 = 80 \text{ „} \\ \hline 162 \text{ gr} \end{array}$$

72 gr węgla łączy się z tlenem w stosunku 12 do 32 t. zn., że ilość tlenu potrzebną do utlenienia całej ilości węgla obliczymy w proporcji:

$$72 : X = 12 : 32 \quad \text{z tego } X = \frac{72 \cdot 32}{12} = 192$$

a więc 192 gramy tlenu są potrzebne do utlenienia całego węgla, zawartego w jednej gram-cząsteczce skrobi.

Ponieważ $10 : X = 1 : 8$ czyli $X = \frac{10 \cdot 8}{1} = 80$ przeto do utlenienia całego wodoru skrobi trzeba 80 gramów tlenu.

$$\begin{array}{r} \text{Do utlenienia 72 gr węgla } 192 \text{ gr } O_2 \\ \text{„ „ 10 „ wodoru } 80 \text{ „ } O_2 \\ \hline \text{Razem } 272 \text{ gr } O_2 \end{array}$$

W gram-cząsteczce skrobi zawarte jest 80 gr tlenu, czyli do całkowitego utlenienia 1 gram-cząsteczki skrobi, t. zn. 162 gr skrobi potrzeba tlenu $272 - 80 = 192$ gr tlenu. Ponieważ 1 gr węgla daje 8.08 kaloryj, przeto 72 gr węgla zawartego w jednej gram-cząsteczce skrobi powinno dawać $72 \times 8.08 = 581.76$ kaloryj.

Jeden gram wodoru daje 34.46 kaloryj, czyli że 10 gr wodoru powinno dawać 344.6 kaloryj. Razem więc jedna gram-cząsteczka skrobi powinna dać $581.7 + 344.6 = 926.3$ kaloryj, czyli że 1 gr skrobi dawałby ciepła 926.3 podzielone przez 162 = 5.71 kaloryj, obliczonych ze zawartości węgla i wodoru w jednym gramie skrobi. Tymczasem empirycznie otrzymamy tylko wartość 4.2 kaloryj. Różnica $5.71 - 4.2 = 1.51$ kaloryj stanowi t. zw. ciepło tworzenia się 1 gr. skrobi¹⁾. W czasie, gdy roślina budowała skrobię z węgla, wodoru i tlenu, pierwiastki te straciły pewną ilość ciepła, łącząc się ze sobą na skrobię. Dzieje się to zawsze wtedy, jeżeli powstaje jaki związek o niższym potencjale chemicznym z ciał o wyższym potencjale. Takimi ciałami, mającymi wyższy potencjał chemiczny były w roślinie węgiel i wodór. Pewna część ich energii chemicznej została uwolniona przy łączeniu się ich ze skrobią. Ta więc część ciepła uwolniona w roślinie pozostała w niej, podczas gdy skrobia sama zawiera już o tyle mniej energii chemicznej. Ponieważ

¹⁾ L. Marekiewski: Teorje i metody badania współczesnej chemii organicznej, Lwów 1905; Nakł. Tow. Wyd., str. 209 i n.

związki takie jak białka, węglowodany, tłuszcze, alkohole i t. d. powstały wszystkie z węgla i wodoru, azotu i tlenu, które same w sobie mają wyższy potencjał chemiczny i musiały część tego potencjału stracić na łączenie się ze sobą dla wytworzenia właśnie tych związków pokarmowych, przeto wszystkie te ciała mają potencjał chemiczny mniejszy od potencjału, jaki odpowiadałyby ich zawartości poszczególnych pierwiastków, a różnicę tego potencjału nazywamy ciepłem tworzenia się. Będzie ono tem większe, im więcej energii musiały stracić pierwiastki, łącząc się ze sobą na dany związek. Tą samą drogą można obliczyć, że ciepło tworzenia się tłuszczów wynosi 1.2 kalorie a ciepło tworzenia się białek (mięsa) wynosi 1.34 kalorie na 1 gr wagi¹⁾.

Obliczyliśmy poprzednio, że do utlenienia jednej gram-cząsteczki skrobi potrzeba 192 gr tlenu. Łatwo obliczyć dalej ilość bezwodnika węglowego i wody, jaka stąd powstanie. Ponieważ gram-cząsteczka bezwodnika wynosi 44 gr, a powstaje 6 gram-cząsteczek CO₂, z jednej gram-cząsteczki skrobi, przeto cała ilość bezwodnika stąd powstałego wynosi 264 gr CO₂. Gram-cząsteczka wody waży 18 gr, 5 gram-cząsteczek zatem 90 gramów. Wagowe więc odpowiedniki reakcji $C_6H_{10}O_5 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 5 H_2O$ będą się przedstawiały następująco: 162 gr + 192 gr = 264 gr + 90 gr.

Dzieląc to ostatnie równanie przez 162, otrzymamy, że na całkowite utlenienie 1 grama skrobi trzeba zużyć 1.191 gr tlenu, a powstaje z tego 1.636 gr bezwodnika węglowego i 0.555 gr wody.

Aby ilość tlenu potrzebną do spalenia skrobi wyrazić nie w gramach, ale w litrach, należy pomnożyć gramy tlenu przez współczynnik 0.6997.

$$192 \times 0.6997 = 134.34 \text{ litrów.}$$

Jest to ilość litrów tlenu potrzebna do spalenia 162 gr skrobi. Aby zamienić gramy dwutlenku węgla na litry należy 264 gr pomnożyć przez współczynnik 0.5089

$$264 \times 0.5089 = 134.34 \text{ litrów } ^2).$$

Dla spalenia więc jakiegokolwiek ilości skrobi czy innych węglowodanów, jednej gram-cząsteczki czy 1 grama, zużywa się taką samą ilość litrów tlenu, jaka powstaje stąd ilość litrów bezwodnika węglowego. To napozór dziwne zjawisko polega na tem, że jak to w podanym wyżej wzorze utlenienia zupełnego skrobi widzimy, — ta sama ilość gram-cząsteczek tlenu występuje po lewej stronie równania, co bezwodnika kwasu węglowego po drugiej stronie równania. To samo odnosi się do innych węglowodanów. A ponieważ w myśl prawa Avogadro'go ta sama ilość cząsteczek czy też gram-cząsteczek gazu w tej samej ciepłocie i ciśnieniu musi zawsze zajmować tę samą objętość, więc i tutaj ta sama musi być objętość reagującego ze skrobią tlenu, co wy-

¹⁾ A. Oszaeki: Choroby przemiany materji i energii u człowieka. Kraków, Polska Akademia Umiejętności. 1925 str. 84—86.

²⁾ Eugene F. Du Bois. Basal metabolism in health and disease. Lea & Febiger, Philadelphia str. 22.



wiązanego z tej reakcji bezwodnika kwasu węglowego. Dalsza znów przyczyna tego wynika z chemicznej natury węglowodanów, związków dlatego tak nazwanych, że wodór i tlen znajdują się w nich w tym samym stosunku, co we wodzie, czyli że niejako tlen potrzebny do ich zupełnego utlenienia musi być tylko w takiej ilości doprowadzony, jaka jest potrzebna do utlenienia samego węgla. A ponieważ na utlenienie 1 gram-atomu węgla potrzeba dwóch gram-atomów tlenu, przeto zawsze przy zupełnym utlenieniu węglowodanów tyle musi powstać gram-cząsteczek bezwodnika kwasu węglowego, ile zostało doprowadzone gram-cząsteczek tlenu.

Stosunek litrów dwutlenku węgla wytworzony przy utlenieniu jakiegokolwiek ciała, narządu czy też ustroju całego do ilości litrów tlenu zużytych do tego utlenienia nazywamy współczynnikiem oddechowym danego związku, narządu czy też ustroju. Ponieważ przy utlenieniu węglowodanów ilość litrów zużytego tlenu jest taka sama, co ilość litrów powstałego stąd bezwodnika kwasu węglowego, przeto

$$R. Q. = \frac{134.34 \text{ CO}_2}{134.34 \text{ O}_2} = 1.00.$$

Ze stosunku, jaki zachodzi pomiędzy wartością ciepłnikową czyli kaloryczną węglowodanów a ilością tlenu, jaki do utlenienia ich jest potrzebny, względnie ilością bezwodnika kwasu węglowego, jaki się przy tem wywiązuje, możemy obliczyć t. zw. współczynnik kaloryczny dla tlenu i dla bezwodnika węglowego przy utlenianiu (spalaniu) węglowodanów. Zanim jednak przejdziemy do obliczenia tego współczynnika, należy poświęcić parę słów wartości kalorycznej różnych węglowodanów. Podana powyżej wartość 4.1 kaloryj była przeciętną, otrzymaną z zestawienia wartości kalorycznej różnych węglowodanów. Tak np. wartość kaloryczna skrobi ściśle biorąc, nie wynosi 4.1, ale 4.2. Wartość zaś kaloryczna cukru gronowego wynosi 3.74 kaloryj¹⁾. Różnice te są już dostatecznie duże, ażeby je uwzględnić przy obliczaniu współczynnika kalorycznego, jak to zresztą zaraz zobaczymy na przykładzie.

Ogólny wzór współczynnika kalorycznego (Wk) tlenu przedstawia się jak następuje:

$Wk = \frac{Q}{O_2}$, gdzie Q oznacza ilość ciepła, wywiązującego się przy spalaniu pewnej ilości wagowej ciała badanego, w tym wypadku skrobi a O_2 oznacza ilość tlenu w litrach, potrzebną do spalania takiej ilości skrobi.

Więc dla jednej gram-cząsteczki skrobi

$$Wk = \frac{162 \times 4.2}{134.34} = \frac{680.4}{134.34} = 5.065.$$

W ten sam sposób można obliczyć, że dla cukru gronowego, którego gram-cząsteczka waży 180 gramów, a wartość kaloryczna gram-

¹⁾ Eugene F. Du Bois, M. D.: Basal Metabolism in Health and Disease Lea Febiger, str. 23.

cząsteczki wynosi 673.20 kaloryj, a wreszcie ilość litrów tlenu potrzebna do utlenienia jest taką samą, jak przy skrobi, t. zn. wynosi 134.34, — że współczynnik kaloryczny równa się 5.011.

Współczynnik kaloryczny dla bezwodnika węglowego będziemy obliczać według wzoru $Wk = \frac{Q}{CO_2}$, gdzie Q ma tę samą wartość, co przy tlenie, a CO_2 odpowiada ilości litrów dwutlenku węgla powstałego przy spalaniu danej ilości badanego ciała.

Przy spalaniu jednej gram-cząsteczki węglowodanów będzie współczynnik kaloryczny bezwodnika węglowego oczywiście taki sam, jak współczynnik kaloryczny tlenu. Wynika to z omówionego już faktu, że przy spalaniu któregośkolwiek węglowodanu ilości zużytego tlenu i wytworzonego bezwodnika węglowego są objętościowo sobie równe. Inaczej rzecz się ma u tłuszczów, białek i alkoholu.

Współczynnik oddechowy i współczynnik kaloryczny mają pierwszorzędne znaczenie praktyczne. Pierwszy z nich pozwala nam obliczyć, jakiego rodzaju ciało chemiczne ulega utlenieniu, n. p. w ustroju, albo raczej, jaki jest stosunek węgla i wodoru do tlenu w utlenianym związku chemicznym. We wszystkich tych związkach, które będą zawierały, w stosunku do wodoru i węgla, więcej tlenu niż węglowodany, współczynnik oddechowy będzie wyższy od jedności, t. zn. będzie przy utlenianiu stosunkowo więcej wytwarzał litrów bezwodnika węglowego, co zużytkowywał tlen. We wszystkich zaś przypadkach, gdzie utlenianiu będą ulegały związki chemiczne o stosunkowo mniejszej ilości tlenu, niż go zawierają węglowodany, tem niższy będzie współczynnik oddechowy od jedności.

Współczynnik kaloryczny pozwala obliczyć ilość ciepła, jaka powstaje przy spalaniu pewnego ciała chemicznego, o ile wiadomem jest, jakie ciało chemiczne ulega spalaniu, jak wielka jest jego ilość oraz, ile jednostek objętościowych tlenu zostało do tego zużytych względnie, ile jednostek objętościowych bezwodnika węglowego zostało wytworzonych. Zobaczymy później przy omawianiu techniki klinicznych oznaczeń metabolizmu energetycznego, że zastosowanie równoczesne współczynnika oddechowego i współczynnika kalorycznego pozwoli nam obliczać ilości kaloryj, wytworzone przez człowieka z ilości zużytego przezeń tlenu względnie wydalonego bezwodnika węglowego.

Przemiana skrobi w ustroju po jej hydrolitycznym rozkładzie w przewodzie pokarmowym na cukry i po wessaniu do krążenia idzie albo w kierunku polimeryzacji w wątrobie czy mięśniach na mączkę zwierzęcą, czyli glikogen, lub też w kierunku katabolizmu samego cukru. Jak wiadomo chodzi tutaj o cukier gronowy. Kataboliza cukru gronowego może się w pewnej mierze odbywać bez udziału tlenu albo przy równoczesnem utlenieniu.

Glikoliza bez utlenienia odbywa się głównie w mięśniach i polega na zaczynowym przeprowadzeniu cukru gronowego w kwas mlekowy prawdopodobnie drogą aldehydu glicerynowego. Przejście cukru gronowego w kwas mlekowy odbywa się według wzoru $C_6H_{12}O_6 = 2 C_3H_6O_3$.

1 gram-cząsteczka cukru gronowego (180 gr) rozszczepia się tutaj bez reszty na dwie gram-cząsteczki kwasu mlekowego (90 gr). Ustosunkowanie węgla i wodoru do tlenu jest w cukrze gronowym 72:108 a w kwasie mlekowym 36:54, czyli jest takie same. Wynika z tego, że współczynnik oddechowemu kwasu mlekowego i cukru gronowego jest ten sam. Natomiast wartość cieplikowa kwasu mlekowego wynosi 3.619 kal. na 1 gram, czyli 325.9 kal. na jedną gram-cząsteczkę (Roth, Ginsberg)¹⁾. Podczas gdy wartość cieplikowa 1 grama cukru gronowego wynosi 3.743 kal., czyli dla jednej gram-cząsteczki 674.0 kal. (Stohmann, Langbein)²⁾, to dla jednego grama kwasu mlekowego 3.619 kal. a dla jednej gram-cząsteczki kwasu mlekowego 325.9 kal. Pomimo więc, że we wzajemnym stosunku wodoru, węgla do tlenu nie się nie zmieniło przy przejściu cukru gronowego w kwas mlekowy, to jednak ta sama ilość waga kwasu mlekowego ma mniejszą wartość cieplikową, aniżeli cukier gronowy i dwie gram-cząsteczki kwasu mlekowego; mając tę samą wagę i tę samą zawartość węgla, wodoru i tlenu, co jedna gram-cząsteczka cukru gronowego, mają jednak mniejszą wartość cieplikową. Jest to klasyczny przykład, że może przyjść do zmniejszenia potencjału chemicznego bez utlenienia. Energja utracona przez cukier gronowy przy przejściu w kwas mlekowy jest w ustroju ludzkim źródłem pracy mięśniowej. Wiadomo z fizjologii, że mięsień wyosobniony może pracować czas jakiś bez dostępu tlenu.

Kwas mlekowy powstały w ustroju albo ulega resyntezie na cukier gronowy, albo też ulega dalszej katabolizacji, która jednak odbywa się, od kwasu mlekowego począwszy, przez utlenianie. Według ogólnie przyjętych poglądów idzie ten proces utleniania drogą metylglioksalu, kwasu pyrogronowego, aldehydu octowego, kwasu octowego, a ten utlenia się na bezwodnik węglowy i wodę³⁾. W miarę utleniania zmniejsza się wartość cieplikowa każdego z tych ogniw, tak n. p. wynosi ona dla kwasu octowego 3.449 na 1 gr, podczas gdy dla kwasu mlekowego wynosiła ona 3.619 a dla cukru gronowego 3.743. Ostatnie wreszcie przetrwały utlenienia cukru, t. zn. dwutlenek węgla i woda nie posiadają już żadnej wartości cieplikowej, czyli że potencjał cukru gronowego w miarę, jak jego cząsteczka rozpada się na 6 cząsteczek bezwodnika węglowego i 6 cząsteczek wody, spada z wartości 3.743 kaloryj na 1 gram do 0. Jeżeli wydany przez ustrój ludzki bezwodnik kwasu węglowego czy też woda będą miały być gdziekolwiek rozłożone z powrotem na węgiel, czy wodór i tlen, tak, jak to się dzieje n. p. w roślinach, trzeba będzie do rozczepienia bezwodnika i wody na węgiel, wodór i tlen włożyć właśnie tyle energii, ile zostało jej uwolnionej w ustroju n. p. ludzkim dla „nasylenia“ węgla czy wodoru tlenem. Ta tylko droga będzie

¹⁾ Chemiker Kalender 1928, Berlin, Springer str. 479, T. III.

²⁾ Tabulae biologicae; ed. d. W. Junk; C. Oppenheimer u. L. Pincusse; W. Junk, Berlin 1925, B. II., str. 8.

³⁾ A. Oszacki, I c. Pierwszy rozdział oraz obrazowe zestawienie głównych procesów chemicznych organicznych, toczących się w ustroju.

można węglowi i wodorowi przywrócić ich dawny potencjał chemiczny. Energię do tego potrzebną czerpie roślina ze słońca.

Fizycy zwykli określać życie jako „zjawisko nieodwracalne“. Odpowiada to faktycznemu stanowi rzeczy o tyle, że rzeczywiście żadne z poszczególnych ogniw życia wszelkiego osobnika nie daje się cofnąć z powrotem. Bez względu na warunki zewnętrzne życie albo ustaje, albo przebiega swój typowy cykl od elementów rodzicielskich aż do śmierci. Jest to tem dziwniejsze pozornie, że pod względem chemicznym ogromna większość procesów nie chemicznych jest odwracalna. Ujmując przemianę węglowodanów w ustroju jako całość widzimy, że składa się ona z całego szeregu nawzajem równoważących się czynników. Przedewszystkiem „zapasy cukru“ w wątrobie i mięśniach znajdują się w stanie ustawicznego równoważenia się z ilością cukru krążącego (cukier krwi) i z ilością cukru spalanego w tkankach. Jeżeli poziom cukru krążącego wzrasta ponad normę, n. p. z powodu zmniejszonej glikolizy w tkankach, to w takim razie cukier krążący ulega glikogenezie i nagromadza się w wątrobie czy mięśniach. Jeżeli zaś odwrotnie zużycie cukru w tkankach jest nadmierne, w takim razie prąd od glikogenu do cukru krążącego bierze górę. Także procesy glikotyczne w tkankach są odwracalne aż do kwasu octowego włącznie. Glikoliza może prawdopodobnie zatrzymać się na któremkolwiek ogniwie pośrednim, n. p. kwasie pyrogronowym, który może się wtedy stać punktem wyjścia dla re-syntezy cukru gronowego.

Każdy więc z tych trzech czynników posiada swój potencjał normy, którego broni, a obrona ta decyduje o kierunku, w jakim cukier dąży i o postaci, w jakiej ulega przemianie. Oprócz tych trzech zasadniczych potencjałów istnieją jeszcze dwa uboczne, łączące drogi przemiany cukru z przemianą białek i tłuszczów. W razie, jeżeli ilość cukru czy glikogenu nie jest dostateczną, lub też jest nadmierną w stosunku do tych trzech czynników głównych potencjalnych cukru samego, przychodzi jeszcze do wzajemnego równoważenia się przemiany cukru z przemianą białek z jednej a z przemianą tłuszczów z drugiej strony. Przy nadmiernem zatem nagromadzeniu się cukru przychodzi do jego przemiany w białka a przedewszystkiem w tłuszcze, przy nagromadzeniu się zaś nadmiernym białek i tłuszczów w stosunku do węglowodanów dzieje się odwrotnie. Trudno tu mówić o samem nagromadzeniu się jednego z tych ciał pokarmowych, raczej należałoby mówić o ich pewnym potencjonale czynnościowym, który zależałby nietylko od ilości danego ciała pokarmowego w ustroju, ale także od osobniczych właściwości indywidualnych danego ustroju w stosunku do danego ciała pokarmowego. Tak np. osobnik, który ma nadmierną skłonność do tycia, będzie chłonał cukier z krążenia pomimo nawet, że zapotrzebowanie glikolityczne nie będzie jeszcze pokryte. U osobników chudych może być odwrotnie.

* * *

Skład tłuszczów nie przedstawia się tak jednolicie, jak skład węglowodanów, wiadomo, że tłuszcze jadalne składają się już to z tłu-



szczów t. zw. obojętnych, jużto z lipidów w ściślejszem słowa tego znaczeniu, t. zn. fosfatydów i estrów cholesteryny. Tłuszcze obojętne też nie są jednolite i przeważnie składają się z trzech estrów, t. zn. estru glicerynowego kwasu oleinowego, kwasu palmitynowego i kwasu stearynowego. Każdy z nich ma odmienny ciężar cząsteczkowy i cokolwiek odmienne ustosunkowanie węgla, wodoru i tlenu. Tak np. palmitynjan, ściślej mówiąc, trójpalmitynjan ma wzór $C_{51}H_{98}O_6$. Jego zatem gram-cząsteczka waży 806 gramów. Stearynjan zaś ma wzór $C_{57}H_{110}O_6$; gram-cząsteczka równa 890 gramów. Dla ludzkiego tłuszczu przymuje Szaffer C. częst. = 874 gr¹⁾. Widzimy z tych wzorów, że tłuszcze są to związki, zawierające w porównaniu z węglowodanami ogromne ilości węgla i wodoru a bardzo małe ilości tlenu. Ze względu na różnorodność tłuszczów będzie można korzystniej dla nas przeprowadzić obliczenia nie na jednym chemicznie czystym tłuszczu, ale na którymkolwiek z tłuszczów jadalnych, n. p. na tłuszczu świńskim. Obliczono, że 100 gr tłuszczu świńskiego, oczyszczonego od wszystkich innych składników, jako to wody, białek i węglowodanów zawiera ²⁾:

C	75.54	gr
H	11.94	„
O	11.52	„

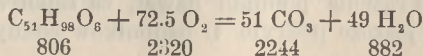
Idąc tą samą drogą, co przy węglowodanach, łatwo obliczyć, że zapotrzebowanie tlenu dla utlenienia całego węgla na dwutlenek węgla wynosi 204.11

dla utlenienia wodoru . . . 95.52

Razem . . 299.63

A ponieważ w 100 gramach tłuszczu jest już zawarte 11.52 grama tlenu, więc dla utlenienia 100 gr tłuszczu potrzeba doprowadzić z zewnątrz 299.63 — 11.52 = 288.11 grama. Wywiązuje się przy tem 280.65 gr CO_2 oraz 107.46 grama H_2O . Przeliczając gramy tlenu i bezwodnika na litry, otrzymujemy, że do spalania 100 gramów tłuszczu świńskiego trzeba 201.591 litra; powstaje zaś przytem 142.623 litra bezwodnika. Dziejąc objętość bezwodnika przez objętość tlenu, otrzymujemy, że współczynnik z tłuszczu świńskiego równa się 0.707.

Palmitynjan będzie miał cokolwiek niższy współczynnik oddechowy. Przytoczę tu jego obliczenie, posługując się nim równocześnie jako przykładem, jak można współczynnik oddechowy obliczyć niekoniecznie z objętości tlenu i bezwodnika węglowego, ale i z ilości cząsteczek jednego i drugiego. Dzieje się to w myśl uwag poczynionych poprzednio w rozdziale o węglowodanach na temat stosunku objętości gazów do ilości gram-cząsteczek w nim zawartych (prawo Avogadro'go):



¹⁾ E. P. Joslin: The treatment of diabetes mellitus; London, H. Kimpton 1924, str. 305.

²⁾ Schulze u. Reinecke, p. Bleibtren-Fettmast u. respir. Quotient. Pflüg. Archiv. 85.

Ponieważ do spalenia jednej gram-cząsteczki palmitynyjenu potrzeba 72.5 gram-cząsteczek tlenu, a wywiązuje się 51 gram-cząsteczek bezwodnika, więc współczynnik oddechowy palmitynyjenu równa się $\frac{51}{72.5} = 0.703$.

Należy pamiętać o tem, że spalanie tłuszczów powoduje wytworzenie znacznej ilości bezwodnika węglowego i wody. 100 gramów tłuszczu dostarcza przeszło 100 gramów wody. Z tem związana jest znaczna wartość cieplikowa tłuszczów. Rubner przyjął ją jako 9.3 kaloryj na 1 gram, późniejsze obliczenia wykazały, że wartość ta dochodzi do 9.5. Ale przy obliczaniu wartości cieplikowej tłuszczów pokarmowych należy uwzględnić ich różną wartość chłonną, tak n. p. Atwater oblicza, że z tłuszczów zwierzęcych 5% a z roślinnych 10% nie ulega wessaniu i zostaje wydalone wraz ze stolcem. Dlatego też ten autor przyjmuje tylko 8.75 kaloryj na gram tłuszczu. Autorowie francuscy przyjmują wartość przeciętną 9 kaloryj na 1 gram.

Współczynnik kaloryczny tlenu przy spalaniu tłuszczu świńskiego równa się 4.686 kaloryj na 1 litr tlenu. Współczynnik bezwodnika węglowego wynosi 6.629 kaloryj na 1 litr bezwodnika.

Tłuszcze ulegają wessaniu dopiero w jelicie w postaci zmydlonej zawiesiny, przyczem sok trzustkowy, żółć i zasadowy odczyn soku jelitowego współdziałają. Do krwi dostają się tłuszcze zapomocą naczyń chłonnych. Przemiana tłuszczów, zwłaszcza jej stosunek do przemiany węglowodanów jest mało znaną. Zależnie od chwilowego zapotrzebowania ustroju tłuszcze ulegają jużto katabolizmie, jużto jako zapasy są odłożone w podściółce tłuszczowej. Do tego celu nadają się szczególnie, ponieważ stosunkowo w małej objętości i wadze zawierają dużo węgla i wodoru i tem samem mogą dostarczyć dużo energii. Pewne fakty przemawiają za tem, że katabolizma tłuszczów zapasowych odbywa się dopiero po ich przeniesieniu drogą krwi z podściółki do wątroby. Przemiana tłuszczów w cukier wydaje się dzisiaj znacznie prawdopodobniejszą, niż to przypuszczali dawniejsi autorowie. Tłuszcz ustrojowy może powstać nietylko z tłuszczów pokarmowych, powstaje on także w znacznej części z węglowodanów. Atkinson, Rapport i Lusk¹⁾ wykazali doświadczalnie na psie, że tłuszcz może powstawać także z białek pobranych w nadmiarze

Katabolizma tłuszczów rozpada się na katabolizę gliceryny, która prawdopodobnie idzie drogą, podobną do katabolizy cukrów, oraz na katabolizę kwasów tłuszczowych. Ta ostatnia polega na t. zw. beta-oksydacji (Knoop, Embden). Długie kwasy tłuszczowe ulegają w ten sposób w pozycji beta skróceniu o dwa rodniki węglowe. Odcięte te dwa rodniki, jako tak zwana reszta octowa, ulegają prawdopodobnie tym samym losom, co wogóle kwas octowy. Ponieważ kwasy tłuszczowe, z tłuszczów pochodzące, zawierają zawsze parzystą ilość rodników węglowych, więc ulegając skracaniu wciąż o dwa rodniki węglowe, muszą przechodzić

¹⁾ E. F. du Bois, l. c. str. 81.

H. V. Atkinson: The Journal of Metabolic Research vol. I. nr. 5.

w kwasy tłuszczowe o parzystej ilości węgla. W ten sposób musi zawsze przyjść do powstania cztero-węglowego kwasu masłowego, a z niego przez beta-oksydację do kwasu beta-oksymasłowego. Według teorii Knoopa ostatecznym przetworem utlenienia kwasów tłuszczowych, a więc i kwasu beta-oksymasłowego, jest kwas octowy, ten sam, któryśmy poznali jako końcowy przetwórczy katabolizmu węglowodanów. Należy na to zwrócić szczególną uwagę, gdyż jest to jeszcze jeden przykład, jak pośrednie przetwory katabolizmu węglowodanów i tłuszczów są nieraz do siebie zbliżone i jak łatwo może przyjść do przemiany cukrów w tłuszcz i naodwrot. To samo dotyczy zresztą przemiany białek.

Znacznie większe trudności, aniżeli przy tłuszczach, napotykamy przy oznaczeniach energetycznych dla białek. Pochodzi to chociażby z różnych bardzo i niepewnych danych dla ciężaru cząsteczkowego różnych białek, a także i z trudności otrzymania białek chemicznie czystych. Ogólny wzór białek możemy przyjąć: $C_{12}H_{112}N_8SO_{22}$. Podobnie więc, jak przy tłuszczach, wyjdziemy ze 100 gramów odwodnionego i odtłuszczonego proszku mięsnego. Według badań Loewy'ego¹⁾ pierwiastkowy skład jego przedstawia się następująco:

C	52.38 gr
H	7.27 "
O	22.68 "
N	16.65 "
S	1.02 "
	100.— gr

Białko spożyte nie ulega jednak zwykłe wessaniu zupełnemu i pewna jego część zostaje wydalona ze stolcem. Co ważniejsze jednak przetwory końcowe katabolizmu białek, zawierające azot tak, jak mocznik, nie są utlenione w zupełności. Jeżeli więc chodzi o obliczenie wartości cieplikowej białka tak, jak ona przedstawia się dla ustroju katabolizującego je, to należy odliczyć straty cieplikowe poniesione przez ustrój już to w stole, już to w moczu od wartości cieplikowej białek otrzymanych w kalorymetrze. Obliczenia takie przeprowadził pierwszy Rubner. Zostały one potem jeszcze raz skontrolowane przez Loewy'ego. Podajemy tutaj według tego właśnie autora zestawienie strat, jakie ponosi ustrój przy katabolizmie 100 gramów proszku mięsnego:

	C	H	O	N	S
w moczu	9.406 gr	2.663 gr	14,099 gr	16.28 gr	1.02 gr
w stole	1.471 "	0.212 "	0.889 "	0.37 "	0.0 "
razem	10.88 gr	2.87 gr	14.99 gr	16.65 gr	1.02 gr
pozostaje	41.50 gr	4.40 gr	7.69 gr	0.0 gr	0.0 gr

¹⁾ Loewy: Oppenheimer's Handb. der Biochemia, IV, Fischer, Jana 1911.

Przy obliczeniu metabolizmu energetycznego białek należy zatem wziąć pod uwagę na 100 gramów pobranych białek tylko 41.50 gr. węgla, 4.40 gr. wodoru i 7.69 gr. tlenu. Od tego odejmują jeszcze nowsi autorowie wartość t. zw. śródcząsteczkowej wody, na którą przypada 0.961 gr wodoru i 7.69 gr tlenu. Po odjęciu pozostaje zatem tylko sam węgiel i wodór w ilości 41.50 gr węgla i 3.439 gr wodoru. Z powyżej podanego ogólnego wzoru białek pozostaje zatem do uwzględnienia dla współczynnika oddechowego i kalorycznego: C_{41} , $H_{3.44}$. Obliczywszy ilość bezwodnika węglowego i wody, które powstają w tym wypadku tylko dzięki doprowadzeniu z zewnątrz tlenu i przeliczywszy gramy na litry (por. str. 387), otrzymujemy współczynnik oddechowy 0.801¹⁾. Współczynnik oddechowy może jednak przy spalaniu białek być wyższy, jeżeli azot białek ulega wydalaniu w postaci mocznika, t. zn. związku zawierającego tlen. Jeżeli zaś azot zostaje wydany w postaci amoniaku, jak to bywa n. p. przy kwasicy, to wtedy dowóz tlenu dla spalania węgla i wodoru białek jest mniejszy, co wpływa podwyższająco R. Może on wtedy dochodzić nawet do 0.88. Współczynnik kaloryczny obliczymy z wartości cieplikowej białka i ilości tlenu doprowadzonego, względnie bezwodnika wytworzonego. Już z tego, cośmy dotychczas mówili wynika, że nie można ustrojowej wartości cieplikowej białka porównywać z kalorymetryczną. Ta ostatnia wynosi według Rubnera 5.376 kaloryj²⁾. Z tego jednak traci ustroj w moczu 1.28 kaloryj oraz ze stołcem 0.165 kaloryj. Pozostaje zatem dla ustroju 4.083, czyli w przybliżeniu 4.1 kal. Nie są to jednak wartości cieplikowe wszystkich białek. O ile dla mięsa waha się ona między 5.3 a 5.7, to dla sernika obliczono ją na 5.6 do 5.8 kal., dla białka jaja 5.7 kal. Straty w stolcu podlegają również znacznym wahaniom, zależnie od tego, czy spożyte białko jest pochodzenia zwierzęcego czy roślinnego. W tym ostatnim wypadku straty wahają się między 15 a 8%. Należy przytem pamiętać, że nawet przy poborach nie zawierających zupełnie białka, stolec zawiera pewne ilości białek, względnie azotu. Oczywiście, że przy dokładnych bilansach białkowych straty te powinny być w każdym wypadku indywidualnie oznaczone i uwzględnione. Przyjmując przeciętną wartość cieplikową białka równą 4.1, otrzymujemy według A. Loewy'ego Wk dla tlenu 4.485 kal. na 1 litr tlenu i 5.579 kal. na 1 litr bezwodnika węglowego. Jak wiadomo, białka składają się z 18 do 20 kwasów aminowych. Już w przewodzie pokarmowym odbywa się zupełna lub prawie zupełna hydroliza białek tak, że wessaniu ulegają prawie wyłącznie kwasy aminowe. Ulegają one albo katabolizmie po poprzednim odczepieniu grupy aminowej, albo przechodzą w cukier. Temu losowi ulega znaczna część cząsteczki białka, bo około 58% jej wagi. Ze wspomnianych już prac autorów amerykańskich, a zwłaszcza V. Atkinsona³⁾ wynika, że przechodzenie białka w tłuszcz bez poprzedniego przejścia w cukier należy uważać za proces normalny. Czwartą wreszcie drogą

¹⁾ A. Oszacki, l. c., str. 93.

²⁾ M. Rubner: *Calorimetrische Untersuchungen*, V. für Biol. 1885, Bd. 21.

³⁾ *The Journal of Metabolic Research*, vol. I. Nr. 5.

przemiany kwasów animowych polega na wytworzeniu szczególnych ciał azotowych dla życia ustroju koniecznych takich, jak cholina, tauryna, kreatyna i kreatynina, endogeniczny kwas moczowy, tyroksyna, adrealina, może i barwik krwi, dalej różne zaczyny, prawdopodobnie i witaminy. Wszystkie te ciała ulegają zużyciu i wydalają swój azot z moczem. Azot ten stanowi t. zw. minimum białkowe, określone szczególnie przez F. Müllera. Według E. Grafego ta część przemiany białka stanowi przy normalnem odżywianiu zaledwie 4 do 10% ogólnego obrotu białkowego. Niemniej jest ona koniecznością biologiczną: o ile ustrój nie dostaje tych ciał z zewnątrz to wytwarza je z własnych składników i azot ich wydała z moczem, nawet przy zupełnym poście.

Pojęcie minimum białkowego, a raczej minimum azotowego nie jest u różnych autorów dosyć ściśle i jasne. Niektórzy z nich rozumieją tę ilość azotu, którą wydziela ustrój w czasie zupełnego postu, co najwyżej przy pobieraniu wody, lub wody i soli nieorganicznych. Inni znów ilość azotu, która wydziela się z moczem przy minimalnej równowadze azotowej, t. zn. przy pobieraniu poborów pokrywających zapotrzebowanie kaloryczne, ale ilość azotu białkowego przy tem jest najmniejszą, jaka jest konieczna, ażeby pokryć ilość azotu wydalonego z białkiem. Taką równowagę azotową zdołano osiągnąć już przy około 3 gr azotu na dobę. Reszta jednak kaloryj musi być w tym wypadku pokryta przez dostateczną ilość węglowodanów i tłuszczów. W tym drugim przypadku minimum azotowe będzie się niemal wyłącznie składało z dopiero co wymienionych, do życia koniecznych ciał azotowych. W pierwszym zaś, to znaczy przy poście zupełnym będą jeszcze wydalane składniki z użycia białek z ustroju jako takich, zużycia koniecznego i większego w tym wypadku, gdzie pokarmowe węglowodany i tłuszcze nie mogą ochroniać białka od zużycia. Samemi poborami białkowemi nie można u człowieka osiągnąć równowagi azotowej. Polega ona na tem, że ustrój taką ilość azotu wydała z moczem i ze stolcem, jaką pobiera z zewnątrz. Przy przeciętnych mieszanych poborach pobiera człowiek od 10 do 20 gr azotu i taką też ilość azotu wydała. Ilość białka, jaka temu odpowiada, daje się łatwo obliczyć przez pomnożenie ilości azotu przez 6.25.

Zastanawiano się wielokrotnie nad pytaniem, ile białek powinien człowiek dziennie pobierać. Voigt podał wartość 118 gr na dobę. Amerykańscy autorowie utrzymywali zdrowych młodych ludzi, studentów uniwersytetu przez dłuższy czas na poborach dochodzących nawet do 1.58 gr azotu na dobę. Doświadczenia jednak dalsze wykazały, że nie jest dobrze żyć dłuższy czas na takich małych poborach białkowych i może najszlachetniejszą drogą poszli autorowie francuscy, którzy zestawili przeciętną ilość poborów białkowych u najróżnorodniejszych ras na kuli ziemskiej, poborów zwyczajowych, instynktem ustalonych; przeciętna ta wypadła około 60 gr białka na dobę. Oczywiście, że ilość ta musi się wahać, zależnie od ogólnej wartości poborów, oraz zależnie od innych okoliczności życiowych takich, jak okres wzrostu, odnowy, zwła-

szcza po chorobach gorączkowych, ciąży i karmienia i wreszcie Last Not Least okresy dużej pracy fizycznej.

Odnowa ustroju odbywa się wciąż, albowiem ustrój ustawicznie się zużywa, rozkłada się jego białko i musi być zastąpione nowym białkiem. Tu leży właśnie powód, dla którego ustrój nie może się bez poborów białkowych obejść i dla którego minimum białkowe nie może składać się wyłącznie z ciał takich, jak ciała purynowe, cholina i inne powyżej wymienione, ale muszą w jego skład wchodzić także składniki azotowe, będące wyrazem rozkładu zużytego białka ustrojowego. Oprócz więc katabolizy białek idącej jedną z czterech powyżej wymienionych dróg mamy w ustroju do czynienia z ustawiczną syntezą białek, polegającą na budowie białka ustrojowego z kwasów aminowych, dostarczonych przez białko pokarmowe. Wiadomo, że ustrój bardzo jest czujny na tym punkcie, aby białek tych „ustrojonych“ nie utworzyło się więcej, niż to ściśle odpowiada jego konstytucji indywidualnej. Wszelki nadmiar białek, t. zn. dowóz białek ponad zapotrzebowanie zużycia białek i jego pokrycia ulega albo nagromadzeniu w postaci t. zw. białka krążącego (Voigt), albo białka zapasowego. Zapasy jednak białek nie mogą w normalnych warunkach przekraczać wąskiej stosunkowo granicy, bo nie przenoszącej paręset gramów. Właśnie metabolizm t. zw. poborowy, czyli współczynnik dynamiczny białek, o którym będzie mowa w jednym z następnych rozdziałów, jest najlepszym tego dowodem.

* * *

Dla ułatwienia obliczeń, omawianych w następujących rozdziałach, podaję na końcu tego rozdziału zestawienie wartości energetycznych dla wszystkich trzech ciał posiłkowych według A. Loewy'ego (l. c. str. 394).

1 gr ciała posiłko- wego	Zużywa O ₂ w cm ³	Wytwa- rza CO ₂ w cm ³	$\frac{CO_2}{O_2}$	Dostar- cza ciepła kal.	Współczynnik ka- loryczny	
					1 l. O ₂ dostar- cza kal.	1 l. CO ₂ dostar- cza kal.
Białka . . .	966.3	773.9	0.811	4.316	4.485	5.579
Tłuszcze .	2019.3	1427.3	0.707	9.461	4.686	6.629
Skrobja . .	828.8	828.8	1.000	4.1825	5.047	5.047

IV.

Obliczanie odsetkowego składu mieszanki metabolicznej oraz wzajemnej przemiany składników organicznych ustroju na podstawie współczynnika oddechowego i kalorycznego.

Zanim przejdziemy w następnych rozdziałach do omówienia sposobów oznaczenia ilości tlenu pobieranego przez badany ustrój względ-

nie przezeń wydalonego bezwodnika węglowego, zastanowimy się w tym rozdziale (nad wnioskami, jakie możemy wyciągnąć, znając współczynnik oddechowy i kaloryczny badanego ustroju. Współczynniki te obliczamy w sposób podany w poprzednim rozdziale z tatwością, o ile znamy wartości tlenu i bezwodnika kwasu węglowego.

Znając współczynnik oddechowy i kaloryczny, możemy obliczyć: 1) które ciała pożytkowe ulegają spalaniu (katabolizje) w czasokresie badania i w jakich odsetkach biorą udział w ogólnym metabolizmie, 2) ile kaloryj wytwarza ustrój w czasokresie badania oraz jaki ich odsetek przypada na białka, jaki na węglowodany i tłuszcze, 3) czy w czasokresie badania przychodzi do przemiany jednych organicznych składników ustroju w drugie i w jakim to się dzieje stopniu.

Doświadczenie wykazuje, że współczynnik oddechowy u człowieka w prawidłowych warunkach nie dochodzi ani do jedności w górę, ani nie spada do wartości 0.7. Benedict, Emmes, Roth i Smith znaleźli, że współczynnik oddechowy badany naczecz u osobników zdrowych wykazuje stałe wartości i tak

89 mężczyzn wykazywało przeciętnie R. Q. = 0.83
 68 kobiet " " " " = 0.81

Trzyma się on więc dosyć ściśle granicy pośredniej około 0.82. Wynika z tego, że w prawidłowych warunkach nie ulegają spalaniu w ustroju ani wyłącznie węglowodany, ani białka, ani tłuszcze, ale wszystkie te trzy ciała równocześnie. Przyjęło się powiedzenie, że w ustroju ulega spalaniu mieszanka metaboliczna. Oczywiście, że bezpośrednio po pobraniu większych ilości węglowodanów, tłuszczów czy białek skład mieszanki metabolicznej zmienia się pod ich wpływem i jeżeli ciała te ulegną odrazu katabolizje, to stwierdzimy odpowiednie przesunięcie współczynnika oddechowego, ale natomiast przy normalnem mieszanem odżywianiu lub też przy badaniu naczecz, współczynnik oddechowy będzie się trzymał wartości przeciętnej. Nie mniejszy wpływ mogą mieć zmiany patologiczne, tak n. p. gdy ustrój wydała z siebie w dużej ilości ciał acetonowych, które, jako zawierające dużo tlenu, a więc mające wysoki współczynnik oddechowy, będą wydalaly z ustroju znaczne stosunkowo ilości tlenu drogą moczu, a nie drogą płuc w postaci bezwodnika węglowego, jak to się dzieje normalnie, to w takim razie musimy stwierdzić obniżenie współczynnika oddechowego. W innym znów przypadku, gdy cukry nie będą ulegały katabolizje czy to dlatego, że ich nie będzie w poborach, czy wessanie ich w jelitach będzie upośledzone, czy dlatego, że kataboliza będzie upośledzona, czy wreszcie będą one ulegały gwałtownej zmianie na tłuszcz, wszystko będzie musiało się odbić na współczynniku oddechowym. O wpływie wśródustrojowej przemiany jednych ciał organicznych w drugie, n. p. cukru w tłuszcz i t. p. pomówimy jeszcze później.

Teraz stajemy przed pytaniem, jak ze znalezionej współczynnika oddechowego możemy obliczyć jakie ciała chemiczne ulegają w danym czasokresie katabolizje. Zakładamy przy tem, że ulegają wszystkie

trzy, w każdym razie są między niemi i białka. Zaczynamy więc od obliczenia ilości białek. Jest to o tyle ułatwione, że białka albo ulegają zatrzymaniu w ustroju, w takim razie w katabolizmie udziału nie biorą, albo, jakakolwiek inna jest przemiana, to muszą cały swój azot wydalić z ustroju. W normalnych bowiem warunkach azot ten nie ulega nigdy zatrzymaniu, czy to gdy białka ulegają spaleni, czy też nawet, gdy przechodzą w cukier albo w tłuszcz. W tym celu oznaczamy ilość azotu wydalonego z moczem w danym czasokresie. Można łatwo obliczyć, że 100 gr. białka zmetabolizowanego odpowiada 16.28 gr azotu w moczu, 152.17 gr CO₂, wydalonego przez płuca i 138.18 gr tlenu pobranego przez płuca. A zatem 1 gram azotu w moczu odpowiada 9.35 gr dwutlenku węgla i 8.45 gr tlenu. Jeżeli więc oznaczymy ilość tlenu i ilość dwutlenku węgla, którą badany człowiek wydała względnie pobiera w danym czasie i stąd obliczamy jego współczynnik oddechowcy i jeżeli wiemy, ile równocześnie on wydzielił azotu w moczu, to w takim razie wiemy, jaka część znalezionej dwutlenku węgla i tlenu przypada na katabolizę białek. Tę część odliczamy od znalezionych wartości tlenu i dwutlenku węgla a pozostałe ilości dadzą nam współczynnik oddechowcy, odpowiadający katabolizmie węglowodanów i tłuszczów w danym czasie.

Przejdźmy to obliczenie na następującym przykładzie. Stwierdzamy doświadczalnie, że badany człowiek pobiera w przeciągu 10 minut 4.700 litra tlenu i w tym samym czasie wydała przez płuca 3.525 litra bezwodnika węglowego. Współczynnik więc oddechowy:

$$RQ = \frac{3.525}{4.700} = 0.750.$$

Ten sam pacjent w tym samym czasokresie (10 minut) wydała z moczem 0.100 grama azotu: spalił więc w tym czasie 0.625 grama białka. Ponieważ na 1 gram azotu moczowego przypada dla katabolizy białek, z których ten azot pochodzi, 9.35 gr bezwodnika węglowego i 8.45 gr tlenu, więc musimy od znalezionych wartości tlenu i bezwodnika odjąć te ilości tych gazów, które odpowiadają wydalonemu z moczem azotowi. Poprzednio jednak musimy gramy zamienić na litry: $9.35 \times 0.5089 = 0.476$ litra CO₂, i $8.45 \times 0.6997 = 0.591$ litra O₂. Odejmujemy teraz te wartości od ilości pobranego przez pacjenta tlenu i wydalonego bezwodnika:

$$4.700 - 0.591 = 4.109 \text{ O}_2 \text{ i } 3.525 - 0.476 = 3.049 \text{ CO}_2.$$

Po odjęciu ilości gazów, przypadających na katabolizowane białko otrzymujemy wartości tlenu i bezwodnika węglowego, które dadzą nam już inny współczynnik oddechowcy.

$$RQ = \frac{3.049}{4.109} = 0.742.$$

Dla obliczenia, jaka ilość cukru i jaka ilość tłuszczów ulega spaleni przy znanym współczynniku oddechowym, po odjęciu wartości

przypadających na utlenianie białka postępujemy się albo gotową tabelą, albo też podanemi w tym celu wzorami.

Współczynnik oddechowy bezbiałkowy. Rozliczenie ilości tlenu przypadających na węglowodany i tłuszcze przy utlenianiu ich mieszaniny.

(Zestawił Zuntz i Schumburg; zmodyfikował Lusk)¹⁾.

R. Q.	Odsetki całej ilości zużytego tlenu		Odsetki całej ilości wytworzonego ciepła		Kalorie na 1 litr tlenu	
	Węglowodany	Tłuszcze	Węglowodany	Tłuszcze	Ilość	Logarytm
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.707 . . .	0.	100.00	0.	100.00	4.686	0.67080
0.710 . . .	1.00	99.00	1.10	98.90	4.690	0.67114
0.720 . . .	4.40	95.60	4.80	95.20	4.702	0.67228
0.730 . . .	7.80	92.20	8.40	91.60	4.714	0.67342
0.740 . . .	11.30	88.70	12.00	88.00	4.727	0.67456
0.750 . . .	14.70	85.30	15.60	84.40	4.739	0.67569
0.760 . . .	18.10	81.90	19.20	80.80	4.751	0.67682
0.770 . . .	21.50	78.50	22.80	77.20	4.764	0.67794
0.780 . . .	24.90	75.10	26.30	73.70	4.776	0.67906
0.790 . . .	28.30	71.70	29.90	70.10	4.788	0.68018
0.800 . . .	31.70	68.30	33.40	66.60	4.801	0.68129
0.810 . . .	35.20	64.80	36.90	63.10	4.813	0.68241
0.820 . . .	38.60	61.40	40.30	59.70	4.825	0.68352
0.830 . . .	42.00	58.00	43.80	56.20	4.838	0.68463
0.840 . . .	45.40	54.60	47.20	52.80	4.850	0.68573
0.850 . . .	48.80	51.20	50.70	49.30	4.862	0.68683
0.860 . . .	52.20	47.80	54.10	45.90	4.875	0.68793
0.870 . . .	55.60	44.40	57.50	42.50	4.887	0.68903
0.880 . . .	59.00	41.00	60.80	39.20	4.899	0.69012
0.890 . . .	62.50	37.50	64.20	35.80	4.911	0.69121
0.900 . . .	65.90	34.10	67.50	32.50	4.924	0.69230
0.910 . . .	69.30	30.70	70.80	29.20	4.936	0.69339
0.920 . . .	72.70	27.30	74.10	25.90	4.948	0.69447
0.930 . . .	76.10	23.90	77.40	22.60	4.961	0.69555
0.940 . . .	79.50	20.50	80.70	19.30	4.973	0.69663
0.950 . . .	82.90	17.10	84.00	16.00	4.985	0.69770
0.960 . . .	86.30	13.70	87.20	12.80	4.998	0.69877
0.970 . . .	89.80	10.20	90.40	9.60	5.010	0.69984
0.980 . . .	93.20	6.80	93.60	6.40	5.022	0.70091
0.990 . . .	96.60	3.40	96.80	3.20	5.035	0.70197
1.000 . . .	100.00	0	100.00	0	5.047	0.70303

¹⁾ Por. E. F. Du Bois: Basal Metabolism str. 39.

$$(R \cdot Q = R.)$$

Wzór dla kolumny:

$$1 \quad \% = \frac{100 R - 0.707}{0.293}$$

$$2 \quad \% = \frac{100 (1.00 - R)}{0.293}$$

$$3 \quad \% = \frac{504.7 (R - 0.707)}{5.047 (R - 0.707) + 4.686 (1.00 - R)}$$

$$4 \quad \% \pm \frac{463.6 (1.00 - R)}{5.047 (R - 0.707) + 4.686 (1.00 - R)}$$

$$5 \quad \% = \frac{4.686 + R - 0.707 \times 0.361}{0.293}$$

6 Logarytm kolumny 5.

Z tabeli tej widzimy, że przy najbliższej wartości współczynnika oddechowego naszemu współczynnikowi 11.30% całej pobranej przez pacjenta ilości tlenu (4.109 litra) przypada na utlenienie węglowodanów aż 88.70%, t. zn. cała reszta tlenu na utlenienie tłuszczów. To przeliczone na kalorie wskazuje, że 12% kaloryj wytworzonych przypada na węglowodany a 88% na tłuszcze. Z następnego wreszcie szeregu dowiadujemy się, że w tym wypadku każdy litr pobranego tlenu wytworzył w ustroju 4.727 kaloryj.

Ponieważ na cukier i tłuszcze razem wypadło u tego pacjenta 4.109 litra tlenu pobranego w ciągu 10 dni, więc mnożąc tę liczbę przez podany w tabeli współczynnik kaloryczny, otrzymamy ilość kaloryj, jaką badany ustroj wyprodukował z cukru i tłuszczów w ciągu 10 minut.

$$4.109 \times 4.727 = 19.923 \text{ kaloryj.}$$

Dzieląc to według podanych wyżej odsetek w stosunek 12:88, otrzymujemy 2.390 kal. przypadających na spalenie cukru i 17.532 kal. przypadających na spalenie tłuszczów, otrzymujemy ilość spalonego w ciągu 10 minut cukru równą 0.583 gr, dzieląc ilość kaloryj przez wartość cieplikową cukru (4.1). W ten sam sposób obliczamy, że ilość spalonego tłuszczu wynosiła 1.88 gr, przyjmując wartość kaloryczną tłuszczu równą 9.3 kal.

Badany więc pacjent zkatabolizował w ciągu 10 minut

0.625 gr białek

0.583 „ cukru

1.88 „ tłuszczów.

Przeliczając te wartości na dobę, otrzymamy 90 gramów białka, 83.95 grama cukru i 270.72 grama tłuszczów.

Obliczenia tego rodzaju odpowiadają rzeczywistości stanowi rzeczy w ustroju tylko pod pewnymi warunkami. Pierwszym z nich jest, że w czasie oznaczenia wymiany gazowej, t. zn. ilości pobranego tlenu i wydalonego bezwodnika węglowego, składniki ustroju względnie ciała pokarmowe nie ulegają wzajemnej przemianie, t. zn. że ani cukier nie

przechodzi w tłuszcz, ani tłuszcz w cukier, ani białko w cukier czy tłuszcz, czy też odwrotnie. Drugim warunkiem jest, że tak białka, cukry i tłuszcze ulegają zupełnemu spaleniu w fizjologicznych granicach, że więc ani cukier, ani ciała acetonowe, ani wogóle żaden ze składników ustroju nie ulegają wydaleniu z ustroju w ilości nie odpowiadającej normie. Zobaczymy zaraz na przykładzie, dlaczego tego rodzaju zastrzeżenia muszą być przyjęte.

Przypuśćmy, że w ustroju przychodzi do tak zwykłego fizjologicznego zjawiska, jak zmiana cukru na tłuszcz. Powstaje więc w pewnym czasokresie 100 gr tłuszczu z cukru. Powiedzmy, że tłuszczem tym jest stearynian o wzorze cząsteczkowym $C_{57}H_{110}O_8$. 100 gr takiego tłuszczu zawiera:

C	75.85 gr
H	12.35 „
O	10.78 „

100 gr cukru gronowego nie mogłoby w żaden sposób wystarczyć dla wytworzenia 100 gramów tłuszczu, ponieważ zawiera tylko 40 gramów węgla, 6.66 gramów wodoru, natomiast zawiera wielokrotnie nadmiar tlenu, bo aż 53.33. Musi więc dla powstania 100 gr stearynianu być użyta conajmniej taka ilość cukru, która zawiera tę samą ilość węgla co 100 gr tłuszczu, bo węgla właśnie cukier zawiera najmniej w porównaniu z tłuszczem.

$$\frac{76.85 \times 100}{40} = 192.12 \text{ gr}$$

Najmniejszą więc ilością cukru, w jakiej 100 gr tłuszczu powstać może, jest 192.12 gr cukru. Zawierają one

C	76.85 gr
H	12.79 „
O	102.46 „
	192.10 gr

Odliczając te wartości od wartości zawartych w 100 gr tłuszczu, otrzymujemy jako resztę nie zawartą w tym tłuszczu:

H	0.44
O	91.68

Przyjmując, że na utlenienie pozostałego wodoru zostaje zużyte 3.52 gr tlenu, z czego powstanie 3.96 gr wody, otrzymamy jeszcze jako resztę 88.16 gr tlenu, powstałego w ustroju. Ponieważ tlenu jako tlenu ustrój nie umie wydalać nazewnątrz, przynajmniej nie dotychczas o takim zjawisku niewiadomo, ponieważ dalej tlen ten powstaje in statu nascendi, należy przyjąć, że zostaje on zużyty do utlenienia i to prawdopodobnie, jak przyjmuje Magnus-Levy, na utlenienie cukru. Pozostałe tutaj ilości tlenu wystarczają do utlenienia 82.70 gr cukru. Przyczem wywiąże się 121.24 gr CO_2 i 49.62 gr H_2O .

Hipoteza, że zostaje tu spalony cukier a nie co innego, jest o tyle

prawdopodobną, że trudno przypuścić, aby ustrój tym nadmiarem tlenu spalał tłuszcz, skoro równocześnie ten tłuszcz wytwarza z cukru. Również mało prawdopodobnym byłoby, żeby tak gwałtownemu spalaniu ulegały białka, zresztą musiałyby się to objawić silną zwyżką azotu w moczu. Natomiast sam fakt, że ustrój zamienia cukier na tłuszcz świadczy, że ten cukier istnieje w ustroju w nadmiarze. A wobec tego jest zrozumiałem, że ulega także łatwo utlenieniu tlenem, powstałym w ustroju samym. Ostatecznie dla wytworzenia 100 gr tłuszczu musiał ustrój użyć nie 192.12 gr, ale $(192.12 + 82.70) = 274.82$ gr cukru. Wydajność więc ustroju przy zamianie cukru na tłuszcz wynosiłaby zaledwie 36.4%. Empiryczne wartości stwierdzone wykazują naogół przeciętną wartość tej wydajności zamiany jako 40%.

Z punktu widzenia badania wymiany gazowej, należy zwrócić uwagę na ten fakt, że powstaje tutaj aż 121.24 gr bezwodnika kwasu węglowego, dla którego powstania nie został doprowadzony tlen z zewnątrz. Nie był on, poprostu mówiąc, potrzebny, gdyż tlen zawarty w tym bezwodniku węglowym powstał w ustroju samym. Oczywiście, że bezwodnik ten zostaje z ustroju wydalony drogą płuc a badając w tym czasie wymianę gazową, znajdziemy stosunkowo wysokie wartości bezwodnika węglowego przy niskich wartościach tlenu. Tem samym i współczynnik oddechowy będzie w tym wypadku wysoki. Bleibtreu ¹⁾ znalazł w swoich doświadczeniach na tuczonych gęsiach, wartości współczynnika oddechowego dochodzące do 1.117 a nawet aż do 1.380! Krogh przyjmuje, że u ludzi współczynnik oddechowy ponad 0.9 dowodzi zawsze powstawania w ustroju tłuszczu i cukru.

Naogół należy pamiętać o zasadzie, że wysoki współczynnik oddechowy, dochodzący do jedności, spotyka się zwykle przy nadmiernych poborach, a więc przy przekarmianiu, zwłaszcza o ile takie pobory nie nastąpiły po okresie postu lub niedoboru.

Przemiana cukru w tłuszcz stwarza jeszcze pewne szczególne warunki kaloryczne, które też nie są bez znaczenia dla badania metabolizmu energetycznego. Na 100 gr tłuszczu, powstałego w ustroju, użytym zostało razem 274.82 gr cukru. Wartość kaloryczna 100 gr tłuszczów wynosi 930 kal., podczas gdy wartość cieplikowa użytego przy tem cukru wynosi 1099 kal., pozostaje więc 169 kal. nie związanych chemicznie, t. zn. takie, które ujawnią się w cieple ustroju. Tymczasem, gdybyśmy z ilości wydalonego bezwodnika węglowego, mianowicie tego, który powstał przy przemianie cukru w tłuszcz, chcieli obliczyć ilość kaloryj na podstawie współczynnika kalorycznego cukru, to otrzymalibyśmy wartość 331 kal. Ponieważ faktycznie powstałe przy tem w ustroju ciepło wynosi 169 kal. a bezwodnika węglowego wywiązuje się w ustroju i to z cukru tyle, jak gdyby w ustroju powstała niemal podwójna ilość ciepła, przeto musimy przyjąć, że połowa powstałego i wydalonego w tym czasie bezwodnika węglowego, powstałego z cukru i zamienionego na tłuszcz nie ma swojego odpowiednika kalorycznego, t. zn. po-

¹⁾ Bleibtreu: *Fettmast u. resp. Quotient*; Pflug. Archiv. 85, str. 345

wstała bez wywiązania ciepła, bez zmiany potencjału chemicznego. Takie odszczepiania cząsteczki bezwodnika bez utlenienia znane są chemji fizjologicznej także z skąd inąd. Tak n. p. rozszczepia się cząsteczka cukru gronowego przy fermentacji alkoholowej na alkohol etylowy i bezwodnik węglowy.

Należy zatem pamiętać, że podane tu dotychczas obliczenia dla każdego z ciał posiłkowych zachowują swoją ważność tylko w tym wypadku, gdy ciała te ulegają wyłącznie katabolizie a nie przemianie jednego w drugie oraz gdy żadne z nich nie ulega, jako takie, wydaleniu z ustroju, w ilości przekraczającej fizjologiczną normę. Także więc współczynnik oddechowy i współczynnik kaloryczny zachowują tylko w tym wypadku swoje znaczenie. Natomiast gdy tego rodzaju procesy zachodzą, należy wprowadzić pewne poprawki. Przychodzi to tem łatwiej, że już badając wymianę gazową i badając współczynnik oddechowy, możemy stwierdzić, że w danym przypadku zachodzi zmiana jednych ciał posiłkowych w drugie. Gdy RQ jest wysoki, a zwłaszcza gdy $RQ > 1$, wtedy możemy przyjąć, że badany ustrój zamienia cukier w tłuszcz. Zobaczymy wkrótce, że przy zamianie białek w cukier lub też tłuszczu w cukier czy glikogen, współczynnik oddechowy będzie bardzo niski, a więc i co do tego procesu możemy być zorientowani na podstawie wartości współczynnika oddechowego. Skoro zaś n. p. w przypadku wysokiego współczynnika oddechowego musimy przyjąć zamianę cukru w tłuszcz, w takim razie obliczamy najpierw współczynnik oddechowy bezbiałkowy, t. zn. odliczamy ilość tlenu i bezwodnika węglowego, które przypadają na azot wydzielony w tym czasokresie z moczem, postępujemy więc według powyżej podanego sposobu. Skoro zaś tą drogą obliczony współczynnik oddechowy, bezbiałkowy przekracza wartość jedności, w takim razie odejmujemy tę nadwyżkę bezwodnika węglowego, która powoduje to przekroczenie. Inaczej mówiąc od całej wartości znalezionego bezwodnika węglowego odejmujemy wartość znalezionego tlenu. Różnicę stąd powstałą mnożymy przez współczynnik 0.8 i w ten sposób obliczamy ilość kaloryj, jaka odpowiada bezwodnikowi węglowemu, wydalonemu w następstwie zamiany cukru w tłuszcz. W porównaniu do współczynnika kalorycznego węglowodanów (= 5.047 kal. na jeden litr bezwodnika węglowego) współczynnik = 0.8 jest sześciokrotnie mniejszy, a ta różnica odpowiada różnicy pod względem wartości kalorycznej, jaką z jednej strony przedstawia bezwodnik węglowy powstały w ustroju w następstwie katabolizy a z drugiej bezwodnik odszczepiony, powstały przy zamianie cukru w tłuszcz¹⁾.

W takim przypadku rozróżniamy także dwa rodzaje współczynnika oddechowego, t. zn. współczynnik oddechowy kataboliczny i współczynnik ogólny znaleziony empirycznie. Przez pierwszy rozumiemy wartość, odnoszącą się wyłącznie do katabolizy a przez drugi i wartość kataboliczną i tę, którą należy odnieść do przemiany jednych składników ustroju w drugie. Współczynnik kataboliczny obliczamy w powyżej po-

1) E. F. Du Bois: Basal metabolisme, l. c. str. 30.

dany sposób z empirycznie znalezionej wartości współczynnika ogólnego (Krogh).

Do pewnego stopnia odwrotne stosunki metaboliczne zachodzą przy przemianie białek w cukier, względnie w glikogen oraz przy przemianie tłuszczów w cukier. Tego rodzaju stany metaboliczne posiadają szczególne znaczenie kliniczne. Typowym przecież schorzeniem, przy którym cukier z białek lub nawet z tłuszczów powstaje, jest cukrzyca. Także w czasie postu lub nawet w czasie niedożywienia przychodzi w ustroju do powstania cukrów z nie-cukrów. Nawet gdy wartość kaloryczna poborów jest dostateczną, ale gdy pobory te nie zawierają potrzebnej ustrojowi ilości węglowodanów, ustrój jest zmuszony wytwarzać cukry z niecukrów. Wszystkie te stany odznaczają się jeszcze jedną cechą dla nich charakterystyczną: skłonnością do acetonurji¹⁾.

Jeżeli przyjmujemy, że białka przechodzą w cukier przy zupełnie prawidłowej przemianie azotu białkowego, że więc azot zostaje przeważnie wydany jako mocznik a nie jako amonjak (por. uwagę str. 111), to według podanych dotychczas zasad obliczenia, cały tlen białek zostaje wydany z ustroju już z azotem, już z siarką, już wreszcie z międzycząsteczkową wodą, tak, że ze 100 gr białek pozostaje 41.50 gr C i 3.439 gr H. Ze stosunku, jaki zachodzi przy ciężkiej cukrzycy między ilością cukru w moczu (D) a ilością azotu, obliczyli tacy autorowie jak Magnus-Levy, Falta, Lusk i inni, że najwyższa ilość cukru, jaka z białek powstać może, wynosi 59% ich wagi. Naogół też przyjmuje się, że ze 100 gr białka może powstać co najwyżej 58—60 gr cukru gronowego.

58 gr cukru gronowego będzie zawierało 23.20 C, 30.93 O, 3.86 H. Odejmując to od wartości węgla i wodoru, jakie nam pozostają ze 100 gr białek, otrzymujemy jako resztę 18.30 gr C. Natomiast ilość wodoru, zawartego w białku po wydaleniu azotu i siarki jest jeszcze o 0.421 gr za mała i musi być skądinąd doprowadzone. Cała też ilość tlenu zawarta w 58 gr cukru, wynosząca 30.93 gr musi być z zewnątrz doprowadzona.

Jeżeli cukier, powstały z białka ulega spalaniu, jak to się dzieje w prawidłowych warunkach, gdy dowóz cukru (skrobi) w pokarmach jest niedostateczny, w takim razie tlen doprowadzony i związany z węglem i wodorem białek zostaje wydany w postaci dwutlenku tak, że nie będzie to miało większego wpływu na zachowanie się współczynnika oddechowego, a także na współczynnik kaloryczny, zwłaszcza, że wartości kaloryczne białek i węglowodanów są sobie bliskie. Inaczej już przedstawia się rzecz, jeżeli powstały z białka cukier zostaje odłożony w ustroju w postaci glikogenu. Dzieje się to normalnie w tych przypadkach, gdzie zapas glikogenu został czy to przez post, czy to przez niedostateczny dowóz węglowodanów, zwłaszcza w okresie wzmoczonej pracy fizycznej, wyczerpany. Ta część białka, która zostaje po wydale-

¹⁾ A. Oszaeki: O znaczeniu fizjologicznem i klinicznem kamicy, jako zaburzenia równowagi kwasowo-zasadowej w ustroju. Odbitka z Polskiego Archiwum Medycyny Wewnętrznej, T. V. Z. III, str. 509 i n.

niu azotu (mocznika) i siarki, pozbawiona jest tlenu, więc ustrój dla przemiany węgla i wodoru białkowego w związek tak bogaty w tlen, jak cukry i skrobia zwierzęca, związek zawierający przeszło połowę swojej wagi w postaci tlenu, musi doprowadzić znaczne ilości tlenu, które zostają w ustroju i którym nie odpowiada wydalenie bezwodnika węglowego. Tem samem współczynnik oddechowy opada.

Znacznie większe praktyczne znaczenie ma sprawa przemiany białek w cukier w przypadku, gdy cukier ten zostaje wydany z ustroju. Jeżeli w normalnych warunkach ulega 100 gr białka spalaniu, to potrzebne jest do tego pobranie 138.18 gr tlenu i uwalnia się przytem, czyli zostaje wydalone 152.17 gr dwutlenku węgla. Odpowiada temu normalny białkowy współczynnik oddechowy. Przyjmijmy teraz, że ustrój z tych 100 gr białka wytwarza największą ilość cukru i wydała ten cukier z moczem. W takim razie znajdziemy w moczu typowy stosunek cukru gronowego do azotu:

$$D : N = 3.65.$$

Na każdy więc gram azotu moczowego będzie przypadowało 3.65 gr cukru. Ponieważ 100 gr białka zawiera 16.25 gr azotu, więc ilość cukru wydzielonego w tym przypadku z moczem $16.25 \times 3.65 = 59.41$ gr. Tyle więc cukru zostało wytworzone ze 100 gr białek i wydanych z moczem.

Badając zmianę gazową u takiego chorego, znajdziemy ilość pobranego tlenu mniejszą od tej, którąbyśmy stwierdzili, gdyby białko w całości uległo spalaniu (138.18 gr O_2), mianowicie mniejszą o 63.38 gr, bo tyle musiałby ustrój pobrać, gdyby miał spalić węgiel zawarty we wydanych cukrze. Również ilość faktycznie wydalonego CO_2 będzie o 87.15 gr mniejszą od ilości, którąbyśmy znaleźli przy całkowitem spalaniu 100 gr białek (152.17 gr CO_2).

$$\begin{aligned} 138.18 - 63.38 &= 74.80 \text{ gr } O_2 \\ 152.17 - 87.15 &= 65.02 \text{ „ } CO_2. \end{aligned}$$

Mnożąc gramy tlenu i bezwodnika przez współczynniki podane powyżej, otrzymujemy wartości w litrach a stąd współczynnik oddechowy $R. Q. = 0.632$. Będzie to współczynnik oddechowy, jaki powinniśmy znaleźć przy ciężkiej cukrzycy, przy której ustrój wytwarza z białek najwyższe ilości cukru. W rzeczywistości ten współczynnik oddechowy nawet przy bardzo ciężkim przebiegu cukrzycy jest cokolwiek wyższy a to z tego powodu, że diabetyk większą część swojego zapotrzebowania energetycznego pokrywa nie białkami, ale tłuszczami, których współczynnik oddechowy jest wyższy. Ale i kataboliza tłuszczów w tym przypadku ulega zaburzeniu, polegającemu na wydalaniu z ustroju ciał acetonowych. Magnus-Levy¹⁾ 2) oblicza, że ze 100 gr tłuszczu może powstać co najwyżej 36 gr kwasu beta-oksymasłowego, względnie 35 gr kwasu aceto-octowego. Przy takim wytwarzaniu ciał acetonowych współczynnik oddechowy tłuszczów spada ze 0.707 do 0.669. Zniżka ta

1) Magnus-Levy: Spez. Path. u. Therap. inn. Krank. u. Brugsch, Berlin 1918, 1, 80.

2) E. P. Joslin: The treatment of Diabetes mellitus, London H. Kimpton 1924, str. 305.

jednak może być łatwo maskowana przez wydalenie kwasu węglowego, wydalanego z ustroju z dwuwęglanu sodowego, podawanego dla leczenia kwasicy. Lusk obliczył, że w tym przypadku 15.23 gr dwuwęglanu sodowego może znów podwyższyć współczynnik oddechowy do wartości 0.715¹⁾.

Obliczenie zmian w współczynniku oddechowym, spowodowanych już to przez same pobory bezwęglowodanowe (białkowo-tłuszczowe), już to przez wydalenie cukru i kwasów acetonowych, można również przeprowadzić za przykładem Magnus-Levy'ego²⁾, należy tylko zmodyfikować niektóre jego dane, dzisiaj już przestarzałe. Po przeliczeniu otrzymujemy następujące wartości współczynnika oddechowego:

100 gr białka po wy-			
dalaniu całego azo-			
tu zawiera	41.50 gr C,	3.439 gr H,	0.0 gr O
60 gr cukru grono-			
wego zawiera . . .	24.00 gr C,	4.000 gr H,	32.0 gr O

Różnica: + 17.50 gr C, — 0.561 gr H, — 32.0 gr O

Współczynnik oddechowy przy diecie bezwęglowodanowej, przy wydaleniu 60 gr cukru i 20 gr kwasu beta-oksymasłowego przedstawiałyby się następująco:

Pobory	Pobra- nie tlenu w li- trach	Wydale- nie CO ₂ w litrach	R. Q.	Ilość wytwo- rzonych kaloryj	Cukier i ciała aceto- nowe w moczu
I.					
100 gr białka . .	96.68	77.44		410.0	
250 „ tłuszczu .	520.27	356.56		2325.0	
razem . .	616.95	434.00	0.772	2735.0	a) bez wy- dalania
II.					
przy wydaleniu 60 gr cukru . .	— 44.35	— 44.35		— 221.5 ³⁾	
razem . .	572.60	389.65	0.680	2513.5	b) wyd. 60 gr cukru
III.					
przy wydaleniu jeszcze 20 gr kwasu beta- oksymasłowe- go	— 16.15	— 17.20		— 93.86 ⁴⁾	
razem . .	556.45	372.45	0.668	2419.6	c) wydal. 60 gr cukru i 20 gr kwasu beta - oksy- masłowego

¹⁾ E. F. Du Bois, l. c. str. 256.

²⁾ Magnus-Levy: Zeitschr. f. Klin. Med. 1905, Bd. 56, ss.

³⁾ Licząc po 3.692 kal. na 1 gr cukru.

⁴⁾ Licząc po 4.69 kal. na 1 gr kwasu beta-oksymasłowego.

Gdy w ustroju powstają ciała o wyższym współczynniku oddechowym z ciał posiadających niższy R. Q. oraz gdy te nowopowstałe ciała ulegają wydaleni z ustroju w postaci nieskatabolizowanej, — to zawsze wtedy ogólny współczynnik oddechowy całego ustroju musi opadać; można to przyjąć jako jedną z zasad metabolicznych, mających ważne znaczenie rozpoznawcze. Tak się dzieje, gdy wydaleni ulega cukier (R. Q. = 1.00), kwas beta-oksymasłowy (R. Q. = 0.89), kwas aceto-octowy (R. Q. = 1.00), wreszcie aceton (R. Q. = 0.75).

Zbyt wysokie lub zbyt niskie wartości współczynnika oddechowego dowodzą najczęściej niekorzystnych warunków odżywiania w kierunku nadmiaru lub niedoboru, bez względu na to, czy nadmiar ten lub niedobór leży w samych poborach i dotyczy ustroju zdrowego czy też ustrój sam ma nieprawidłowy metabolizm, a pobory jakkolwiek fizjologiczne są dlań nieodpowiednie. Tak n. p. gdy odsetkowy skład poborów pod względem zawartości ciał pożytkowych nie odpowiada chwilowym wymogom ustroju, musi przyjść albo do zmiany chemicznego składu ustroju, albo do skatabolizowania ciał pożytkowych pobranych w nadmiarze a do wytworzenia w ustroju ciał, pobranych w niedostatecznej ilości. Wszystkie te przemiany muszą się odbić na współczynniku oddechowym, który będzie wyrazem niejako algebraicznej ich sumy. Była już mowa o tem, że wysoki współczynnik oddechowy (R. Q. > 0.9) powstaje niemal wyłącznie wtedy, gdy pobory są nadmierne, zwłaszcza węglowodanowe, gdy ustrój jest nimi przesycony i musi cukier zamieniać w tłuszcz. Może się jednak zdarzyć taki przypadek, że ustrój nie będzie miał zdolności zatrzymywania tego tłuszczu w podściółce. Wtedy albo będzie musiał równoległe z powstawaniem tłuszczów z cukru spalać ten tłuszcz, przez co współczynnik oddechowy będzie oczywiście niższy, niż przy zatrzymywaniu tłuszczu w podściółce, albo magazyny tłuszczowe w podściółce nasycają się tłuszczem tak szybko i tak się niejako przeciwstawiają przyjmowaniu tłuszczu, że zamiana cukru w tłuszcz musi ulec zahamowaniu. W tym przypadku do pomyślenia są tylko dwie ewentualności: albo cukier ulega przeciwieństwu spalaniu, wtedy współczynnik oddechowy, jakkolwiek niższy, niż przy zamianie cukru w tłuszcz, jednak utrzymuje się w pobliżu wartości 0.9, albo też cukier zostaje wydalony z ustroju z moczem. Oczywiście przyjąwszy, że zapasy glikogenu są już zrobione, albo że odkładanie glikogenu uległo zaburzeniu.

Naodwrot znów niski współczynnik oddechowy niższy, niż przy spalaniu przeważnie tłuszczów lub białek spotykamy przy zamianie ich w cukier, o ile ten ostatni nie ulega spalaniu, ale zamagazynowaniu w postaci glikogenu lub też wydaleni z moczem.

Wspomnieliśmy powyżej o tem, że według Krogh'a należy odróżnić w empirycznie znalezionym współczynniku oddechowym jego część kataboliczną od części odpowiadającej przemianie jednych ciał w drugie. Dotyczy to właściwie tylko skrajnie wysokich lub skrajnie niskich jego wartości. W pierwszym przypadku wartość kataboliczna może dochodzić co najwyżej do 0.95 tak, że nadwyżka tej wartości może się

odnosić wyłącznie do przemiany cukru w tłuszcz. Odbywa się to, jak już wiemy, ze stratą energii i wskutek tego przychodzi w tych przypadkach do pewnej zwyżki ogólnego metabolizmu. Należy więc zawsze przy ocenie ogólnej ilości kaloryj, wytwarzanej przez ustrój, także współczynnik oddechowy brać pod uwagę. Jeżeli zaś w ustroju tłuszcze znajdują się w nadmiarze w stosunku do węglowodanów tak, że węglowodany powstają z tłuszczów, to empiryczna wartość R. Q. dochodzi wtedy według Krogh'a do 0.71, ale kataboliczna wartość współczynnika będzie wyższa i dochodzi do 0.74. Procesowi temu towarzyszy też mierna zwyżka metabolizmu z powodu straty energii. Wyciąga z tego Krogh wniosek, że nie tylko węglowodany są potrzebne do utlenienia tłuszczów (jak to przyjmuje Shaffer) ale i tłuszcze do utlenienia cukru.

W warunkach prawidłowych postać wewnętrzna ustroju wyraża się pewną normą zawartości cukru i tłuszczów, pewnym wzajemnym ich ilościowym ustosunkowaniem. Ze zachowania się współczynnika oddechowego należy wnosić, że równowaga tego ustosunkowania opiera się na wzajemnym dynamicznym potencjale metabolicznym węglowodanów i tłuszczów. W razie nadmiernego nagromadzenia się jednego z nich prąd metaboliczny posuwa się w kierunku zamiany w związek mniej naładowany w ustroju. Zresztą odgrywają tu jeszcze ważną rolę inne czynniki, jak odruch łaknienia, praca fizyczna i t. d. Zaburzenia w spalaniu węglowodanów przy braku tłuszczów, czy naodwrot przy spalaniu tłuszczów przy braku węglowodanów, to już tylko dalsze następstwo odchyłeń od endogenicznej normy, dotyczącej zawartości każdego z tych ciał w ustroju. Może ona ulec zaburzeniu nie tylko z powodów egzogenicznych, a więc nieodpowiednich poborów, ale także jako następstwo schorzenia, n. p. cukrzycy, konstytucyjnego tycia, lipodystrophia progressiva¹⁾.

V.

O powietrzu pęcherzykowem, warunkach jego badania w płucach, jego składzie chemicznym oraz o stosunku tego ostatniego do krążenia tlenu i bezwodnika węglowego w ustroju.

Dążąc do oznaczenia tlenu, pobranego przez ustrój i bezwodnika przezeń wydalonego, należy się zapoznać z miejscowymi warunkami wymiany gazów w płucach, chociażby dlatego, że niezajomość ich może być źródłem grubych pomyłek przy doświadczeniach oraz przy obliczeniach. O zasadach, dotyczących zachowania się badanego w czasie oznaczenia wymiany gazowej będzie mowa w następnym rozdziale. Będzie tam chodziło przede wszystkim o utrzymanie całego stosunku między powietrzem pęcherzykowem a t. zw. martwą przestrzenią. Tutaj zapoznany się z obu temi pojęciami.

Płucna wymiana gazów odbywa się w oskrzelkach drobnych (bronchioli terminales) i ich rozgałęzieniach. W. S. Müller odróżnia wśród

¹⁾ E. F. Joslin, l. c. str. 256, cyt. Krogh i Linhard: Bioch. Journal 1920, v. 14, 290.

nich następujące odcinki: 1) Bronchioli, 2) Bronchioli respiratorii, 3) Ductuli alveolares, 4) Atria, 5) Sacculi alveolares, 6) Alveoli pulmonis. Oskrzelki (bronchioli) są końcowymi częściami rozgałęzień oskrzelowych i stąd są zaopatrzone jeszcze w ściany gładkie. Przechodzą one w dwa lub więcej „bronchioli respiratorii“, które stanowią pierwszą część właściwego układu wymiany gazów między krwią a płucami. Te ściany są już pokryte pęcherzykami. Bronchioli respiratorii przechodzą w ductuli alveolares, które również są zaopatrzone w wielką ilość pęcherzyków. Jest to ostatni, licząc od góry, odcinek zaopatrzonej jeszcze we włókna mięsne, podobnie jak oskrzele. Włókna te skupiają się w miejscu przejścia w ductuli w atria w rodzaj zwieracza, który, mogąc już to kurczyć, już to rozciągać się, może też znacznie zmieniać ilość powietrza dopływającego i wychodzącego z tych odcinków a tem samym może w znacznym stopniu zmieniać wielkość wymiany gazowej. Atria, zaopatrzone również pęcherzykami, służą do mieszania się gazów wdechowych i wydechowych. Przechodzą one już bezpośrednio we właściwe elementy oddechowe, t. zn. „sacculi alveolares“ z ich licznymi pęcherzykami. Całą tę część układu oddechowego, od oskrzelków począwszy, pokrytą pęcherzykami można uważać za jeden układ gruczołowy, pokryty jednowarstwowym nabłonkiem. Ponieważ rozgałęzienia naczyń włosowatych, otaczających ten „gruczoł“ są bardzo obfite, więc wymiana gazów między krwią a powietrzem odbywa się na ogromnej przestrzeni obliczonej przez Zuntza na 90 m^3 ! Zwłaszcza każdy z pęcherzyków pokryty jest siecią nacyniową, połączoną ze sieciami pęcherzyków sąsiednich. Umięśnienie wyższych odcinków, a zwłaszcza zwieracz reguluje według Keith'a nie tylko dopływ i odpływ powietrza, ale zmniejszając lub zwiększając tem samym ujemne ciśnienie wdechowe, względnie dodatnie wydechowe w lejkach (infundibula) mogą tem samym rozszerzać lub zwężać światło łożyska włosowatego otaczającego pęcherzyki.

Niektórzy autorowie uważają na podstawie własnych doświadczeń, że taka zmiana światła w czasie wdechu i wydechu zachodzi w całym pniu oskrzelowym aż do wielkich oskrzeli i tchawicy włącznie. Upewnienie się co do tego zjawiska miałoby pierwszorzędne znaczenie ze względu na ściśle oznaczenie pojemności t. zw. martwej przestrzeni („dead-space“). Nazwą tą obejmujemy słup powietrza, zaczynając od bronchioli terminales a kończąc na wargach. Jakkolwiek anatomicznie da ona się ściśle ograniczyć, to jednak fizjologiczna jej wielkość nie została zgodnie dotychczas określona. Już sam fakt, że nie wszyscy autorowie są zgodni co do zmiany światła w oskrzelach w czasie wdechu i wydechu świadczy o tem najlepiej. Pewnym jest tylko, że objętość jej jest zmienna i to nie tylko zależnie od ruchów oddechowych, ale także od zachowania się badanego, a przedewszystkiem zachowania się jego umięśnienia oskrzelowego. Douglas obliczał ją w czasie spokoju w łóżku na 160 cm^3 a po kilku kilometrach przechadzki aż na 622 cm^3 ! Cała szkoła Haldane'a, do której Douglas należy, przyjmuje znaczne zmiany w wielkości i martwej przestrzeni i stoi w tym kierunku na przeciwnym stanowisku niż Krogh i Lindhard i inni. Niemniej jednak można

przyjąć, że przeciętna wartość martwej przestrzeni w tych samych warunkach zachowania się badanego jest wartością przeciętnie stałą i wynosi w czasie spoczynku 140 cm³. Tak przynajmniej przyjmuje większość autorów ¹⁾.

Nazwa przestrzeni martwej pochodzi stąd, że jest ona z punktu widzenia wymiany gazów nieczynną. Jeżeli staniemy na stanowisku badającego ilość pobranego tlenu i wydalonego bezwodnika, to zrozumiemy łatwo, że dla niego zagadnienie ilościowego stosunku powietrza, ulegającego wymianie gazowej a nie ulegającego jej, t. zn. zawartego w martwej przestrzeni, ma pierwszorzędne znaczenie. Nie znając dokładnie tych wartości jest on w tej sytuacji, jak ktoś, co ma oznaczyć ilość gazu zawartego w pewnej mieszaninie, zna jej skład odsetkowy, ale nie zna jej objętości. Oczywiście, że przeprowadzenie oznaczeń zawsze w tych samych warunkach zachowania się pacjenta ujednostajnia w znacznym stopniu warunki badania. Zobaczymy później, że przyrządy, służące do oznaczenia wymiany gazowej powiększają jeszcze tą martwą przestrzeń a to przez dodanie rur łączących jamę ustną z przyrządem. Dlatego też ideałem tych przyrządów jest, aby połączenia te były możliwie krótkie. Zresztą światło ich jest niezmienne, co zawsze stwarza korzystniejsze warunki, niż zmienne światło oskrzeli.

Umięśnienie oskrzeli, a więc i zmiany ich światła regulowane są przez nerwy błędne i współczulne. Wykazano, że mięśnie te kurczą się pod wpływem pilokarpiny a rozszerzają po atropinie. Natomiast w czasie uśpienia eterowego i chloroformowego nerw błędny zachowuje się w tym kierunku odwrotnie, jego drażnienie powoduje zwiotczenie mięśni zamiast skurczu oskrzeli. Drażnienie nerwów współczulnych, zaopatrujących oskrzele a wychodzących z I—III odcinków piersiowych sznura współczulnego, powoduje rozszerzenie oskrzeli. Stwierdzono, że asphyxia powoduje silny skurcz oskrzeli.

Regulowanie całego oddychania za pośrednictwem pni nerwowych odbywa się pod naczelną kontrolą ośrodka oddechowego, leżącego w górnej części ala cinerea, w sąsiedztwie środkowej granicy corpus restiforme. On też reguluje czynności mięśni oddechowych szkieletowych oraz przepony.

W normalnych warunkach główna część czynności oddechowej przypada na podstawowe części płuc, zwłaszcza zaś leżące bezpośrednio na przeponie i przylegające do dolnych części klatki piersiowej. Natomiast inne części płuc, jakkolwiek wciąż biorą udział w oddychaniu, jednak służą raczej jako część zapasowa. Dolne części płuc są też poruszane innym mechanizmem, bo przeponą, podczas gdy w poruszaniu się górnej części główną rolę odgrywają żebra. Według Haldane'a i jego współpracowników oddychanie w pozycji stojącej jest znacznie wydawniejsze, aniżeli w pozycji leżącej.

* * *

¹⁾ Szczegóły te są czerpane częściowo z książki: J. C. Meakins, H. Whitridge Davies: Respiratory function in disease, Edinburgh, Tweeddale Court 1925.

Niekiedy koniecznym jest dla klinicysty oznaczenie składu powietrza pęcherzykowego. Szczególnie, gdy chodzi o obliczenie ciśnienia częściowego, pod jakim znajduje się tlen lub bezwodnik węglowy we krwi. Skład odsetkowy powietrza pęcherzykowego może nam w takich wypadkach służyć za manometr, zapomocą którego możemy bezpośrednio to ciśnienie obliczyć. Także przy oznaczeniu całej wymiany gazowej dla celów ściśle metabolicznych koniecznym jest niekiedy skontrolowanie, czy wymiana gazów we krwi i płucach a tem samem we krwi i innych tkankach ustroju odbywa się prawidłowo.

Najwięcej używany sposób podany został przez współpracowników Haldane'a, mianowicie Priestley'a i Douglasa¹⁾. Używa się do tego celu rury gumowej, dłuższej na mniej więcej 1 m 20 cm, o świetle $2\frac{1}{2}$ do 3 cm. Jeden koniec tej rury umieszcza sobie badany między wargami bezpośrednio lub zapomocą ustnika, a drugi pozostaje wolny. W odległości paru cm od warg znajduje się otwór w ścianie rury, w który umieszcza się koniec t. zw. biurety gazowej, której rysunek podajemy niżej przy opisie przyrządu Haldane'a, używanego do oznaczenia ilości tlenu i bezwodnika węglowego w powietrzu. Biuretę tę wypełnia się poprzednio rtęcią i wypróżnia, oczywiście przy zamkniętym górnym kurku tak, aby przedstawiała próżnię, t. zn. po wypłynięciu rtęci zamykamy także kurek dolny. Górny koniec tej biurety, leżący ponad górnym kurkiem, umieszczamy w owym otworze, znajdującym się w rurze. Badany znajduje się najlepiej w pozycji siedzącej, podczas gdy rura leży na stole. Oddycha on wygodnie przez parę minut przy zupełnie normalnem tempie i bynajmniej nie nasilonych wdechach i wydechach; przeciwnie powinien oddechać zupełnie normalnie. Po jednym z takich normalnych wdechów powinien on nagle szybko i głęboko wycisnąć powietrze przez ustnik do rury a przy końcu takiego wydechu zamknąć ustnik językiem. Badający zaś z chwilą, gdy badany zaczyna wyciskać powietrze do rury, otwiera szybko górny kurek biurety gazowej tak, że wyciskane powietrze ze świstem ją wypełnia.

Oznaczenie odsetkowego składu powietrza oddechowego odbywa się zapomocą przyrządu Haldane'a, którego opis podajemy w następnym rozdziale. Narazie zatrzymamy się nad znaczeniem składu powietrza pęcherzykowego dla krążenia tlenu i bezwodnika w ustroju a tem samem dla spraw utleniania, a więc i dla całego metabolizmu.

* * *

Tlen, przechodząc z powietrza wdechanego do miejsca swego ostatecznego przeznaczenia, t. j. do komórki ustrojowej, w której przychodzi do utlenienia i katabolizy, musi przejść cztery niejako stacje przejściowe (fazy). Pierwszą z nich jest błona pęcherzyków, przez którą tlen przechodzi do krwi, drugą jest przeniesienie tlenu od pęcherzyka do miejsca przeznaczenia drogą krwi, trzecią przejście z krążenia do tkanki, względnie komórki, czwartą wreszcie pobranie tlenu w komórce samej.

¹⁾ C. D. Douglas i J. G. Priestley: Human Physiology, Oxford, at the Clarendon Press 1924, str. 28.

Przejście tlenu przez błonę pęcherzyka zależy w pewnej przynajmniej mierze od różnicy ciśnień częściowych tlenu, a więc ciśnienia częściowego tlenu w pęcherzyku i tegoż ciśnienia we krwi, t. zn. po drugiej stronie pęcherzyka. Ciśnienie częściowe tlenu wyraża się odsetką zawartości tlenu w mieszaninie gazów w tym wypadku w powietrzu oraz ciśnieniem całkowitem pod jakim to powietrze się znajduje. Należy pamiętać, że jeżeli w pewnej przestrzeni znajduje się kilka różnych gazów, to każdy z tych gazów przenika całą przestrzeń, a ciśnienie każdego z nich z osobna jest tak duże, jak gdyby było, gdyby innych gazów nie było w tej przestrzeni wcale. Ponieważ zaś każdy gaz, stanowiący część mieszaniny zawiera swoje ciśnienie niezależnie od innych, więc ciśnienie całej mieszaniny jest równe sumie częściowej ciśnień każdego z gazów. W powietrzu zawartem w pęcherzykach panuje ciśnienie ogólne, takie same, jak w atmosferze, t. zn. przeciętnie 761 mm Hg. Powietrze to jest w pęcherzykach nasycone parą wodną, której ciśnienie w temperaturze 37° C obliczono na 47 mm Hg. Ciśnienie zatem wszystkich innych gazów będzie równe $761 - 47 = 714$ mm Hg.

Jeżeli przyjmiemy, że w danym przypadku skład powietrza pęcherzykowego jest przeciętnie normalny, to w takim razie analiza wykazuje:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 5.55\% \\ \text{O}_2 &= 14.08\% \\ \text{N}_2 &= 80.37\% \end{aligned}$$

Ciśnienie częściowe bezwodnika i tlenu będzie stanowiło taką część ciśnienia 714 mm Hg., jaką część odsetkową objętości powietrza pęcherzykowego będzie stanowił dany gaz. Jeżeli zatem bezwodnik węglowy stanowi 5.55% całej mieszaniny gazów zawartych w powietrzu pęcherzykowym, to jego ciśnienie częściowe obliczamy z proporcji

$$5.55 : 100 = x : 714$$

a stąd:

$$x = 714 \times \frac{5.55}{100} = 39.6 \text{ mm Hg.}$$

W ten sam sposób obliczamy, że ciśnienie częściowe tlenu = 100.5 mm Hg.

Porównajmy teraz ciśnienie częściowe tych samych gazów z ciśnieniami ich w powietrzu otaczającym, a więc w powietrzu wdychanym. Zawiera ono przeciętnie:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 0.03\% \\ \text{O}_2 &= 20.93\% \\ \text{N}_2 &= 79.04\% \end{aligned}$$

Dla celów metabolicznych nie uwzględnia się innych jeszcze składników powietrza, przedewszystkiem t. zw. gazów szlachetnych, stanowiących około 1% objętości. Tutaj należą: krypton, argon, neon i heljum. Także amonjak znajduje się w powietrzu, chociaż w minimalnych ilościach. Nie jest wykluczone, że gazy szlachetne odgrywają jakąś rolę w metabolizmie, ale nie zebrano dotychczas materiału doświadczalnego w tym kierunku.

Ciśnienie częściowe gazów oblicza się oczywiście w ten sam sposób w powietrzu wdechowem, co pęcherzykowem. Ciśnienie bezwodnika jest tutaj minimalne, bo wynosi 0.2 mm Hg. a ciśnienie tlenu = 149 mm Hg.

Chcąc obliczyć różnicę między ciśnieniem częściowym tlenu i bezwodnika w powietrzu wdechanem a ich ciśnieniem w powietrzu pęcherzykowem, czyli chcąc obliczyć ciśnienie, pod którym odbyła się wymiana tlenu i bezwodnika między pęcherzykami a krwią, nie możemy bezpośrednio odjąć wartości ciśnienia powietrza pęcherzykowego od wartości ciśnienia wdechanego dlatego, że zaszyły tutaj pewne zmiany objętościowe powietrza. Jeżeli bowiem porównamy odsetek azotu, to widzimy, że jest on stosunkowo większy w powietrzu pęcherzykowem, aniżeli w powietrzu wdechowem. Krew ustroju jest stale nasycona azotem, a zatem znajduje się w równowadze z azotem powietrza wdechanego i azot nie przechodzi ani z pęcherzyków do krwi, ani z krwi do pęcherzyków. Dlatego też zmianę w odsetkowej zawartości azotu należy przypisać nie przejściu jego z krwi do powietrza pęcherzykowego, ale zmianie objętości powietrza wdechanego w płuca. Ze stosunku zawartości azotu wynika, że 100 objętości powietrza pęcherzykowego odpowiada nie 100 objętościom powietrza wdechanego, ale 101.7 objętości powietrza wdechowego. Liczbę tę otrzymujemy ze zestawienia odsetkowej zawartości azotu w obu powietrzach. Otrzymujemy wtedy, że 100 objętości powietrza pęcherzykowego = $100 \times \frac{80.37}{79.04} = 101.7$ objętości powietrza wdechowego.

Ta różnica objętości jest sumą zmian spowodowanych nasyceniem parą wodną w pęcherzykach oraz różnicą ciepłoty w płucach a w powietrzu otaczającym¹⁾.

Mając obliczyć różnicę ciśnień w obu powietrzach, musimy porównać odsetki tlenu i bezwodnika powietrza pęcherzykowego z temi ilościami tlenu i bezwodnika, które są zawarte w 101.7 objętościach powietrza wdechowego. Ponieważ

$$20.93 \times \frac{80.37}{79.04} = 21.28\%$$

więc różnica w odsetkowej zawartości powietrza wdechowego a pęcherzykowego będzie = $21.28 - 14.08 = 7.20$.

Przeliczając to na ciśnienia, otrzymujemy różnicę ciśnień

$$155.1 - 100.5 = 54.6.$$

Zatem tlen przechodzi do krwi pod cząstkowym ciśnieniem = 155.1 mm Hg tak długo, aż jego ciśnienie częściowe zmalało do 100.5 mm Hg, czyli, że różnica ciśnień między powietrzem wdechowem a pęcherzykowem = 54.6 mm Hg. Stąd wniosek, że tlen we krwi znajduje się pod ciśnieniem 100.5 mm Hg.

Zawartość bezwodnika węglowego w powietrzu wdechowem, a więc jego ciśnienie częściowe jest tak nieznaczne, że można je przyjąć jako

¹⁾ C. G. Douglas i J. G. Priestley, l. c. str. 29.

= 0 i obliczać różnicę ciśnień, biorąc wprost wartość ciśnienia bezwodnika w powietrzu pęcherzykowym (= 39.6 mm Hg).

Takby się przedstawiały warunki fizyczne przechodzenia tlenu i bezwodnika z pęcherzyków do krwi i z krwi do pęcherzyków. Jest bardzo prawdopodobnym, że różnica ciśnień nie jest jedynym czynnikiem, regulującym tę wymianę. Dla zagadnienia tego nader cenne są doświadczenia nad wymianą gazów przy niskich ciśnieniach tlenu w powietrzu wdechowym, tak u. p. Douglas, Haldane, Hendersohn i Schneider w swoich znanych doświadczeniach nad t. zw. chorobą górską znaleźli, że na wysokości ponad 4000 m ciśnienie częściowe tlenu we krwi tętnicy płucnej było wyższe, aniżeli w powietrzu pęcherzykowym. Fakt ten, że stanowiska czysto fizykalnego paradoksalny, świadczyłyby, że przynajmniej w pewnych szczególnych warunkach tlen zostaje pobrany w płucach przez krew dzięki nie różnicy ciśnień, ale jakiemś biologicznemu procesowi wydzielniczemu, przeprowadzającemu tlen z pęcherzyków do krwi. Jednakże Barcroft i jego współpracownicy nie mogli potwierdzić tych wyników¹⁾.

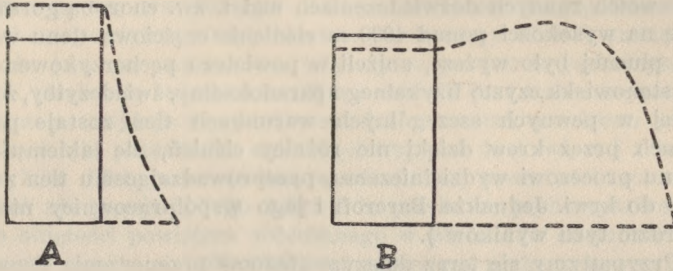
Przypatrmy się teraz dalszym „fazom“ przenoszenia tlenu i bezwodnika węglowego, czyli ich krążeniu między płucami a innymi tkankami. We krwi znajduje się tlen w dwóch fazach, równoważących się nawzajem, t j. w fazie fizykalnego nasycenia krwi całej jako płynu tlenem oraz we fazie chemicznego związania tlenu z żelazem barwika krwi w stosunku dwóch atomów żelaza na jeden atom tlenu. Niewiadomo, czy pierwotnym jest tutaj nasycenie krwi tlenem a wtórnym związanie z barwikiem krwi czy odwrotnie. Jakkolwiek jednak tlen fizykalnie nasycający krew stanowi zaledwie 2% ogólnej jego zawartości we krwi, to nie mniej ma on pierwszorzędne znaczenie jako czynnik przechodzenia tlenu z krwi do tkanek.

Cała zawartość tlenu we krwi wynosi prawidłowo 18.5%, oczywiście, o ile zawartość barwika krwi jest prawidłowa. Ale sama ona nie stanowi wyłącznego czynnika, albowiem związanie barwika z tlenem zależy od obecności soli w czerwonych ciałkach, od koncentracji jonów wodorowych oraz od koncentracji bezwodnika węglowego we krwi. Także i ciśnienie częściowe tlenu w powietrzu wdechowym nie jest bez znaczenia. Stwierdzono, że na znacznych wysokościach, przy niskim ciśnieniu częściowym tlenu, krew zawiera go mniej, niż przy normalnym ciśnieniu barometrycznym. Dopiero przy dłuższym pobycie w górach nasycenie krwi tlenem powraca do normy, co również jest dowodem, że samo ciśnienie częściowe tlenu nie decyduje o jego zawartości we krwi.

Jasnym jest, że niewydajność układu oddechowego i krążenia mogą i wywołują daleko idące zaburzenia w nasyceniu krwi tlenem, zwłaszcza przy większym jego zapotrzebowaniu. Briggs twierdzi, że ludzie zdrowi w czasie pracy mięśniowej nie muszą zwiększać ilości powietrza wdechanego, odwrotnie zaś rzecz się ma w przypadku niewy-

1) Barcroft et al. Journ. of Physiol. LIII, 1920, str. 450.

dolności krążenia¹⁾. Jako wskaźnik kliniczny może wchodzić tu w rachubę nie tylko ilość powietrza (tlen), jaka musi być doprowadzona do płuc w stosunku do ilości pracy mięśniowej, ale i czas, w którym to wyrównanie wzmożonego zapotrzebowania tlenu odbywa się. Stwierdzono, że przy niedomodze krążenia zużycie tlenu w czasie pracy może być nawet zmniejszone, natomiast wzrasta ono znacznie po pracy i jest co do bezwzględnej ilości większe, aniżeli u człowieka normalnego. Stosunki te widzimy uwidocznione na rysunku²⁾:



Ryc. 1.

Zużycie tlenu w czasie spoczynku i w czasie pracy mięśniowej u człowieka z krążeniem wylodnym (A) i niewylodnym (B). Linja ciągła oznacza zużycie spoczynkowe; linja przerywana — wysiłkowe.

Następna faza, czyli przejście tlenu z krwi do tkanek zależy w znacznej mierze od ciśnienia bezwodnika w tkankach. Jest ono tam wysokie, wyższe, niż we krwi i w powietrzu pęcherzykowym i wskutek tego wywołuje wzmożone odszczepienie tlenu od barwika krwi, czyli, jak się to mówi, krzywa dysocjacji tlenu i barwika wzrasta. W ten sposób wrasta też ciśnienie tlenu rozpuszczonego fizykalnie we krwi tak, że przechodzi on do tkanek. Ale i tutaj nie wiadomo, czy przechodzenie to odbywa się wyłącznie na podstawie różnicy ciśnień. W każdym razie doniosłe znaczenie „hormonalne“ bezwodnika węglowego dla przechodzenia tlenu z krwi do tkanek nie ulega wątpliwości. Analogiczną rolę, chociaż w odwrotnym kierunku spełnia bezwodnik przy wymianie gazów w płucach. Tam przechodzi on z krwi do pęcherzyków i tem samem obniża współczynnik dysocjacji tlenu i barwika krwi i w ten sposób ułatwia łączenie się barwika z tlenem a tem samem przechodzenie tlenu z pęcherzyków do krwi.

Bardzo doniosłe znaczenie teoretyczne i praktyczne ma zagadnienie, czy ilość tlenu pobranego i użytego przez ustrój do katabolizmu da się zwiększyć lub zmniejszyć przez odpowiednie regulowanie ciśnienia częściowego tlenu w płucach. Chodzi więc o to, czy wielkość metabolizmu energetycznego da się w ten sposób zmienić. Zagadnienie to daje się rozłożyć na dwa: 1) czy przez podniesienie ciśnienia częściowego tlenu w płucach można zwiększyć ilość tlenu we krwi oraz 2) czy

1) J. C. Meakins i H. Whitridge Davies, l. c. str. 48.

2) Odczyt H. Eppingera na Kongresie internistów niemieckich w Wiesbaden w 1929 r.

zwiększenie ilości tlenu we krwi zwiększa utlenienie w tkankach. Odnośnie do pierwszego punktu należy pamiętać, że w normalnych warunkach barwik krwi jest tak bliski zupełnego nasycenia tlenem, że podwyższenie ciśnienia tlenu wdechowego może tylko w nieznacznej mierze zawartość jego we krwi zwiększyć. Niewątpliwie zaś można tą drogą osiągnąć zwiększenie ilości tlenu rozpuszczonego fizykalnie we krwi. Ale tutaj natrafiamy na nierozstrzygnięte wątpliwości, który tlen krwi jest miarodajny dla przechodzenia tlenu z krwi do tkanek, czy związany z barwikiem, czy rozpuszczony we krwi. Sądząc z dotychczasowych doświadczeń należy raczej przypuszczać, że ten pierwszy.

Co się tyczy drugiego punktu, to wyniki ostatnich lat, zwłaszcza osiągnięte w instytucie rakowym Blumenthala w Berlinie a także wyniki prac O. Warburga wskazują, że proces utleniania w tkankach nie jest procesem katabolicznym pierwotnym, ale wtórnym, idącym w ślad za procesami, odciągającymi wodór ze związków organicznych, przede wszystkim kwasów tłuszczowych. Tlen utleniałby dopiero ten odciągnięty wodór. Zapatrywanie takie odpowiada dawnej teorii Wielanda, teorii, odnoszącej się głównie do spalania kwasów tłuszczowych. Dopiero później podniósł Wieland sprawę odprowadzania wodoru od tkanek do znaczenia pierwszorzędnego czynnika katabolizy¹⁾. Właśnie badania Aulera w instytucie Blumenthala, nad wpływem zwiększonego ciśnienia tlenu na wielkość utleniania w tkankach, doprowadziły go do zapatrywania, że tą drogą nie daje się uzyskać zwiększenia utleniania w tkankach, co by świadczyło za słusznością teorii Wielanda^{2), 3), 4)}.

Wspomniane powyżej ekspedycje górskie Haldane'a i Barcrofta znalazły, że ilość tlenu zużytego przez ustrój była u badanych osobników tą samą na znacznych wysokościach górskich, co nad poziomem morza, co by świadczyło, że nie było wpływu obniżonego ciśnienia częściowego tlenu na zużycie tlenu w ustroju⁵⁾. Bezwodnik kwasu węglowego, powstały w tkankach, przedostaje się do krwi dzięki wzmożonemu jego ciśnieniu oraz dzięki działaniu słabych kwasów, powstałych w tkankach, n. p. kwasu mlekowego. Równocześnie, wspomniane już wyżej odczepianie tlenu od barwika krwi pod wpływem bezwodnika powoduje obniżenie kwaśności barwika krwi i tem samem ułatwia przechodzenie bezwodnika do krwi.

Podobnie, jak tlen, znajduje się bezwodnik we krwi w dwóch fazach, t. j. jako fizykalnie rozpuszczony i jako związany; czy to związanie dotyczy wyłącznie zasad stałych (dwuwęglan), czy też także i barwika krwi, nie jest rozstrzygniętem. Łączy się jednak z tem pytanie, jaka część bezwodnika przypada na krwinki a jaka na osocze. Ilość bez-

¹⁾ A. Oszacki: *Choroby przemiany materji* str. 45.

²⁾ Por. O. Warburg. *Biochemische Zeitschrift* od 1923 r. i n.

³⁾ B. Fischer-Wasels: *Zur Gasbehandlung boesartige Geschwulste. Verhandlungen der deutschen Gesellschaft für innere Medizin, München 1928*, str. 56.

⁴⁾ A. Auler, H. Herzogenrath u. B. Wolff: *Beiträge zur Frage der O₂ — Überdrucktherapie beim krebskranken Menschen, Zeitschrift für Krebsforschung* 28. B. 5 H., str. 466, Berlin, J. Springer 1929.

⁵⁾ J. C. Meakins, l. c. str. 192.



wodnika, rozpuszczonego fizykalnie, jest stosunkowo bardzo nieznaczna. Wynosi ona według Bohr'a zaledwie 0.0672 objętości na każdy mm rtęci ciśnienia częściowego bezwodnika przy 37° C. Nie zmniejsza to jednak w niczem doniosłej roli czynnościowej tej fazy bezwodnika dla jego wymiany w ustroju.

Przeprowadzając badania metabolizmu, a więc oznaczając pobór tlenu i wydalanie bezwodnika, należy zawsze zdać sobie dokładnie sprawę, czy u badanego osobnika warunki przenoszenia tlenu do tkanek i bezwodnika od tkanek do płuc są prawidłowe. Częściowo może nas o tem pouczyć ogólne badanie kliniczne, stan płuc, stan krążenia, sinica lub jej brak, zaburzenia w oddechaniu, duszność i t. p. Częstokroć sam wygląd badanego wskazuje, czy mamy do czynienia z niedotlenieniem krwi, czy też z przeładowaniem bezwodnikiem węglowym. W pierwszym wypadku występuje siność błada, w drugim siność czerwona skóry.

W przypadkach, w których zależy nam na szczegółowym stwierdzeniu stanu rzeczy, należy pamiętać, że krew ze stanowiska fizykochemicznego jest układem, w którym równoważą się 7 zasadniczych wartości, których wzajemna zależność została opracowana szczególnie przez Hendersohna. Wartości te są:

- 1) ilość wolnego, czyli fizykalnie rozpuszczalnego tlenu,
- 2) ilość całkowita tlenu,
- 3) ilość kwasu węglowego wolnego,
- 4) ilość całkowita kwasu węglowego,
- 5) koncentracja jonów w surowicy (P_H),
- 6) objętość ciałek czerwonych,
- 7) stosunek koncentracji anjonów w ciałkach czerwonych i poza niemi.

Wartości te są ze sobą tak związane, że znając którekolwiek dwie z nich, można obliczyć każdą z pozostałych. Wszystkie te wartości mają zasadnicze znaczenie dla przenoszenia tlenu i bezwodnika kwasu węglowego¹⁾.

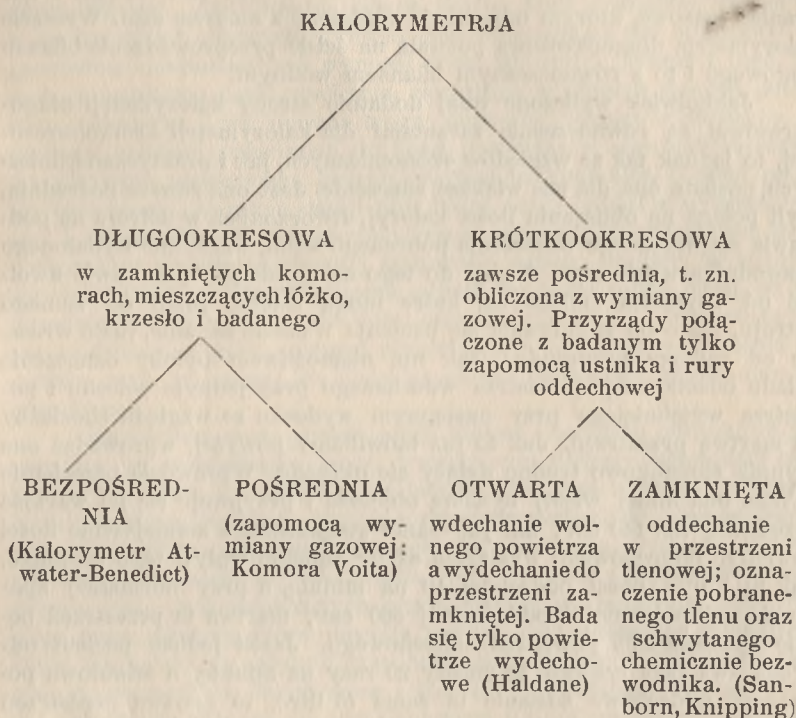
VI.

O sposobach oznaczenia wymiany gazowej w płucach, czyli ilości tlenu pobranego i bezwodnika węglowego wydalonego.

Badając metabolizm energetyczny, dążymy do obliczenia ilości kaloryj, jaką badany ustrój wytwarza w ciągu pewnego czasu. Cel ten możemy osiągnąć, używając różnych sposobów. Dają się one podzielić na kilka grup i zależnie od 1) czasu trwania doświadczenia, 2) od warunków zachowania się badanego, 3) od sposobu oznaczenia wytworzonego ciepła, a wreszcie 4) od tego, czy badany oddycha w układzie gazowym otwartym czy zamkniętym, t. zn. czy oddycha powietrzem otaczającym,

¹⁾ O sposobach oznaczania siedmiu wartości tutaj wymienionych patrz: C. Lovatt Evans: Recent advances in Physiology, London J. & A. Churchill 1926, rozdział I—V oraz C. G. Douglas and J. G. Priestley: Human Physiology, Oxford, Clarendon-press 1924, rozdz. III—IV.

czy też tlenem. Wszystkie te sposoby możemy objąć ogólną nazwą kalorymetrii, albowiem, jak to już zaznaczono na wstępie, ostatecznie dają one do oznaczenia ciepła.



Kalorymetrja długookresowa oddała i oddaje do dziś dnia ogromne usługi nauce o metabolizmie. Używanie komór i obliczanie ciepła z ilości tlenu i bezwodnika węglowego tak, jak to czynił Voit, należy już dzisiaj niemal do przeszłości, przynajmniej odnośnie do ludzi. Mniej jednak zapomocą tej metody zdążył Voit położyć fundamenty pod naukę o metabolizmie. Idealną poniekąd metodą jest kalorymetrja bezpośrednia, t. zn. umieszczanie badanego w odpowiednim kalorymetrze, gdzie można równocześnie oznaczać bezpośrednio ciepło wydalone i ilości tlenu i bezwodnika węglowego, mając w ten sposób równoczesną kontrolę obu badań. Na przyrządy tego rodzaju mogła sobie dotychczas pozwolić Północna Ameryka. Wyniki, osiągnięte zapomocą nich są oczywiście znacznie bliższe rzeczywistych wartości, aniżeli można je osiągnąć zapomocą wymiany gazowej krótkotrwałej. Wyrównują się przez to chwilowe i przejściowe zmiany w metabolizmie. Nie ulega wątpliwości, że gdy obliczamy wymianę gazową w przeciągu kilku minut i otrzymane wyniki przeliczamy na całą dobę, to każdy błąd, wynikający czy to ze zachowania się chorego, czy z uchybień technicznych, powiększa się

liczbowo wielokrotnie wskutek mnożenia. W obliczeniach długookresowych powody tego rodzaju błędów są bez porównania mniejsze. To samo odnosi się do tych przypadków, w których obliczamy równocześnie bilans azotowy, tem więcej, że bardzo trudno jest określić ściśle granice czasowe, którym odpowiada wydany z mocem azot. Wreszcie kalorymetria długookresowa pozwala na ściśle przeprowadzenie bilansu wagowego i to z równoczesnym bilansem wodnym.

Jakkolwiek wyliczone tutaj dodatnie strony kalorymetrii długo-okresowej są równocześnie zarzutami dla kalorymetrii krótkookresowej, to jednak tak ze względów ekonomicznych, jak i praktyczno-klinicznych, posiada ona dla nas większe znaczenie. Jest ona zawsze pośrednią, czyli polega na obliczaniu ilości kaloryj, utworzonych w ustroju na podstawie empirycznego oznaczenia pobranego tlenu, względnie wydalonego bezwodnika węglowego. Dążąc do tego celu, należy się możliwie uwolnić od wszelkich zmiennych, które mogą zależeć już to od samego ustroju, już to od zachowania się pacjenta w czasie badania, już to wreszcie od samego przyrządu. Tak np. niemożliwym byłoby oznaczenie składu odsetkowego powietrza wdechanego przy jednym wdechu i powietrza wytchniętego przy następnym wydechu ze względu chociażby na martwą przestrzeń. Jak to już mówiliśmy powyżej, wprowadza ona czynnik stosunkowo trudno dający się określić. Wprawdzie przeciętnie wynosi ona mniej więcej tę samą objętość i przyjmuje się jej wartość przeciętną na 140 cm³, ale już samo zwiększenie i zmniejszenie ilości powietrza oddechowego wystarcza, ażeby zmienić wpływ tego czynnika. Tak np., przy ilości oddechów 10 na minutę, a przy normalnej spoczynkowej pojemności oddechowej 500 cm³, martwa ta przestrzeń będzie wynosiła 28% powietrza oddechowego. Jeżeli jednak pacjent od-
dycha dwa razy częściej, to znaczy 20 razy na minutę, a minutowa pojemność oddechowa zostanie ta sama (5 litr.), to martwa przestrzeń a raczej powietrze, zawarte w martwej przestrzeni będzie stanowiło nie 28%, ale dwa razy tyle, t. j. 56% powietrza oddechowego. Inny jest skład odsetkowy powietrza pęcherzykowego, inny martwej przestrzeni. Pomimo więc, że pojemność minutowa w obu tych przypadkach jest ta sama, skład odsetkowy powietrza wydechanego będzie inny z powodu większej zawartości powietrza, zawartego w martwej przestrzeni. Odsetek więc bezwodnika węglowego będzie mniejszy a tlenu większy.

Nietylko ilość oddechów, ale także ich głębokość wywierają wpływ na odsetkowy skład powietrza wydechanego. Przy spokojnem oddechaniu ilość powietrza wdechanego i wydechanego wynosi przeciętnie około 500 cm³. Wartość tę nazywamy powietrzem oddechowem. Po spokojnym wdechu płuca mogą jeszcze pobrać około 1500 cm³. Tę pojemność powietrza nazywamy powietrzem uzupełniającem. Odpowiednio do tego płuca po spokojnym wydechu mogą jeszcze wytchnąć przeszło trzykrotną jego wartość, zwaną powietrzem zapasowem. Wynosi ona około 1600 cm³. Sumę tych trzech zawartości powietrza, a więc najwyższą wartość jego, jaką płuca mogą czynnie wciągnąć lub wydalić, nazywamy pojemnością życiową klatki piersiowej (capacitas vitalis). Wynosi więc

ona razem od 3500 do 3700 cm³. W rzeczywistości jednak płuca zawierają nawet po najgłębszym wydechu jeszcze pewną ilość powietrza, która wychodzi z płuc dopiero po otwarciu klatki piersiowej, nazywamy ją powietrzem zalegającym, albo zapadowem, a objętość jego wynosi około 800 cm³. Ale i wtedy jeszcze pewna ilość powietrza mieści się w pęcherzykach płucnych, których ilość obliczają na 300 milionów! To „powietrze minimalne“ ma wynosić około 200 cm³ 1). Widać z tego, jak małą stosunkowo część powietrza, zawartego w płucach stanowi powietrze oddechowe i jak znaczne mogą zachodzić różnice w stosunku zawartości martwej przestrzeni do ilości powietrza w stosunku chociażby do powietrza zapasowego. Należy przytem przypomnieć, o czem powyżej była mowa, że różne części płuc biorą różny udział w wymianie gazów i że skutkiem tego nagłe zwiększenie pojemności oddechowej może wpływać na zmianę odsetkowej zawartości gazów, pomimo, że w sumie wymiana gazów w całych płucach odbyła się w tej samej ilości, co poprzednio. O ile przyspieszenie ilości oddechów bez ich pogłębienia zwiększa udziałowy odsetek martwej przestrzeni, o tyle znów pogłębienie oddechów przy tej samej ich ilości zmniejsza odsetkowy udział martwej przestrzeni.

Oddechanie zbyt płytkie, przy którym powietrze oddechowe jest mniejsze od normalnego, może, trwając czas dłuższy, prowadzić ostatecznie do sinicy, co dowodzi, że jednak przy tym rodzaju oddechania krew nie ulega nasyceniu tlenem i wymiana gazów jest niedostateczna.

Szczególne znaczenie dla techniki oznaczenia wymiany gazowej posiada zachowanie się oddechania przy oporach postawionych oddechaniu. Przy oznaczeniach tych mamy zwykle do czynienia z oddychaniem przez wentyle, które stawiają pewien opór, zwłaszcza wydechowi. Opór ten należy uwzględnić przy badaniach. Zagadnieniem tem zajmowali się szczególnie Christiansen i Haldane 2). Przekonali się oni, że jeżeli wdechowanie odbywa się pod ciśnieniem 6 do 8 cm wody, ciśnieniem dodanem do atmosferycznego, to następowały głębokie wydechy z coraz to krótszemi pauzami, przed każdym następnym wydechem. Jak tylko nadmiar ciśnienia usunięto, oddechanie szło normalnym torem. Autorowie przypisują to pogłębienie wydechu mechanicznemu rozciągnięciu płuc a nie zaburzeniom we wymianie gazów. Wykazał dalej Haldane wraz ze swoimi współpracownikami, że wszelkie opory w oddechaniu powodują wzmoczenie wysiłku oddechowego i to tak wdechowego, jak i wydechowego. Przy tem ilość oddechów się zmniejsza a zawartość bezwodnika węgłowego w powietrzu wydechanem wzrasta.

W czasie przeprowadzania badania niejednokrotnie się zdarza, że badany, znajdując się w warunkach bądź co bądź niezwykłych dla oddechania, zaczyna reagować na nie bardzo nierównym, jużto zbyt głębokim lub zbyt płytkim, zbyt szybkim lub zbyt powolnym oddechem. Wiadomo, jak naogół ludzie wrażliwi są na wszelkie zmiany warunków

1) Nazwy podane według A. Becka, N. Cvbalskiego i K. Rzętkowskiego: Fizjologia człowieka, Warszawa, Gebethner i Wolff, 1915, T. 2, str. 148.

2) Journ. Physiol. 48, 1914, 272.

przy spełnianiu czynności autonomicznych. Niejednokrotnie zdarza się, że pacjent badany w godzinach ordynacyjnych i spokojnie dotychczas oddychający, z chwilą, gdy mu się powie: „proszę oddychać“, zaczyna oddychać w sposób nienaturalny, lub nawet przestaje na czas jakiś oddychać zupełnie. Tem łatwiej oczywiście zdarza się to u pacjentów t. zw. nerwowych, u których częstokroć sama świadomość wykonywania pewnej czynności autonomicznej powoduje zaburzenia. Przy oznaczeniach wymiany gazowej idą one przeważnie w kierunku zbyt głębokiego, lub zbyt szybkiego oddechania, jeżeli nie w jednym i drugim. W takich wypadkach trzeba cierpliwie przeczekać aż do oswojenia się pacjenta z nowymi warunkami oddechania, co się zresztą przeważnie prędzej czy później udaje.

Należy jednak pamiętać, że oznaczenie wymiany gazowej ma tylko wtedy rzeczywistą wartość, o ile odbyło się wśród spokojnych warunków oddechania. Dlatego też należy zawsze równocześnie z przeprowadzeniem oznaczenia zdjąć równocześnie krzywą oddechania, która najlepiej poucza o prawidłowości i nieprawidłowości zachowania się badanego pod względem oddechowym. Z niej też można odczytać, czy początek i koniec oznaczenia przypadł rzeczywiście na ten sam moment fazy oddechowej, najlepiej samego początku wdechu.

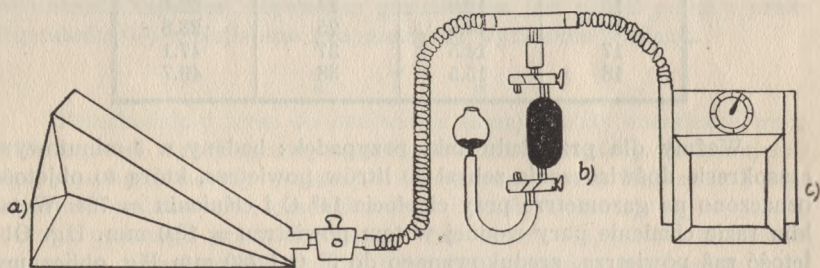
Kalorymetrja krótkookresowa pośrednia służy celom klinicznym, a więc chodzi głównie przy niej o wartości porównawcze a mniej o bezwzględne. Tutaj też leży powód, dla którego przyjęła się ona ogólnie, pomimo wielu niedokładności, które można jej zarzucić ze stanowiska obliczeń ścisłych.

Jako typowego przedstawiciela kalorymetrji krótkookresowej, pośredniej, otwartej opiszę tutaj sposób podany przez Haldane'a i jego współpracowników, przede wszystkim Douglasa. Zasadniczą jednak myśl tej metody podał Regnard jeszcze w r. 1879. Polega ona na oznaczeniu ilości powietrza, które zostało wydechane przez badanego w ciągu pewnego czasu oraz na oznaczeniu odsetkowego składu tego powietrza. Powietrze wdechowe pobiera badany z otoczenia. Badany oddycha przez ustnik, zaopatrzonego dwoma wentylami, wdechowym i wydechowym. Wentyle powinny oczywiście przedstawiać jak najmniejszy opór. Powietrze wydechane zdąża przez gumową rurę o dużym kalibrze do worka gumowego, specjalnie w tym celu sporządzonego z materiału nieprzepuszczalnego dla gazów, zwłaszcza dla bezwodnika węglowego, który stosunkowo łatwo przenika przez ściany¹⁾. Pomiędzy ustnikiem a workiem znajduje się trójdrożny kurek o bardzo szerokim świetle, łatwo dający się obracać i tak ustawiony, że badany może, manipulując nim, oddychać jużto do worka, jużto na zewnątrz. Przed doświadczeniem należy worek zwinąć ciasno w rulon, poczynając od boku, leżącego naprzeciw

¹⁾ Tutaj leży sł. by punkt tej metody: aby się zabezpieczyć przed przenikaniem bezwodnika należy używać worków o ścianach grubych, silnie gumą uszczelnionych. Zbyt jednak grube, a tem samem sztywne i ciężkie ściany, przedstawiają duży ciężar a więc i opór dla wdechu. Materiał używany w Anglii jest równocześnie niezbyt ciężki i dostatecznie szczelny, jak to miałem sposobność przekonać się, pracując tą metodą w Zakładzie prof. Barcrofta w Cambridge.

trójdrożnego kurka, tak, aby w ten sposób wydalić całą zawartość powietrza z worka przez kurek. Potem należy badanemu założyć ustnik i dać oddychać w ten sposób, żeby powietrze wydechane szło tylko do worka. Po jednej do dwóch lub więcej minutach, zdejmuje się ustnik i wyciska jeszcze raz powietrze z worka. Skoro worek został po raz drugi zwinięty, zamyka się kurek i zakłada ściskacz na nos, aby badany mógł oddychać tylko przez usta. Oczywiście ustnik musi być dokładnie założony między wargami a zębami tak, ażeby powietrze nie mogło się inaczej dostawać do ust ani z ust, jak tylko przez ustnik. Teraz badany zajmuje żadaną pozycję, więc leży lub siedzi; worek umieszcza się za nim, a on oddycha wciąż przy kurku otwartym ku wolnemu powietrzu. Przez ten czas oddechy stały się równe i normalne. Potem zakręcamy kurek ku workowi i dajemy badanemu w ten sposób oddychać przez czas około 6 minut. Potem zamykamy kurek, w czasie więc badania powietrze wdechane było pobierane z zewnątrz a wydechane wchodziło do worka. Worek powinien mieć pojemność taką, ażeby powietrze do niego wprowadzone w ciągu czasu badania mogło wolno doń wchodzić. Najlepiej używać worków 50—150 litrowych, a więc dużych, przedstawiających mały opór. Czas wprowadzania powietrza wydechane do worka powinien być ściśle obliczony. Jak przy wszystkich tego rodzaju doświadczeniach, należy je zaczynać i kończyć przy końcu normalnego wydechu.

Skoro kurek zamknięto, należy ustnik wyjąć, odłączyć go od rury gumowej a rurę połączyć z gazometrem w sposób wskazany na rysunku.



Ryc. 2.

Przyrząd Douglasa do oznaczania wymiany gazowej zapomocą kalorymetrji pośredniej, otwartej; a) worek, b) biureta do pobierania gazów, c) gazometr.

Jak rysunek wskazuje, rura szklanna, łącząca rurę gumową, idącą do worka z rurą gumową, idącą od gazometru, zaopatrzona jest w odnogę szklaną w kształcie litery T, która łączy ją z biuretą gazową, służącą do pobierania próbek gazów dla ich analizy. Ta biureta gazowa wypełniona jest rtęcią i połączona górnym kurkiem o podwójnem wierceniu z rurą szklaną, łączącą worek z gazometrem a dolnym kurkiem również o podwójnem wierceniu ze zbiornikiem na rtęć. Jak już wspomniałem, biureta gazowa wraz z rurką, łączącą ją ze zbiornikiem rtęciowym, jest wypełniona rtęcią. Ugniatając worek rękami, mie-

szamy gazy w nim zawarte, a potem otwierając górny kurek biurety gazowej, wypuszczamy z niej rtęć do zbiornika i wciągamy do niej gazy, zawarte w worku, tak jednak, aby one wypełniły tylko biuretę. Skoro biureta jest pełna, zamykamy jej dolny kurek. Równocześnie przepuszczamy całą zawartość worka przez gazometr, uciskając worek. Teraz znów zwijamy worek tak, ażeby go zupełnie wypróżnić, zamykamy jego trójdrożny kurek i odczytujemy ilość powietrza, która przeszła przez gazometr oraz ciepłotę i ciśnienie barometryczne. Odczytaną w gazometrze objętość powietrza sprowadzamy, czyli redukujemy do objętości powietrza suchego przy ciepłocie 0° C, ciśnieniu 760 mm Hg.

W tym celu należy najprzód znaleźć ciśnienie pary wodnej, pod jakim znajdowała się ona w powietrzu w gazometrze przy stwierdzonej tam ciepłocie. Ciśnienie to możemy odczytać z podanej poniżej tabeli.

Ciepłota w st. C.	Ciśnienie pary wodnej w mm. rtęci	Ciepłota w st. C.	Ciśnienie pary wodnej w mm. rtęci
10	9.2	19	16.5
11	9.8	20	17.5
12	10.5	21	18.7
13	11.2	22	19.8
14	12.0	23	21.1
15	12.8	24	22.4
16	13.6	25	23.8
17	14.5	37	47.1
18	15.5	38	49.7

Weźmy dla przykładu taki przypadek: badany w 5-minutowym czasokresie doświadczenia zebrał 50 litrów powietrza, którą to objętość oznaczono na gazometrze przy ciepłocie 14° C i ciśnieniu = 764. W takim razie ciśnienie pary wodnej w tem powietrzu = 12.0 mm. Hg. Objętość zaś powietrza, zredukowanego do 0° C i 760 mm Hg, obliczymy na podstawie następującego wzoru:

$$X = 50 \times \frac{764 - 12}{760} \times \frac{273}{273 + 14} = 47.04 \text{ litra.}$$

A więc 50 litrów powietrza odpowiada w tych warunkach 47.04 litra powietrza zredukowanego. Skoro później w badaniu znajdziemy odsetki tlenu i bezwodnika węglowego w powietrzu wydechowem, to chcąc znaleźć bezwzględne wartości tych gazów, będziemy je przeliczać nie na 50 litrów, ale na 47.04 litra.

Celem ułatwienia można posługiwać się tabelami (patrz str. 426), które wprost podają objętość zredukowaną powietrza, obliczoną na 1000 cm³ powietrza, nasyconego parą wodną przy temperaturze od 10 do 25° C, a przy ciśnieniu 740—780 mm. Hg. Znając ciepłotę i ciśnienie

powietrza w gazometrze, odszukujemy odpowiadającą im objętość i dzielimy ją przez iloraz, otrzymany z podzielenia liczby 1000 przez objętość powietrza, odczytaną na gazometrze.

Zanim przejdziemy do omówienia analizy próbki powietrza, otrzymanego sposobem Douglasa, musimy jeszcze się zatrzymać nad gazometrami.

Gazometry są to przyrządy do obliczania objętości gazów. Obliczanie to polega na tem, że w skrzynce metalowej znajduje się bęben metalowy, obracający się około osi a zaopatrzone w środku w przegrody przebiegające odśrodkowo. Przegrody te dzielą bęben na szereg komór o kształcie wycinka kołowego. Gaz wprowadzony do bębna obraca swoim ciśnieniem komory i po dokonaniu jednego obrotu bębna wychodzi na zewnątrz. Ilość więc obrotów bębna jest równocześnie miarą ilości gazu, oczywiście pod warunkiem, że rozprzestrzenienie się gazu w komorach bębna jest równomierne.

Gazometry mogą być suche i mokre, czyli wodne. W tych ostatnich bęben zawiera wodę, która wypełnia więcej, niż połowę jego objętości, sięgając swoją powierzchnią powyżej osi bębna. Dokładność pomiarów gazometrycznych zależy przedewszystkiem od ich szczelności. W gazometrach wodnych bardzo jest ważnem, ażeby poziom wody sięgał zawsze do tej samej wysokości. Dlatego też gazometry zaopatrzone są zwykle z boku umieszczonemi rurkami szklanemi, które wskazują wysokość poziomu wody. W razie potrzeby należy poziom wody podwyższyć lub obniżyć tak, aby pomiary odbywały się zawsze w tych samych warunkach. Najwięcej używanym gazometrem jest model podany przez Tigerstedta^{1) 2) 3)}. Najlepsze gazometry są wyrabiane w Danji.

*
*
*

Przechodzimy teraz do omówienia samej analizy chemicznej gazu pobranego we wyżej opisany sposób do biurety gazowej. Dokonujemy tego zapomocą metody podanej i opracowanej przez Haldane'a i jego współpracowników oraz przez Barcrofta. Analizy dokonuje się zapomocą aparatu, podanego przez Haldane'a. Tak aparat ten, jak i cała metoda oznaczenia odsetkowego składu tlenu i bezwodnika węglowego oraz azotu w powietrzu, czy innej mieszaninie gazów, stanowią klasyczny przykład tego rodzaju oznaczeń i zasługują tem więcej na omówienie, że właściwie wszystkie późniejsze sposoby analizy gazów powietrza polegają i wychodzą z tej metody. Nader korzystną stroną tej metody jest, że zapomocą niej można tak dokonywać analizy powietrza pęcherzykowego, jak obliczać ilość tlenu pobranego, względnie bezwodnika wydalonego.

Metoda Haldane'a jest w zasadzie swojej metodą objętościową,

¹⁾ C. G. Douglas, J. G. Priestley, l. c. str. 56 i n.

²⁾ Krogh: The calibration, accuracy and use of gas meters. *Biochem. Journ.* Bd. 14, Nr 3, 4, 8. S. 282, 1920.

³⁾ H. W. Knipping i H. L. Kowitz: *Klinische Gasstoffwechseltechnik*, J. Springer, Berlin 1928, str. 31.

Tabela podająca objętości powietrza suchego sprowadzone do 0° C. i 760 mm Hg. odpowiadające 1000 cm³ powietrza nasyconego parą wodną o ciepłocie od 10° do 26° C. i ciśnieniu od 740 do 780 mm Hg.

Ciepłota.	C I Ś N I E N I E										
	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750
10	927.7	928.9	930.2	931.4	932.6	933.9	935.1	936.4	937.6	938.9	940.4
11	923.6	924.8	926.1	927.3	928.6	929.8	931.0	932.3	933.5	934.8	936.3
12	919.5	920.5	921.8	923.0	924.2	925.5	926.7	928.0	929.3	930.5	931.8
13	915.4	916.7	918.0	919.2	920.4	921.7	922.9	924.2	925.4	926.7	928.0
14	911.3	912.6	913.9	915.1	916.3	917.6	918.8	920.1	921.3	922.6	923.8
15	907.1	908.4	909.7	910.9	912.1	913.4	914.6	915.9	917.1	918.4	919.6
16	903.9	904.2	905.5	906.7	907.9	909.2	910.4	911.7	912.9	914.2	915.4
17	898.7	900.0	901.3	902.5	903.7	905.0	906.2	907.5	908.7	910.0	911.1
18	894.5	895.8	897.1	898.3	899.5	900.8	902.0	903.3	904.5	905.8	906.8
19	890.2	891.5	892.7	893.9	895.1	896.4	897.6	898.9	900.1	901.2	902.5
20	885.9	887.2	888.4	889.6	890.8	892.1	893.3	894.6	895.8	897.1	898.1
21	881.8	883.0	884.2	885.5	886.7	888.6	889.2	890.5	891.7	893.0	894.0
22	877.1	878.3	879.5	880.7	881.9	883.2	884.4	885.7	886.9	888.2	889.0
23	872.6	873.8	875.0	876.2	877.4	878.7	879.9	881.2	882.4	883.7	884.7
24	868.1	869.3	870.6	871.8	873.0	874.3	875.5	876.8	878.0	879.3	880.1
25	863.5	864.7	865.9	867.1	868.3	869.6	870.8	872.1	873.3	874.6	875.7
	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	
10	941.6	942.9	944.2	945.4	946.6	947.9	949.2	950.5	951.8	953.0	
11	937.5	938.8	940.1	941.3	942.5	943.8	945.1	946.4	947.7	948.9	
12	933.1	934.3	935.6	936.8	938.0	939.4	940.7	942.0	943.3	944.4	
13	929.2	930.4	931.7	932.9	934.1	935.5	936.8	938.1	939.4	940.5	
14	925.0	926.2	927.6	928.8	930.0	931.3	932.6	933.9	935.2	936.2	
15	920.8	922.0	923.3	924.5	925.7	927.1	928.4	929.7	931.0	932.0	
16	916.6	917.8	919.1	920.3	921.5	922.8	924.1	925.4	926.7	927.8	
17	912.3	913.5	914.8	916.0	917.2	918.5	919.8	921.1	922.4	923.5	
18	908.0	909.2	910.5	911.8	913.0	914.2	915.5	916.8	918.1	919.2	
19	903.7	904.9	906.2	907.4	908.6	909.9	911.2	912.5	913.8	914.8	
20	899.3	900.5	901.7	902.9	904.1	905.3	906.5	907.7	908.9	910.4	
21	895.2	896.4	897.7	898.9	900.1	901.3	902.6	903.9	905.2	906.2	
22	890.2	891.4	892.9	894.1	895.3	896.6	897.9	899.2	900.5	901.4	
23	885.9	887.1	888.4	889.6	890.8	892.0	893.3	894.6	895.9	896.9	
24	881.3	882.5	883.8	885.0	886.2	887.5	888.8	890.1	891.4	892.3	
25	876.9	878.1	879.3	880.5	881.7	882.9	884.2	885.5	886.8	887.9	

Ciepłota.	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770
10	954:3	955:6	956:8	958:0	959:3	960:6	961:8	963:1	964:4	965:7
11	950:2	951:5	952:7	953:9	955:2	956:5	957:7	959:0	960:3	961:6
12	945:7	947:0	948:2	949:4	950:7	951:9	953:1	954:4	955:7	957:0
13	941:8	943:1	944:3	945:5	946:8	948:1	949:3	950:6	951:9	953:1
14	937:6	938:9	940:1	941:3	942:6	943:8	945:0	946:3	947:6	948:8
15	933:3	934:6	935:8	937:0	938:2	939:5	940:7	942:0	943:2	944:4
16	929:1	930:4	931:6	932:8	934:0	935:2	936:4	937:7	938:9	940:1
17	924:7	926:0	927:2	928:5	929:7	930:9	932:1	933:4	934:6	935:8
18	920:4	921:7	922:9	924:2	925:4	926:6	927:8	929:1	930:3	931:5
19	916:0	917:2	918:4	919:7	920:9	922:2	923:4	924:7	925:9	927:1
20	911:6	912:8	914:0	915:2	916:5	917:7	918:9	920:2	921:4	922:6
21	907:4	908:6	909:8	911:1	912:3	913:5	914:7	916:0	917:2	918:4
22	902:6	903:8	905:0	906:3	907:5	908:7	909:9	911:2	912:4	913:6
23	898:0	899:2	900:4	901:7	902:9	904:1	905:3	906:6	907:8	909:0
24	893:4	894:6	895:8	897:1	898:3	899:5	900:7	902:0	903:2	904:4
25	888:9	890:1	891:3	892:6	893:8	895:0	896:2	897:4	898:6	899:8

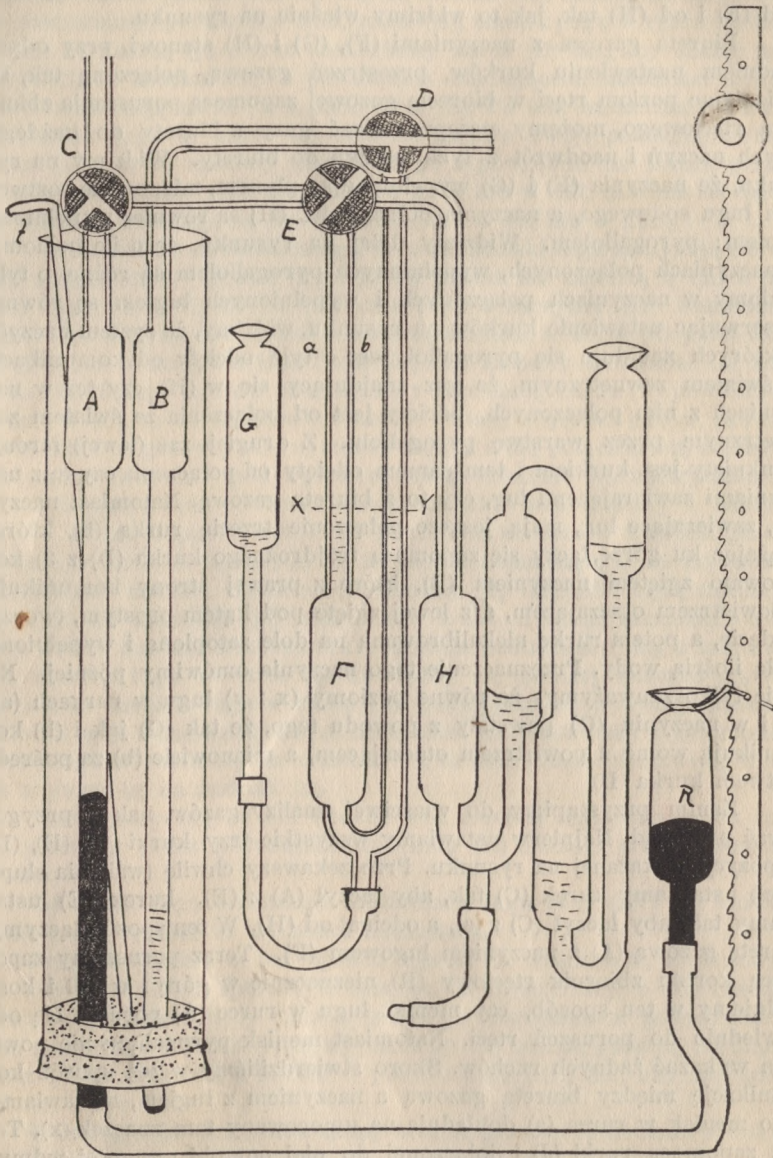
Ciepłota.	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780
10	967:0	968:3	969:6	970:8	972:1	973:3	974:6	975:9	977:1	978:4
11	962:8	964:1	965:4	966:6	967:9	969:1	970:1	971:7	972:9	974:2
12	958:2	959:5	960:8	962:0	963:3	964:5	965:8	967:1	968:3	969:6
13	954:3	955:6	956:9	958:1	959:4	960:6	961:9	963:3	964:4	965:7
14	950:1	951:3	952:6	953:8	955:1	956:3	957:5	958:8	960:0	961:3
15	945:8	947:0	948:3	949:6	950:8	952:0	953:2	954:5	955:7	957:0
16	941:4	942:6	943:9	945:2	946:4	947:6	948:8	950:1	951:3	952:6
17	937:1	938:3	939:6	940:9	942:1	943:3	944:5	945:8	947:0	948:3
18	932:7	933:9	935:2	936:5	937:7	938:9	940:1	941:4	942:6	943:9
19	928:3	929:5	930:8	932:0	933:2	934:4	935:6	936:9	938:1	939:4
20	923:8	925:0	926:3	927:5	928:8	930:0	931:2	932:5	933:7	935:0
21	916:6	920:8	922:1	923:3	924:5	925:7	926:9	928:2	929:4	930:7
22	914:8	916:0	917:2	918:4	915:7	920:9	922:1	923:4	924:6	926:0
23	910:2	911:4	912:6	913:8	915:1	916:3	917:5	918:8	920:0	921:3
24	905:6	906:8	908:0	909:2	910:4	911:6	912:8	914:0	915:2	916:5
25	900:9	902:1	903:3	904:5	905:7	906:9	908:1	909:3	910:5	911:7

albo inaczej gazowo-objętościową. Polega więc na tem, że z pewnej ściśle określonej objętości gazu, będącego mieszaniną kilku różnych gazów, dokonuje się wchłonięcia (absorbencji) poszczególnych gazów, a odsetkową objętość gazu wchłoniętego oblicza się z różnicy objętości mieszaniny gazów przed wchłonięciem i po wchłonięciu. Tak więc tutaj przeprowadza się próbkę powietrza raz przez pyrogallol, który pochłania ilościowo tlen, drugi raz przez roztwór ługu, który pochłania ilościowo bezwodnik węglowy. Objętość gazu, która zostanie po pochłonięciu tlenu i bezwodnika będzie się równała objętości odsetkowej azotu. Nie trzeba dodawać, że przy takim gazowo-objętościowym sposobie oznaczenia należy ciągle kontrolować ciepłotę i ciśnienie, przy których mierzymy objętość gazów.

Jak to widać z podanego rysunku, aparat Haldane'a składa się z następujących części:

1) biurety gazowej (A) na dole otwartej i połączonej węzłem gumowym ze zbiornikiem rtęciowym (R). W ten sposób zbiornik i biureta gazowa stanowią naczynia połączone. Ponieważ zaś biureta jest umocowana stale (w cylindrze szklanym, wypełnionym wodą), więc zmiany poziomu rtęci w niej możemy dokonać przez podnoszenie lub obniżanie zbiornika rtęciowego. Biureta w dolnej swej części, leżącej poniżej wydęcia, jest bardzo dokładnie kalibrowana, tak, że możemy na niej odczytać setne części cm^3 . Górna część biurety, leżąca powyżej wydęcia, zaopatrzona jest poniżej wolnego górnego zakończenia trójdrożnym kurkiem (C). Ze zaznaczonych na rysunku dróg obok kurka widzimy, że obracając go, można albo biuretę połączyć z otoczeniem zewnętrznym, więc ewentualnie z powietrzem otaczającym, czy też z jakim zbiornikiem gazów. Można dalej zamknąć biuretę od wszelkiego połączenia ze światłem zewnętrznym. Taką właśnie pozycję ma kurek na rysunku. Można dalej połączyć biuretę z rurką szklaną, odchodzącą od kurka w kierunku z lewa na prawo, która łączy biuretę gazową z naczyniami absorbeyjnemi. Można wreszcie połączyć biuretę równocześnie ze światłem otaczającym, względnie ze zbiornikiem gazów, które mają być badane oraz z boczną rurką szklaną, odchodzącą od kurka. Można wreszcie połączyć tym kurkiem rurkę, łączącą ze światłem zewnętrznym z rurką, łączącą z naczyniami absorbeyjnemi, odcinając je równocześnie od połączenia z biuretą gazową.

2) Naczynia absorbeyjne, połączone rurką i kurkiem z biuretą gazową i ewentualnie ze światłem otaczającym, składają się z dwóch zasadniczych części, z których jedna służy do absorbcji bezwodnika węglowego a druga z nich do absorbcji tlenu. Na rysunku widać, że w miejscu, w którym przyrząd, służący do absorbcji kwasu węglowego, (G i F) łączy się z rurką boczną, odchodzącą od biurety gazowej względnie jej kurka, znajduje się również trójdrożny kurek (E). Naczynie (F) łączy się z kurkiem (E) zapomocą rurki (a). Zależnie od ustawienia kurka możemy biuretę gazową jużto połączyć z rurką (F), jużto z naczyniem (H), które wraz z całym systemem swoich połączeń służy do absorbcji tlenu. Można też zapomocą kurka odciąć od biurety gazowej



Ryc. 3.

Przyrząd Haldane'a do analizy gazów oddechowych (wyjaśnienie w tekście).

doptyw do naczynia (F) a połączyć je z naczyniem (H). Można dalej połączyć równocześnie i z (F) i z (H) i można wreszcie odciąć zupełnie i od (F) i od (H) tak, jak to widzimy właśnie na rysunku.

Biureta gazowa z naczyniami (F), (G) i (H) stanowi, przy odpowiednim nastawieniu kurków, przestrzeń gazową, połączoną tak, że zmieniając poziom rtęci w biurecie gazowej zapomocą poruszania zbiornika rtęciowego, możemy przeprowadzać gazy z biurety do każdego z tych naczyń i naodwrot z tych naczyń do biurety. Widzimy na rysunku, że naczynia (F) i (G) wypełnione są płynem, mianowicie roztworem ługu sodowego, a naczynia połączone z (H) są również wypełnione płynem: pyrogallem. Widzimy dalej na rysunku, że o ile poziomy w naczyniach połączonych, wypełnionych pyrogallem są różne, o tyle poziomy w naczyniach połączonych i wypełnionych ługiem są równe. Obserwując ustawienie kurków na rysunku, widzimy, że system naczyń, w których znajduje się pyrogallol, jest o tyle odcięty od komunikacji ze światem zewnętrznym, że gaz znajdujący się w (H), czy też w naczyniach z nim połączonych, odcięty jest od połączenia ze światem zewnętrznym przez warstwę pyrogallolu. Z drugiej zaś (lewej) strony zamknięty jest kurkiem i tem samym odcięty od połączenia czy to z naczyniami zawierającemi ług, czy to z biuretą gazową. Natomiast naczynia, zawierające ług, mają jeszcze połączenie trzecią rurką (b), która, zdążając ku górze, łączy się zapomocą trójdrożnego kurka (D) z 3) kolanowatą zgiętą naczyniem (B), które z prawej strony komunikuje z powietrzem otaczającym, a z lewej zgięte pod kątem prostym, tworzy wydęcie, a potem rurkę niekalibrowaną na dole zatopioną i wypełnioną małą ilością wody. Przeznaczenie tego naczynia omówimy później. Na razie tylko zauważymy, że równe poziomy (x i y) ługu w rurkach (a), (b) i w naczyniu (G) powstały z powodu tego, że tak (G) jak i (b) komunikują wolno z powietrzem otaczającym, a mianowicie (b) za pośrednictwem kurka (D).

Zanim przystąpimy do właściwej analizy gazów, należy przygotować przyrząd. Najpierw ustawiamy wszystkie trzy kurki (C), (E), (D) w pozycji wskazanej na rysunku. Przeczekawszy chwilę (wahania słupa rtęci) ustawiamy kurek (C) tak, aby łączył (A) z (E), kurek (E) ustawiamy tak, aby łączył (C) z (a), a odcinał od (H). W ten sposób łączymy biuretę gazową (A) z naczyniem ługowym (F). Teraz poruszamy zapomocą korbki zbiornik rtęciowy (R) nieznacznie w górę i w dół i kontrolujemy w ten sposób, czy menisk ługu w rurce (A) porusza się odpowiednio do poruszeń rtęci. Natomiast menisk pyrogallolu nie powinien wykazać żadnych ruchów. Skoro stwierdziliśmy w ten sposób komunikację między biuretą gazową a naczyniem z ługiem, nastawiamy jego menisk w rurce (a) dokładnie na umocowany tam znaczek (x). Teraz zapomocą rurki (J) i dołączonej do niej pompki gumowej wdmuchujemy kilkakrotnie powietrze w wodę, otaczającą naczynia (A) i (B), celem wyrównania ciepłoty tej wody. O ile menisk ługu w rurce (a) zmienił skutkiem tego swoje położenie wobec (x), a jest to możliwe, że skutkiem wyrównania temperatury wody objętość gazu w biurecie ga-

zowej oraz w rurce (a) się zmieniła i przez to zmieniło się położenie menisku. Skoro przekonaliśmy się, że menisk leży dokładnie na kresce (x), nastawiamy, poruszając naczyniem (G), menisk ługu w rurce (b) dokładnie na kreskę (y). Teraz nastawiamy kurek (D) tak, aby odciąć naczynie (B) od komunikacji z powietrzem otaczającym, natomiast utrzymać komunikację rurki (b) z naczyniem (B). Po tem nastawieniu kurka (D) menisk ługu w rurce (a) zmienia zwykle swoje położenie wobec kreski (x) tak, że musimy nastawiać go z powrotem na kresce przez ostrożne poruszanie zbiornika rtęci w górę lub w dół, zależnie od tego, czy menisk przesunął się wobec kreski (x) w dół lub w górę.

Teraz należy zwrócić uwagę, że oba meniski ługu zamykają określone przestrzenie. Menisk (x) zamyka przestrzeń zawartą w rurce (a) przez kurki (E) i (C) aż do poziomu rtęci w naczyniu (A). Natomiast menisk (y) zamyka przestrzeń powietrza, zawartą w rurce (d) przez kurek (D) oraz w naczyniu (B). Teraz dopiero możemy zrozumieć cel naczynia (B). Odkąd bowiem zamknęliśmy zapomocą kurka (D) powietrze, zawarte w (B), to od tej chwili wszelkie zmiany objętości gazów, zawartych w biurecie gazowej (A) i systemie naczyń z nią połączonych, zmiany, które mogą zachodzić pod wpływem zmian ciśnienia barometrycznego, czy też ciepłoty, będą równoważone przez takie same zmiany w naczyniu (B). Teraz dopiero przestrzeń powietrza, zawarta w biurecie gazowej oraz w rurkach łączących ją aż do meniska ługu, t. zn. (x) może być poddana analizie chemicznej. Zmiany jej objętości będą zależały wyłącznie od absorpcji jej składników a nie od zmian ciśnienia i ciepłoty. Jeżeli bowiem temperatura otoczenia podniosłaby się, a tem samem menisk ługu w rurce (a) obniżyłby się poniżej znaczką (x), to tem samem menisk ługu w rurce (b) podwyższyłby się powyżej znaczką (x). Jeżeli więc teraz, manipulując naczyniem (G), nastawimy z powrotem menisk ługu w rurce (b) na znaczek (y), to tem samem nastawimy menisk w rurce (a) na znaczek (x).

Nastawiamy więc w ten sposób oba meniski ługu na znaczek (x) i (y), pierwszy przez poruszanie zbiornika (R) a drugi przez poruszanie naczynia (G).

Od chwili tego ostatniego nastawienia ługu przy (x) i (y) kurka (D) nie należy ruszać aż do końca oznaczenia.

Przygotowawszy w ten sposób aparat do oznaczenia, otwieramy teraz kurek (C) w ten sposób, że zamyka on komunikację z całą resztą aparatu, a natomiast łączy biuretę gazową z zewnętrznym powietrzem. Teraz podnosząc zbiornik rtęci, wypełniamy nią biuretę gazową, czyniąc to szczególnie ostrożnie i powoli w pobliżu kurka (C) tak, aby rtęć nie wyskoczyła z rurki.

W ten sposób przygotowujemy biuretę gazową do badania próbki badanego powietrza.

Pobieranie próbek gazowych wymaga również bardzo troskliwej ostrożnej i wprawnej techniki. Wyobraźmy sobie, że chcemy zbadać próbkę powietrza pobranego z worka gazowego do biurety gazowej, opisanej przy oznaczaniu ilości powietrza wydechanego, nagromadzo-

nego w worku (str. 423). Jak świadczy rys. 1., biuretę tę, a raczej jej górny kurek łączymy w sposób, wskazany na rysunku zapomocą rurek gumowych z biuretą gazową aparatu Haldane'a. Mamy więc teraz połączone ze sobą dwie biurety gazowe, jedną, służącą do pobierania próbek gazowych, a drugą do jej analizy. Dla odróżnienia nazwijmy ją analityczną. Biuretę, zawierającą próbkę gazową umieszczamy na statywie i umocowujemy. Podnosimy teraz zbiornik rtęciowy, aby wypełnić i wypędzić powietrze z całej rurki, łączącej oraz z tego wiercenia kurka, należącego do biurety próbkowej, które komunikuje ze światem zewnętrznym. Z chwilą, kiedy rtęć doszła do końca rurki, względnie kilka kropelek rtęci wypadło na zewnątrz na znak zupełnego wypełnienia całego tego układu rurek, wtedy zamykamy górny kurek, należący do biurety próbkowej gazowej a zbiornik z rtęcią umieszczamy na wysokości bardzo niewiele niższej od poziomu kurka górnego biurety próbkowej i kurka biurety analitycznej. Teraz podnosimy z wolna zbiornik rtęciowy biurety próbkowej i przekreślamy jej górny kurek w ten sposób, aby komunikowała ona z rurką, łączącą z biuretą analityczną. Manipulując ostrożnie obu zbiornikami rtęci, wycofujemy równocześnie rtęć z rurki, łączącej obie biurety gazowe i wciągamy ją ostrożnie z powrotem do aparatu i równocześnie wpędzamy do biurety gazowej, analitycznej próbkę gazu z biurety próbkowej tak, aby poziom rtęci w biurecie analitycznej dochodził do jakiejś $\frac{1}{6}$ długości skali, licząc od dołu. Poczekawszy, aż się poziomy rtęci wyrównają i drgania słupa rtęci ustaną, skręcamy kurek (C) w ten sposób, że odcina biuretę gazową od komunikacji z powietrzem otaczającym a natomiast łączy ją z naczyniem ługowym (F).

Uwaga! Przyjmujemy w tem miejscu, że cały przyrząd, a więc cały układ rurek należący do naczyń wypełnionych ługiem czy pyrogallem, nie zawiera ani tlenu, ani bezwodnika węglowego, tylko azot. Innemi słowy, że aparat pozostał po ostatniej analizie bez komunikacji z powietrzem otaczającym, a powietrze to wchodziło co najwyżej do biurety (A). Oprócz tego należy jeszcze zwrócić uwagę na następującą rzecz: układ ługowy i pyrogalowy zostały po ostatnim, poprzednim badaniu, zamknięte pod atmosferycznym ciśnieniem. Pod tem też ciśnieniem nastawiono meniski. Jeżeli więc teraz pobranie próbki do biurety gazowej (A) nie dokonało się pod ciśnieniem atmosferycznym, ale pod jakimś innym wyższym, czy niższym, spowodowanem już to zbyt wysokim poziomem rtęci w zbiorniku biurety próbkowej, czy to zbyt niskim poziomem w zbiorniku rtęci (R), w takim razie próbka gazu, zamknięta w biurecie (A) przez przekreślenie kurka (C) nie będzie się znajdowała pod ciśnieniem atmosferycznym, ale cokolwiek od niego wyższym lub niższym. Jeżeli więc w tym wypadku połączymy odrazu biuretę (A) z naczyniem (F), to ponieważ ług znajduje się pod ciśnieniem atmosferycznym, więc różnica ciśnień, panujących w (A) i (F) może nam albo przerzucić ług w rurce (b) w górę do naczynia (B), albo też wciągnąć ług z naczynia (F) do biurety (A). Jednego i drugiego należy stanowczo unikać. Dlatego też, gdy nie jesteśmy pewni, czy biureta anali-

tyczna (A) została wypełniona pod ciśnieniem atmosferycznym, nie łączymy jej od razu z naczyniem (F), ale najprzód skręcamy kurek (C) tak, aby tylko zamknąć biuretę (A) a nie łączyć jej ani z powietrzem otaczającym, ani z naczyniem (F). Wtedy zdejmujemy zbiornik rtęci (R), przykładamy go do biurety (A) i nastawiamy poziom rtęci w zbiorniku i w biurecie dokładnie na tę samą wysokość i w tej dopiero chwili łączymy za pomocą kurka (C) biuretę (A) z naczyniem (F). Zbiornik rtęci (R) zawieszamy mniej więcej na wysokości poziomu rtęci w biurecie (A).

Połączywszy biuretę (A) z naczyniem (F), przedmuchiemy kilkakrotnie pompką i wyrównujemy ciepłotę wody otaczającej naczynia (A) i (B).

Nastawiamy meniski ługu na (x) i (y) za pomocą zbiorników (R) i (G).

Odczytujemy na skali biurety (A) objętość gazu pobranego do analizy. Odczytanie powinno się odbyć z jak największą dokładnością, ewentualnie z pomocą lupy.

Podnosząc ostrożnie zbiornik rtęci (R), wpędzamy z wolna gaz zawarty w biurecie (A) do naczynia (F) tak długo, aż poziom ługu w tem naczyniu dojdzie do początku jego szerokiego przekroju.

Wziąwszy zbiornik rtęci w rękę, manipulujemy nim teraz bardzo ostrożnie i z wolna podnosząc go, wpędzamy zawartość gazową biurety (A) do naczynia (F) tak długo, aż poziom rtęci w (A) dojdzie do kurka (C), wtedy obniżamy poziom rtęci do połowy lub $\frac{2}{3}$ wydętej części biurety (A) i powtarzamy ten zabieg około 10 razy. Należy to czynić nader ostrożnie, aby uniknąć czyto wpędzenia rtęci do rurki łączącej kurek (C) z kurkiem (E), czy też naodwrot wpędzenia do nich ługu. Ostrożność jest wskazana zwłaszcza w tych chwilach, w których rtęć przechodzi z naczyń węższych do szerszych lub naodwrot!

Nastawić za pomocą zbiornika (R) poziom ługu w naczyniu (F) mniej więcej w miejscu początku rurki (a) a potem już nie ręką, ale za pomocą korbki doprowadzić i nastawić ostrożnie dolny menisk przy znaczk (x).

Przedmuchać wodę dla wyrównania ciepłoty i nastawić meniski ługu dokładnie na znaczek (x) i (y).

Odczytać dokładnie poziom rtęci w biurecie (A).

Różnica objętości początkowej, to jest przed absorbcją bezwodnika i po absorbcji, daje nam ilość bezwodnika.

Aby się przekonać, że absorbcja była kompletna, należy jeszcze raz powtórzyć przepędzenie próbki do ługu i odczytać. Należy to powtarzać tak długo, dopóki dwa odczytania nie będą dokładnie sobie równe. Jeżeli pomimo kilkakrotnego powtórzenia absorbcji nie możemy uzyskać stałych wartości, to może to pochodzić albo z nieszczelności aparatu, a zwłaszcza jego kurków, albo z powodu zbytnej suchości powietrza pobranego do analizy tak, że woda z ługu paruje i wciąż zmienia objętość gazów. Ta ostatnia okoliczność nie może się zdarzyć przy powietrzu pobranem z płuc.

Przystępujemy do absorbcji tlenu.



W tym celu zawieszamy zbiornik (R) na wysokości poziomu rtęci (A), względnie wyrównujemy poziomy rtęci w obu tych naczyniach i przez to zostawiamy gaz w biurecie (A) pod ciśnieniem atmosferycznym. Przekręcamy kurek (D) tak, aby naczynie (B) komunikowało z powietrzem zewnętrznym i równocześnie było połączone z rurką (b).

Przekręcamy kurek (E) tak, aby połączyć biuretę (A) z naczyniem (H) a odciąć komunikację z (F).

Nastawić menisk pyrogallolu dokładnie na znaczek (z), co się skutecznie zapomocą zbiornika rtęci (R).

(Przekręcić kurek (E) tak, aby łączył naczynie (F) z (A) a odciął (H). Nastawić meniski ługu na (x) i (y).)

Zamknąć zapomocą kurka (D) naczynie (B) od komunikacji z powietrzem otaczającym a natomiast połączyć rurkę (b) z naczyniem (B).

Przekręcić kurek (E) celem połączenia (A) z (H).

Wpędzać gaz z biurety (B) do naczynia (H) w ten sam sposób, jak podano przy absorbcji CO_2 . Należy przytem pamiętać, że odsetek tlenu bywa zwykle znacznie większy, niż bezwodnika i z powodu nagłej zmiany objętości można łatwo spowodować przerzucenie „pyro“ do biurety (A). Nastawić menisk „pyro“ mniej więcej na znaczek (z) i przekręcić kurek (E) w ten sposób, aby biuretę (A) połączyć z rurką (a) a odciąć od komunikacji z naczyniem (H). Poruszając zbiornikiem rtęciowym (R), wpędzić kilkakrotnie gaz zawarty w biurecie (A) do naczynia (F) i z powrotem, a to w celu zmieszania gazu zawartego w rurce (a) z gazem zawartym w naczyniu (A). Czynimy to dlatego, że pewna część gazu została po poprzednim doświadczeniu w rurce (a), która zawierała także pewną ilość tlenu, aby więc i ten tlen mógł ulec absorbcji, wpędzamy go w ten sposób do biurety gazowej (A).

Nastawiwszy poziom ługu znów na znaczek (x), przekręcamy kurek (E) tak, aby odciął rurkę (a) a połączył biuretę gazową ze zbiornikiem pyrogallolu. Teraz powtarzamy jeszcze raz absorbcję tlenu, przeprowadzając pięciokrotnie gaz do pyrogallolu.

Nastawiamy poziom pyrogallolu na znaczek (z) zapomocą zbiornika rtęciowego względnie jego korbki.

Przekręcamy kurek (E) tak, aby łączył biuretę gazową z rurką (a), a odciął od zbiornika pyrogallolu.

Nastawiwszy dokładnie poziom ługu na (x) i (y), odczytujemy objętość gazu zawartego w biurecie (A).

Powtarzamy absorbcję tlenu jeszcze raz i odczytujemy objętość gazu powtórnie. Jeżeli dwa te odczytania są ze sobą zgodne, absorbcję gazu należy uważać za zupełną.

Przyjmijmy, że objętość próbki powietrza wyde- chowego wynosiła	9.667 C
Objętość po absorbcji CO_2	9.336 „
Zatem objętość CO_2 równa się	0.341 „
Objętość po absorbcji O_2	7.698 „
Zatem objętość O_2 równa się	1.638 „

$$\text{CO}_2 \% = \frac{0.341}{9.647} \times 100 = \dots \dots \dots 3.52\%$$

$$\text{O}_2 \% = \frac{1.638}{9.647} \times 100 = \dots \dots \dots 16.93\%$$

$$\text{N}_2 \% = (\text{z różnicy}) = \dots \dots \dots 79.55\%$$

Uzyskane w ten sposób odsetki bezwodnika, tlenu i azotu odpowiadają rzeczywistości o tyle, o ile odnoszą się one do powietrza zupełnie suchego. Wiadomo, że powietrze wydechowe zawiera znaczne ilości wody w postaci pary wodnej, która w czasie absorpcji bezwodnika czy tlenu ulegała również absorpcji proporcjonalnie do swego ciśnienia i współczynnika rozpuszczalności. Dlatego też objętość odsetkowa, podana tutaj odnosi się wyłącznie do powietrza suchego. O sposobie przeliczania powietrza, zawierającego parę wodną, na powietrze suche mówiliśmy poprzednio.

(Po skończeniu oznaczenia należy rurki (C), (E) i (D) nastawić na położenie wskazane na rysunku. W ten sposób cały układ rurek aparatu wypełniony jest azotem i gotowy do następnego oznaczenia).

Skoro oznaczyliśmy odsetkowe składniki bezwodnika węglowego, tlenu i azotu, obliczamy na ich podstawie ilość tlenu pobranego i bezwodnika węglowego, wydalonego w jednostce czasu. Skład powietrza wdechanego przyjmujemy jako przeciętnie znany, albo też przeprowadzamy jego analizę w ten sam sposób, jak powietrza wydechowego. W pierwszym wypadku przyjmujemy jako skład odsetkowy suchego powietrza wdechowego:

$$\text{CO}_2 = 0.03\%$$

$$\text{O}_2 = 20.93\%$$

$$\text{N}_2 = 79.04\%$$

Różnica zatem wynosi dla bezwodnika $3.50 - 0.03 = 0.47\%$, a dla tlenu $20.93 - 16.89 = 4.04\%$. Na każde 100 cm³ powietrza przypadają takie wartości bezwodnika i tlenu. Ponieważ ilość powietrza wydechowego w przeciągu 5 minut i zredukowanego do wartości suchej wynosiła 47.04 litra (patrz str. 111), przeto na 1 minutę wynosiła 9.5 a stąd ilość bezwodnika węglowego 351.5 cm³ a ilość tlenu pobranego 474.75 cm³. Stąd współczynnik oddechowy = 0.78. Znając ilość azotu w tym czasie wydzielonego z moczem, możemy w sposób podany na str. 111 obliczyć ilość kaloryj przypadającą w tym czasie na spalenie białek, na spalenie węglowodanów i tłuszczów; możemy jednak jeszcze ilość kaloryj wyprodukowanych w tym czasie obliczyć w przybliżeniu w sposób uproszczony. Wychodzimy z założenia, że wszystkie trzy ciała pożytkowe ulegają w tym czasie równomiernie spalaniu, zwłaszcza, jeżeli badanie odbywa się naczczo w 12 do 16 godzin po pobraniu ostatniego posiłku; założenie takie odpowiada rzeczywistości. Wobec tego bierzemy przeciętną współczynnika kalorycznego:

Współczynnik kaloryczny O₂ Współczynnik kaloryczny CO₂

cukier 5.011

tłuszcze 4.686

białka 4.485

Razem 14.182 : 3 = 4.727

cukier 5.011

tłuszcze 6.629

białka 5.579

Razem 17.219 : 3 = 5.739.

Mnożąc ilość tlenu równą 0.475×4.727 , otrzymujemy 2.245 kal., które wytwarza badany ustrój na 1 minutę. To pomnożone przez $60 \times 24 = 1440$ daje 3.232 kalorie na dobę.

Nie należy używać bezwodnika węglowego dla oznaczenia ilości kaloryj z tego względu, że, jak to podane powyżej zestawienie współczynnika kalorycznego poucza, współczynnik kaloryczny dla cukru, białek i węglowodanów wykazuje znacznie większe różnice, aniżeli współczynnik kaloryczny tlenowy. Tylko więc w tym przypadku, gdy pacjent znajduje się czas dłuższy w tych samych warunkach odżywiania i gdy można dokładnie oznaczyć ilość rzeczywiście spalonych białek, tłuszczów i węglowodanów, dozwolonem jest obliczanie ilości kaloryj z ilości wydalonego bezwodnika węglowego¹⁾.

Metoda Douglasa należy do jednych z najprostszych metod oznaczania metabolizmu. Pozwala na równoczesne oznaczenie i tlenu i bezwodnika węglowego. Przez to, że powietrze wdechane pobierane jest z zewnątrz a wydechowe nagromadzone w worku, przez to odpadają niektóre ujemne strony innych sposobów oznaczania metabolizmu, zwłaszcza t. zw. powietrze wadłowe (Pendelluft), stanowiące ujemną stronę wielu przyrządów do oznaczenia wymiany gazowej.

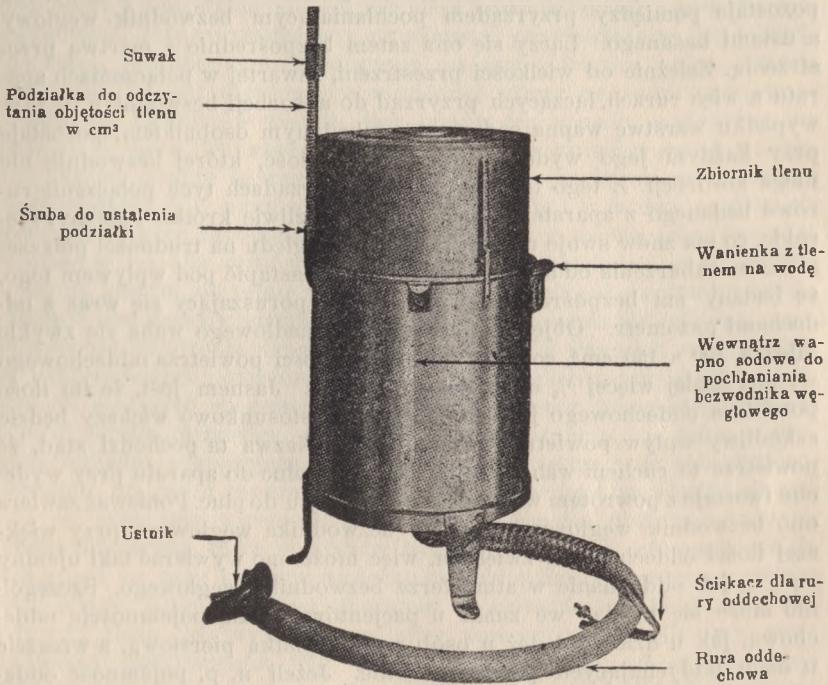
Wartości kaloryczne, obliczone z ilości tlenu czy bezwodnika, porównuje się z normami metabolicznymi tak, jak to omówimy w następnym rozdziale.

Główną jednak korzyścią tego sposobu oznaczania wymiany gazowej są znacznie większe możliwości zastosowania, aniżeli przy innych aparatach takich, jak n. p. Krogh'a lub Knippinga. Posługując się tak prostą aparaturą, możemy wykonywać cały szereg doświadczeń takich, jakie z tamtymi aparatami byłyby niemożliwe. Tak n. p. cały przyrząd Douglasa może badany wziąć na siebie, umocować worek za sobą na plecach, a wentyle wraz z ustnikiem zapomocą specjalnej opaski przymocować do głowy i można w ten sposób wykonywać doświadczenia i w czasie pracy, podróży i t. d. Przyrząd Haldane'a, którym się tutaj posługujemy, może nam służyć do analizy każdej mieszaniny gazów, zawierającej tlen i bezwodnik.

Jako typ stosunkowo mało skomplikowanych przyrządów do oznaczania wymiany gazowej zapomocą kalorymetrii krótkotrwałej, pośredniej, zamkniętej, a dających się łatwo użyć nawet przez kogoś, co nie ma szczególnej wprawy w gazometrii, podam tutaj opis przyrządu Benedicta i Sanborna. Jest to poprostu gazometr wodny, zawierający tlen. Tlen ten służy do oddychania. Przez oznaczenie ilości tlenu na początku i na końcu doświadczenia oznaczamy jego zużycie, czyli pobranie przez pacjenta. Powietrze wydechowe, powracając do gazometru, przechodzi przez warstwę wapna sodowego (soda-lame), które zatrzymuje drogą absorbcji bezwodnik węglowy. Tlen znajduje się oczywiście ponad wodą,

¹⁾ H. W. Knipping i H. L. Kowitz: l. c. str. 6 i 117.

zawartą w dolnym naczyniu gazometru i ponad warstwą wapna sodowego. Naczynie górne, zawierające tlen pływa we wodzie, wypełniającej dolne naczynie. Część aparatu zawierająca wapno sodowe posiada rurę, odchodzącą od niej ku dołowi, zaopatrzoną ewentualnie ustnikiem. Ponieważ badany wciąga tlen z tego samego naczynia, do którego wydecha powietrze wdechowe, przeto należy się liczyć z oporem, stawianym przez górny cylinder wydechowi, dlatego też cylinder górny powinien być z możliwie lekkiego metalu, a nawet dawniejsze przyrządy Sanborna zaopatrzone były osobnym przyrządem do zrównoważenia jego ciężaru, mianowicie na górnej ścianie cylindra przyczepiony był sznur, przeciąg-



Ryc. 4.

nięty przez blok, a na drugim końcu sznura wisiał ciężarek, równoważący ciężar całego cylindra. W ten sposób niwelowano opór stawiany przez cylinder wydechowy.

Z boku naczynia umieszczona jest podziałka, która zależnie od stanu górnego cylindra podaje ilość tlenu w nim zawartą. Ilość zużytego tlenu odczytuje się wprost z różnicy położenia cylindra. Oczywiście wskutek zużycia tlenu cylinder górny będzie opadał. Ponieważ z każdym wdechem i wydechem cylinder porusza się jużto w dół, jużto w górę, należy przez przekręcenie trójdrożnego kurka łączyć pacjenta

z aparatem dokładnie w tej samej fazie oddechowej, t. zn. na szczycie wydechu. W tej samej także fazie doświadczenie przerywać^{1) 2)}.

Jakkolwiek przyrząd Sanborna nie może dawać dokładnych wyników, to jednak dla czysto praktycznych celów tam, gdzie chodzi o zorientowanie się w wysokości metabolizmu, może dawać zupełnie wystarczające wskazówki. Znacznie wzrasta jego wartość, jeżeli jest równocześnie zaopatrzone w przyrząd do zapisywania krzywych oddechowych, tak że można kontrolować zachowanie się oddechowe pacjenta w czasie doświadczenia.

Główną wadą tego aparatu jest wspomniane już „powietrze wahadłowe“. Rozumie się przez to tę część powietrza wydechowego, która pozostaje pomiędzy przyrządem pochłaniającym bezwodnik węglowy a ustami badanego. Łączy się ona zatem bezpośrednio z martwą przestrzenią. Zależnie od wielkości przestrzeni, zawartej w połączeniach aparatu a więc rurach, łączących przyrząd do absorpcji bezwodnika (w tym wypadku warstwę wapna sodowego) z badanym osobnikiem, pozostaje przy każdym jego wydechu pewna jego ilość, której bezwodnik nie ulega absorpcji. Z tego też względu w przyrządach tych połączenie rurowe badanego z aparatem powinno być możliwie krótkie i niezbyt szerokie, co ma znów swoje ujemne strony ze względu na trudności połączenia oraz zaburzenia oddechowe, które mogą nastąpić pod wpływem tego, że badany ma bezpośrednio przed oczami poruszający się wraz z oddechami gazometr. Objętość powietrza wahadłowego waha się zwykle między 100 a 150 cm³, co przy normalnej ilości powietrza oddechowego wynosi mniej więcej $\frac{1}{5}$ do $\frac{1}{4}$ jego objętości. Jasnym jest, że im ilość powietrza oddechowego jest mniejszą, tem stosunkowo większy będzie szkodliwy wpływ powietrza wahadłowego. Nazwa ta pochodzi stąd, że powietrze to ruchem wahadłowym wędruje z płuc do aparatu przy wydechu i zostaje z powrotem wciągnięte z przyrządu do płuc. Ponieważ zawiera ono bezwodnik węglowy i ilość ta bezwodnika węglowego przy większej ilości oddechów się zwiększa, więc może ono wywierać taki ujemny wpływ, jak oddychanie w atmosferze bezwodnika węglowego. Szczególnie może się to dać we znaki u pacjentów z małą pojemnością oddechową, jak u dzieci lub też u osób z małą klatką piersiową, a wreszcie u osób, oddychających powierzchownie. Jeżeli n. p. pojemność oddechowa wynosi 200 cm³ a powietrze wahadłowe 150, to w takim razie badany większą część swojego powietrza wydechowego ciągnie z powrotem, tak, że tylko mniejsza część jego powietrza wydechowego zostanie uwolniona od bezwodnika. Tem więcej, że właśnie absorpcji nie ulega ta część powietrza wydechowego, która zawiera najwięcej bezwodnika, to zn. wydechana przy końcu wydechu. Z tych powodów powinno się używać tylko takich przyrządów, których powietrze wahadłowe wynosi co najwyżej 50—60 cm³.³⁾

Jako przykład przyrządu, służącego do kalorymetrii pośredniej

¹⁾ Frank B. Sanborn: Basal Metabolism, Sanborn Company, Boston 1922, str. 130.

²⁾ H. W. Knipping i H. L. Kowitz, l. c. str. 66.

³⁾ H. W. Knipping, H. L. Kowitz, l. c. str. 58.

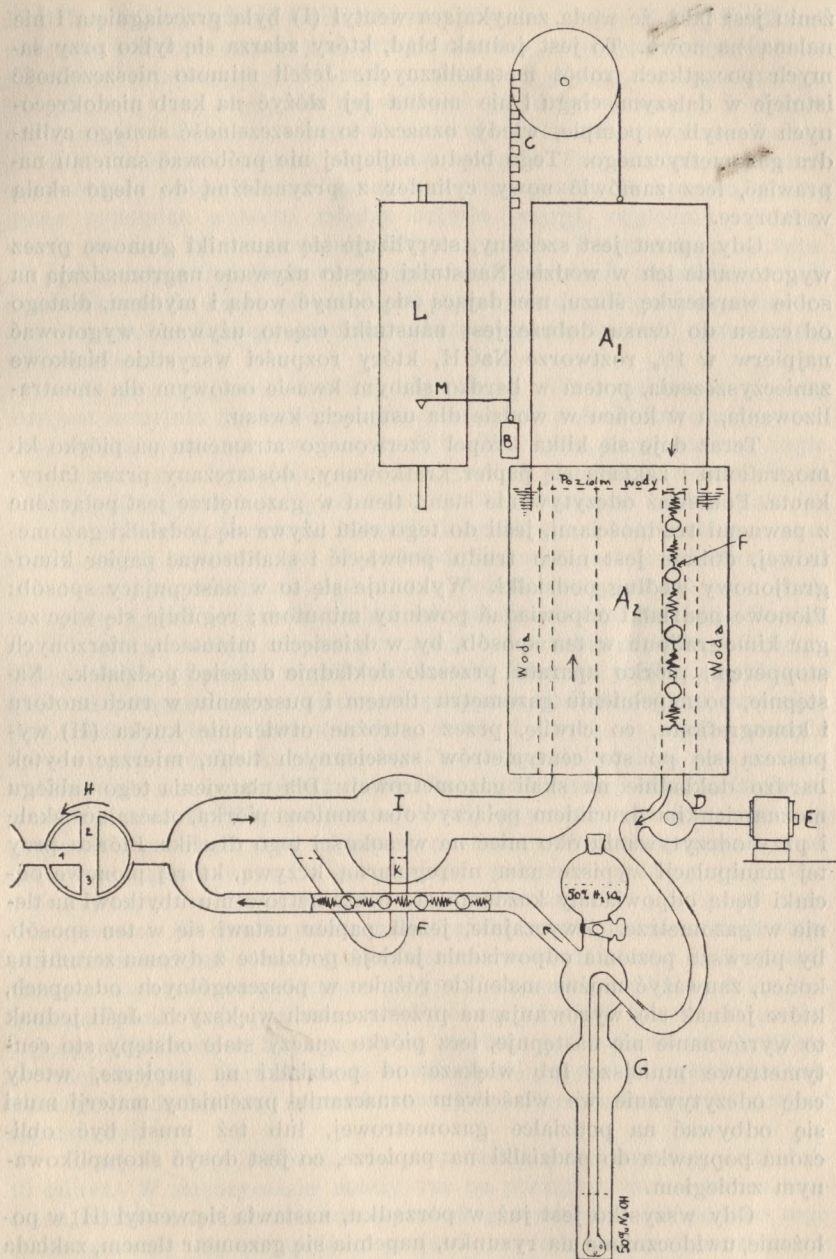
krótkotrwałej, zamkniętej podamy tu jeszcze opis przyrządu Knippinga. Jest to jeden z najnowszych, bardzo dzisiaj używanych i dokładnych sposobów oznaczenia wymiany gazowej. Ponieważ osobiście nigdy tym przyrządem nie pracowałem, więc podam tutaj opis przyrządu i sposobu jego użycia, skreślony na moją prośbę przez prof. J. Retingera kierownika pracowni chemiczno-metabolicznej Lecznicy Związkowej w Krakowie:

Opis aparatu: aparat składa się z następujących części: gazometr (A), (spirometr) o pojemności 8 litrów, ma na przeciwwadze umieszczoną wskazówkę, pozwalającą każdej chwili na dokładne odczytanie zawartości. Cylinder gazometru, wykonany z prasowanego glinu jest bardzo lekki i nie mając spojeń, nie daje łatwo zaburzeń z powodu nie szczelności. Jest on zawieszony na sznurze, przechodzącym przez wielkie koło i posiadającym przeciwagę na swym drugim końcu. Ponieważ celem jej jest niwelowanie względnej utraty na wadze przy zanurzeniu się cylindra w wodzie, jest ona w ten sposób rozdzielona, że główny ciężarek (B) przedstawia wagę cylindra zanurzonego w wodzie, zaś różnicę między tą wagą a wagą cylindra w powietrzu przedstawiają małe ciężarki (C), umieszczone w taki sposób i w takim miejscu na sznurze, że przy zupełnym zanurzeniu cylindra w wodzie stoją one równomiernie po obu stronach prostopadłej, przechodzącej przez środek koła, na którym się sznur porusza i w ten sposób nie wpływają na obciążenie obu końców sznura, zaś w miarę wynurzania się cylindra, przesuwają się ku stronie drugiej, w takiej ilości, że waga ich reprezentuje w każdorazowym położeniu cylindra jego względny przybytek na wadze. W nowszych aparatach tego samego systemu przeciwwaga ta jest nie w formie ciężarków, umieszczonych na sznurze, ale jako odwrócone wahadło, poruszające się zapomocą łuku zębatego w kierunku odwrotnym do ruchu sznura. Niwelowanie pozornego przybytku na wadze cylindra jest wprowadzone w celu uniknięcia dodatkowej pracy klatki piersiowej, która musiałaby być wykonana dla pokonania zwiększającego się przy każdym wydechu ciężaru cylindra gazometru. Ponieważ aparat Knippinga jest aparatem o systemie zamkniętym, ruch okrężny tlenu jest wykonywany przy pomocy pompy (D) poruszanej motorem elektrycznym (E). Ponieważ pompa ta jest szybkiebieżna i pracę swą wykonuje w sposób pulsujący, więc, by uniknąć przykrego dla pacjenta rzutowego dopływu tlenu do płuc, umieszczono po obu stronach pompy, od gazometru z tlenem i od strony pacjenta, dwa tłumiki sprężynowe, znoszące bardzo dokładnie owo pulsowanie (FF). Od pompy tlen przechodzi do płuczek, gdzie przedostaje się najpierw przez warstwę 50% NaOH, utracając wszystkie bezwodnik węglowy. Za płuczką przechodzi tlen przez już wymieniony drugi tłumik i przechodzi obok naustnika (H), z którego pacjent czerpie tlen potrzebny do oddechania. W miejscu tem, od którego jest przewód gazowy prowadzi dalej do gazometru, spostrzegamy znaczne rozszerzenie średnicy rur, którego celem jest ułatwienie odpływu wydechanego powietrza płucnego. W ten sposób powietrze wydechowe dostaje się znowu do gazometru, stąd do

pompy i do płuczki, gdzie utracą cały bezwodnik węglowy. Pacjent ma więc zawsze do dyspozycji tylko czysty tlen. Naustnik z rozszerzeniem na przewodzie jest połączony zapomocą trójdrożnego kurka metalowego: jeżeli kurek jest nastawiony, jak to wskazuje rysunek, wtedy pacjent oddecha wprost powietrzem zewnętrznym przewodem 1—2, zaś przy nastawieniu kurka o 90 stopni w kierunku strzałki oddycha tylko tlenem, gdyż wtedy przewód 2—3 łączy naustnik z przewodem tlenowym, a przewód 1 jest zamknięty ścianą kurka. Na przestrzeni powrotnej przewodu mamy jeszcze wentyl (I): jestto kula, połączona z zewnętrzną atmosferą rurą (K), do połowy zapełnioną wodą. Ponieważ w obiegu tlenowym niema zwiększonego ciśnienia i tlen krąży pod ciśnieniem barometrycznym, wentyl ten nie dopuszcza do utraty tlenu. Gdyby jednak albo motor poruszający pompę stanął i w ten sposób tlen nie byłby oczyszczany z bezwodnika węglowego, lub też gdyby z powodu bardzo zwiększonego zużycia tlenu zapas jego w gazometrze uległ wyczerpaniu, wtedy pacjent z łatwością przeciągnie opór tych kilku centymetrów wody z wentylu i przez otwarcie w ten sposób połączenia nazewnątrz umożliwi sobie oddychanie powietrzem zewnętrznym. Nie ma więc obawy duszenia się pacjenta.

Obok cylindra gazometru, gdy ten jest napełniony tlenem, znajduje się kimografion, na którym zapomocą piórka (M) umocowanego do przeciwwagi, jest zapisywane całe oddychanie podczas oznaczania.

Przebieg oznaczania. Przed rozpoczęciem doświadczenia następujące przygotowawcze szczegóły muszą być załatwione: skontrolować motor i pompę, czy dobrze funkcjonują. Przy tej ostatniej jest zasadniczo ważnem przed każdym doświadczeniem nalać świeżej oliwy do osi i odlać starą oliwę od wewnętrznych skrzydeł, przez odkręcenie wentyla znajdującego się pod stołem aparatu, bezpośrednio pod rurą, odprowadzającą tlen z pompy. Jeśli teraz odkręcić górny wentyl, nalać do otworu świeżej oliwy i po zakręceniu znowu górnego wentyla na chwilę puścić motor, wtedy pompa sama wydmucha dolnym otworem brudną oliwę. Po zakręceniu dolnego otworu pompa jest gotowa do pracy. Chcąc skontrolować, czy aparat jest szczelny i nie puszcza tlenu, należy gazometr napełnić tlenem, kurek (H) nastawić w położenie uwidocznione na rysunku, a więc odciąć obieg od powietrza zewnętrznego, obciążyć cylinder, najlepiej zegarkiem i puścić w ruch motor na kilka minut. Małe obniżenie poziomu cylindra w chwili puszczenia w ruch motoru jest spowodowane zagęszczeniem powietrza przez pompę w samej pompie. Jeżeli w dalszym ciągu poziom się nie obniża, aparat jest szczelny. Jeśli zaś obniżenie stale postępuje, należy zbadać powód nie szczelności. Najczęstszym błędem jest wentyl (I), który należy najpierw rozkręcić, oczyścić na sucho miękką ściereczką i na nowo nasmarować specjalnym smarem do kurków metalowych, dostarczany z aparatem. Nie należy nigdy używać tak zwanego Zahnfett, a używanego do kurków szklanych, gdyż zawiera on kwasy, które z czasem nadgryzają powierzchnię kurka do tego stopnia, że szczelności wogóle nie można potem osiągnąć. Czasem również powodem opadania cylindra przy obciąż-



Ryc. 5.

Przyrząd H. W. Knippinga.

zeniu jest fakt, że woda, zamykająca wentyl (I) była przeciągnięta i nie nalana na nowo. To jest jednak błąd, który zdarza się tylko przy samych początkach robót metabolicznych. Jeżeli mimoto nieuszczelność istnieje w dalszym ciągu i nie można jej złożyć na karb niedokreconych wentyli w pompie, wtedy oznacza to nieuszczelność samego cylindra gazometrycznego. Tego błędu najlepiej nie próbować samemu naprawiać, lecz zamówić nowy cylinder z przynależną do niego skalą w fabryce.

Gdy aparat jest szczelny, steryлізуje się naustniki gumowe przez wygotowanie ich w wodzie. Naustniki często używane nagromadzają na sobie warstwę śluzu, nie dającą się odmyć wodą i mydłem, dlatego od czasu do czasu dobrze jest naustniki często używane wygotować najpierw w 1% roztworze NaOH, który rozpuści wszystkie białkowe zanieczyszczenia, potem w bardzo słabym kwasie octowym dla zneutralizowania, a w końcu w wodzie dla usunięcia kwasu.

Teraz daje się kilka kropel czerwonego atramentu na piórko kimografionu i zakłada się papier kratkowany, dostarczany przez fabrykanta. Ponieważ odczytywanie stanu tlenu w gazometrze jest połączone z pewnymi trudnościami, jeśli do tego celu używa się podziałki gazometrycznej, dobrze jest nieco trudu poświęcić i skalibrować papier kimografjonowy według podziałki. Wykonuje się to w następujący sposób: Pionowe podziałki odpowiadać powinny minutom; reguluje się więc zegar kimografionu w ten sposób, by w dziesięciu minutach, mierzonych stopperem, piórko aparatu przeszło dokładnie dziesięć podziałek. Następnie, po napełnieniu gazometru tlenem i puszczeniu w ruch motoru i kimografionu, co chwilę, przez ostrożne otwieranie kurka (H) wypuszcza się po sto centymetrów sześciennych tlenu, mierząc ubytek bardzo dokładnie na skali gazometrycznej. Dla ułatwienia tego zabiegu można cienkim drucikiem połączyć oba ramiona piórka, otaczające skalę i przy odczytywaniu oko mieć na wysokości tego druczika. Piórko przy tej manipulacji wypisze nam nieregularną krzywą, której pionowe odcinki będą odpowiadały każdemu sto centymetrowemu ubytkowi na tlenie w gazometrze. Zwyczajnie, jeżeli papier ustawi się w ten sposób, by pierwsza pozioma odpowiadała jakiejś podziałce z dwoma zerami na końcu, zauważyć można małe różnice w poszczególnych odstępach, które jednak się wyrównują na przestrzeniach większych. Jeśli jednak to wyrównanie nie następuje, lecz piórko znaczy stale odstępów sto centymetrowe mniejsze lub większe od podziałki na papierze, wtedy całe odczytywanie we właściwym oznaczaniu przemiany materji musi się odbywać na podziałce gazometrycznej, lub też musi być obliczona poprawka do podziałki na papierze, co jest dosyć skomplikowanym zabiegiem.

Gdy wszystko jest już w porządku, nastawia się wentyl (H) w położenie, uwidocznione na rysunku, napełnia się gazometr tlenem, zakłada na metalowy wylot wentyli (H) naustnik gumowy, używając kropli gliceryny dla ułatwienia. Teraz wkłada się do pustego naczynia chłodzącego płuczkę, do której przez górną boczną rurkę wiano 75 cm^3 50%

NaOH, a do najwyższej bańki 150 cm³ 50% (na wagę) H₂SO₄ i zatkano dobrym korkiem gumowym. Przy motorze stojącym łączy się rurę płuczkę, skierowaną w dół z rurą gumową od pompy, a rurę, sterującą do góry z rurą, idącą do naustnika i po skonstatowaniu, że kurek szklanny płuczek jest w ten sposób nastawiony, że nie przepuszcza kwasu do dolnych baniek, puszcza się motor w ruch. Pacjent, leżąc nawznak sam wkłada sobie do ust naustnik w ten sposób, że szeroka, płaska guma naustnika wchodzi między dziąsła i wargi, względnie policzek; należy uważać, by nie powstały fałdy na gumie. Podczas tego zakładania należy ułatwić pacjentowi pracę przez nastawianie naustnika w najdogodniejsze dla niego położenie, co łatwe jest do dokonania po otwarciu wszechkierunkowego zawiasu, na którym cała ta część aparatu jest umieszczona.

Na nos pacjentowi zakłada się kłamrę. Dla przekonania się, czy nos jest szczelnie zamknięty, można pacjentowi polecić dmuchanie przez nos, zatykając palcem otwór w wentylu (H). Teraz, przy motorze ciągle w ruchu, bierze się w jedną rękę stopper lub zegarek ze sekundnikiem a drugą ujmuje się rączkę od wentyla (H). Pacjentowi najlepiej nie dawać przed doświadczeniem żadnych informacji co do przebiegu oznaczenia, tylko zapewnić go, że wszelkie duszenie jest niemożliwe, gdyż aparat zawiera wielki nadmiar tlenu, polecić mu zamknąć oczy, o niczem nie myśleć i oddechać tyle i tak, jak będzie czuł potrzebę. Bardzo zły oddech wywołują zawsze pouczenia o potrzebie oddechu równego, dlatego najlepiej o tem wogóle nie mówić. Mimo to pacjent zwykle reaguje na połączenie go z aparatem polypnoą, jednak szybko przemijającą. Należy więc odczekać dobrą chwilę i z ręką na rączce wentyla obserwować ruch klatki piersiowej. Pacjent powinien mieć ręce ułożone wzdłuż ciała a koc na piersiach być bez fałdów, celem ułatwienia obserwacji oddechu. Dopiero po pewnej chwili, gdy można przypuszczać, że pacjent się uspokoił, przy najgłębszym stanie wydechu nieznacznie przekręca się rączkę wentyla, ustanawiając połączenie między pacjentem a tlenem aparatu. Ręki nie należy ani zaraz, ani zbyt prędko od wentyla odsuwać. W chwili przekręcania rączki trzeba puścić w ruch stopper lub zapamiętać stan zegarka wraz ze sekundnikiem. Jeśli prawidłowo i nie nerwowo połączono pacjenta z aparatem, piórko, które dotychczas pisało linię poziomą, powinno zacząć pisać krzywą, odpowiadającą oddechowi, a linja pozioma powinna być najniższym punktem na całej krzywej. Bardzo częste obniżanie się przez chwilę punktów najniższego wydechu jest spowodowane tylko nieodeczekaniem, aż pacjent się uspokoi.

Pacjent oddycha teraz, leżąc bez ruchu, przez przeciąg dokładnie 10 minut. W międzyczasie należy raz na początku, raz na końcu tego czasu, odczytać termometr, wiszący obok gazometru. Jeżeli podczas tego czasu zauważy się niepokój u pacjenta, co jest natychmiast widoczne na nierównomiernej krzywej oddechu, należy bez ruszania się zbadać wzrokiem, co jest powodem zaniepokojenia. Jeśli ucisk kłamry nosowej jest zbyt wielki, nie da się tego podczas oznaczania naprawić,

więc można tylko pacjenta uspokoić, że doświadczenie się zaraz skończy. W lecie często mucha niepokoi pacjenta. Wtedy należy ją odganiać, lecz bez wielkich ceregieli, by nie podniecać chorego. Jeśli, co specjalnie u inteligentnych chorych często się zdarza, na początku oddech był dosyć płytki i w rezultacie zauważyć można na krzywej zwiększającą się głębokość oddechu, wtedy, by uniknąć zdenerwowania z powodu uczucia duszenia, najlepiej poradzić pacjentowi kilkakrotnie głęboko odechnąć. Jednak w ostatniej minucie doświadczenia należy tylko uspokajająco przemawiać i to tonem bardzo spokojnym.

Gdy stopper wskazuje dokładnie 10 minut, przestawia się wentyl (H) znowu w położenie na rysunku uwidocznione. Aby pacjenta w ostatniej chwili nie zdenerwować, należy rękę położyć na rączce od wentyla pół minuty wcześniej i odstawić pacjenta znowu przy najgłębszym wydechu, co teraz najwidoczniejsze jest na krzywej. Przy motorze w dalszym ciągu będącym w ruchu wyjmuje się pacjentowi naustnik i zdejmuje kłamrę z nosa. Do naczynia, w którym stoi płuczka, wlewa się zimnej wody, która w lecie może zawierać kilka kawałków lodu i oczekuje się, aż temperatura tlenu w gazometrze się obniży do pokojowej, co się uwidacznia przez dojsście do poziomu linii, pisanej przez piórko kimografionu. Aby zmierzyć podczas doświadczenia wydzielony bezwodnik węglowy, musimy go najpierw uwolnić z węglanu sodowego, który powstał w ciągu całego doświadczenia, przez neutralizowanie bezwodnika w płuczce ługiem sodowym. Dokonuje się tego przez nastawienie kurka, który jest umieszczony między dwoma górnymi bańkami płuczki, w ten sposób, że kwas zawarty w górnej bańce dość szybko do dolnych części wpływa. Bezwodnik węglowy powstający zwiększa objętość zamkniętej przestrzeni gazometrycznej, gazometr się podnosi, a piórko na kimografionie pisze linję, opadającą gwałtownie szybko. Po zupełnym opróżnieniu górnej bańki oczekuje się znowu na wyrównanie temperatury i teraz dopiero odstawia się motor. Aby uniknąć zbyt wielkiego rozpuszczenia bezwodnika w wodzie gazometru, natychmiast wyłącza się płuczkę przez zesunięcie obu gum z nią połączonych, nastawia się wentyl (H) na połączenie wnętrza z zewnętrzną atmosferą i puszcza się motor w ruch na krótki przeciąg czasu, przyczem gazometr szybko się opróżnia. Jeśli opróżnianie gazometru nie następuje bardzo szybko, oznacza to albo przeszkodę jakąś w przewodach, albo, co jest najczęstsze, że motor za słabo ciągnie pompę. Najłatwiej zaradzić temu błędowi przez naciągnięcie pasa między motorem a pompą.

Pacjenta, przed jego ubraniem się, waży się, mierzy jego wysokość i z tablic Knippinga i Rony oblicza się normalną produkcję ciepła dla osobnika tej samej płci, wagi, wysokości i wieku.

Z objętości zużytego tlenu i wydzielonego bezwodnika węglowego, przy użyciu następującego blankietu oblicza się u pacjenta własną produkcję ciepła w 24 godzinach i przez podzielenie tej cyfry przez normalny, wyżej obliczony metabolizm, otrzymuje się stan metabolizmu podstawowego. Cyfrę w ten sposób otrzymaną mnożymy przez 100 i jeżeli własna produkcja pacjenta była wyższa, wtedy liczba ta jest więk-

sza od stu i różnica daje zwiększenie metabolizmu w procentach; jeżeli zaś własny metabolizm był niższy od normalnego, wtedy liczba otrzymana jest mniejsza od stu i znowu różnica ta daje obniżenie przemiany materji. Jeżeli więc przez podzielenie produkcji własnej przez normalną otrzymamy liczbę np. 145, to stan metabolizmu podstawowego pacjenta jest + 45%; jeżeli zaś iloraz wynosi np. 82, wtedy stan metabolizmu podstawowego pacjenta jest — 18%.

Oznaczenie metabolizmu podstawowego.

Pacjent	
Lekarz	
Data	
Ciśnienie mm	Wysokość cm
Temperatura	Waga kg
Współczynnik redukcyjny	Wiek lat
Wydzielono CO ₂ (I) cm ³	
" " (II) "	
przeciętnie CO ₂ cm ³	log CO ₂
	+ log wsp. red.
<u>CO₂ (zreduk.) cm³</u>	log CO ₂ zred.
Zużyto O ₂ (I) cm ³	
" " (II) "	
przeciętnie O ₂ cm ³	log O ₂ zred.
	+ log wsp. red.
<u>O₂ (zreduk.) cm³</u>	log O ₂ zred.
<u>Współczynnik oddechowy</u>	log współ. oddech.
	Współcz. kaloryczny log.
	+ log O ₂
<u>Pacjent w warunkach podstawowych w 24 g. produkuje kal.</u>	
Liczba I normalna	
" II " 	
Normalna produkcja kal.	— log.

<u>Stan metabolizmu podstawowego pacjenta jest</u>	

VII.

O metabolizmie energetycznym i jego rodzajach, normach i znaczeniu klinicznym.

Uzyskane, w opisany w rozdziale VI sposób, wartości wymiany gazowej lub też kaloryj, wytworzonych przez ustrój w przeciągu pewnego czasu, są podstawą, na której opiera się nauka o metabolizmie jako o objawie klinicznym, zapomożą którego oceniamy ilość oraz jakość metabolizmu poszczególnych ludzi. Ze stanowiska klinicznego nie tyle nawet ważną jest bezwzględna ilość kaloryj, jaką badany człowiek produkuje w pewnym czasokresie, ile przedewszystkiem stosunek wysokości jego metabolizmu do warunków w jakich on się znajduje i w jakich żyje. Z pośród tych warunków odróżniamy trzy zasadnicze grupy. Pierwsza z nich to są warunki „postaciowe“, a więc dotyczące jego budowy, wzrostu, wagi, powierzchni ciała, wieku, płci i składu chemicznego. Drugą stanowią warunki odżywienia. Trzecią warunki pracy. Dlatego też ze stanowiska klinicznego rozróżniamy trzy zasadnicze rodzaje metabolizmu t. j.:

1) Metabolizm minimalny, albo inaczej spoczynkowy (endogeniczny), z którego wyprowadzamy metabolizm powierzchniowy. Ostatecznym celem badania tego metabolizmu jest zorientowanie się w tempie metabolicznem badanego osobnika i w uchwyceniu różnic, jakie w tym kierunku mogą pomiędzy różnymi ludźmi zachodzić. Przez tempo rozumiemy tutaj stosunek ilości kaloryj wyprodukowanych przez badanego człowieka do czasu z jednej strony, a z drugiej do takich wartości ustroju ludzkiego, od których metabolizm bezpośrednio zależy. Ponieważ eliminujemy przy tem takie czynniki, jak wielkość ciała, wielkość jego powierzchni, wagę ciała, więc będziemy mogli zestawić ilość wyprodukowanych w pewnym czasokresie kaloryj z jakością metaboliczną samych tkanek w ustroju, i w ten sposób mierzyć samą jakość metaboliczną ustroju i jego temperament energetyczny. Nie ulega wątpliwości, że człowiek dwa razy większy, musi produkować większą ilość kaloryj od mniejszego. Ta jednak różnica nie będzie jednak miarą jego temperamentu. Dopiero, gdy wyeliminujemy zależność produkcji kaloryj od różnicy wielkości tych dwóch ludzi, możemy mówić o różnicy w temperamencie ich pod względem wytwarzania energii. Dlatego to nauka o metabolizmie powierzchniowym czyli podstawowym ma tak daleko idące znaczenie dla klinistów.

2) O metabolizmie poborowym będziemy mówili w znaczeniu zależności wytwarzania energii od odżywienia, przekonamy się jednak, że decydującym tu będzie nie sam skład pożywienia, nie ilość energii w nim zawartej, ani nawet nie wyłącznie jego odsetkowa zawartość białek, węglowodanów czy tłuszczów, ale będą tu wchodzić czynniki endogeniczne ustroju, które najogólniej określimy nazwą endogenicznej indywidualnej normy wagi. Polega ona na tem, że każdy normalny ustrój posiada swoją indywidualną, że użyję tego słowa idealną, normę wagi,

przez konstytucję mu nadaną, do której dąży, której broni przed niebezpieczeństwem, zagrażającym mu czy to przez nadmierną, czy niedostateczną ilość poborów i to znów tak w znaczeniu ogólnej ilości energii w tych poborach zawartej, jak i nadmiaru czy niedoboru poszczególnych składników białek, węglowodanów czy tłuszczów. W miarę, jak pobory będą nadmierne, będzie ustrój zwiększał produkcję energii, przyspieszał swoją przemianę materji i zapobiegał w ten sposób nadmiernemu przyrostowi wagi. Przy niedoborze poborowym będzie odwrotnie.

3) Metabolizm pracy może być również rozpatrywany z punktu widzenia indywidualności metabolicznej badanego, przyczem będzie chodziło przede wszystkim o wydajność pracy, t. zn. o stosunek pracy efektywnej, mięśniowej do nakładu energii, jaki przez ustrój został w tym kierunku zużyty. Cechą kliniczną, na której się ten stosunek będzie opierał, będzie mniejsza lub większa zorność energetyczna ustroju.

Jak widzimy, zasadniczą różnicą, jaka zachodzi między tym rozdziałem a poprzednimi jest czysto kliniczny punkt widzenia. O ile poprzednio chodziło nam o pewne porównawcze normy i prawa metabolizmu energetycznego, dotyczące wszystkich ustrojów ludzkich i dla wszystkich z nich jednakowo ważne, o tyle tutaj staramy się w pierwszym rzędzie zapoznać z indywidualnymi różnicami, jakie zachodzą w tym kierunku pomiędzy poszczególnymi ludźmi. I tak, jak patologia szczegółowa kliniczna tem się różni od patologji ogólnej, że nie tyle traktuje o chorobach, ile raczej o ludziach chorych, tak i tutaj w tym rozdziale nie będziemy wyłącznie mówić o ogólnych prawach metabolizmu, ale głównie o kryterjach, zapomocą których możemy rozpoznać charakterystyczne cechy metaboliczne poszczególnego człowieka, naszego pacjenta.

A. O metabolizmie powierzchniowym czyli podstawowym.

Pragnąc porównać metabolizm różnych osobników, musimy sprowadzić go do możliwie prostych warunków doświadczenia i warunki te dla różnych ludzi ujednostajnić. Celem ściślejszego ujęcia różnych czynników, warunkujących takie a nie inne zachowanie się metabolizmu w ustroju różnych ludzi, postępujemy w podobny sposób, jak przy doświadczeniach nad patogenozą zaburzeń, zwłaszcza metabolicznych. Mianowicie staramy się oddzielić te czynniki, które zależą w pierwszym rzędzie od ustroju samego, od innych, których przyczyny należy szukać raczej w warunkach świata otaczającego. Dzielimy je więc na czynniki endogeniczne i egzogeniczne.

Zgodnie z tem wprowadzono oddawna pojęcie metabolizmu t. zw. minimalnego. Nazwa ta wprowadzona, zdaje się, najpierw przez francuskich autorów, odpowiada mniejwięcej temu, co Magnus-Levy nazwał „Grundumsatz“. Rozumiemy przez to tę ilość kaloryj, którą ustrój żywy wytwarza w pewnych szczególnych warunkach, a mianowicie:

1) naczepo i to co najmniej w 12, najlepiej 16 lub nawet 18 godzin po ostatnim posiłku;

2) w stanie jak najmniejszego wysiłku mięśniowego, t. zn. nie tylko, że ustrój nie wykonuje w czasie badania żadnej pracy, ale nawet stan t. zw. spoczynkowego napięcia mięśni powinien być doprowadzony do minimum, ruchy oddechowe powinny być możliwie spokojne;

3) stan ten osiąga się najlepiej po dobrze przespanej nocy. Wogóle badany powinien spędzić ostatnie 10—12 godzin bez większego wysiłku mięśniowego, a ostatnie 1—2 godzin w stanie zupełnego spoczynku, a w każdym razie badany nie powinien był wykonywać żadnej pracy mięśniowej, conajmniej na pół godziny przed badaniem;

4) badany powinien się znajdować w możliwie obojętnej ciepłocie otoczenia i to obojętnej indywidualnie tak, aby nie odczuwał ani zbyt wysokiej, ani zbyt niskiej temperatury, i aby nie widać było w tym kierunku żadnej reakcji;

5) badany musi się znajdować w stanie spokoju psychicznego;

6) o ile badanie nie ma na celu pewnych szczególnych zagadnień rozpoznawczych czy patogenetycznych, nie należy wykonywać zadania w pewnych szczególnych okresach życia, jak np. po źle przespanej nocy, po jakichkolwiek ekscesach, w czasie miesiączkowania i t. d.

H. W. Knipping¹⁾ przyjmuje, że zdrowy młody człowiek lat 20, wzrostu 180 cm, wagi 85 kg, w stanie spoczynku pobiera i zużywa na dobę około 400 litrów tlenu, co odpowiada 570 gr tlenu. „Przebieg tego zjawiska jest tak równomierny przy spoczynku i niepobieraniu pokarmów — powiada Knipping —, że na podstawie empirycznego zbadania dziesięciominutowego czasokresu można z dokładnością 1—2% lub nawet jeszcze większą, obliczyć dobową wartość wymiany gazowej a stąd odpowiednią wartość kaloryczną, t. z. metabolizm minimalny“.

Oznaczenie wymiany gazowej w tych warunkach poucza, że u różnych ludzi ilość kaloryj, wytworzona w tym samym czasie, jest w dosyć szerokich granicach różna. W każdym jednak razie z warunków badania i z określenia metabolizmu minimalnego wynika, że różnice te nie mogą zależeć ani od bezpośrednio pobranych poborów, ani od jakichkolwiek innych bezpośrednich wpływów otoczenia, że więc wartość tego metabolizmu będzie zależała w pierwszym rzędzie od endogenicznych warunków ustroju. Może nawet słuszniejszą była nazwa metabolizmu endogenicznego, niż metabolizmu minimalnego, tem więcej, że, jak to badania wykazały, naprawdę najmniejszej wartości metabolizmu znajdujemy nie przy badaniu w warunkach podanych dla metabolizmu t. zw. najmniejszego, ale w czasie głębokiego snu lub też — do czego później jeszcze będziemy mieli sposobność wrócić — w czasie dłuższy czas trwającego postu lub też niedożywienia.

Uwolnwszy się w ten sposób od warunków egzogenicznych stara i starała się nauka oddawna znaleźć i wyjaśnić zależność tego metabolizmu „endogenicznego“ od poszczególnych endogenicznych warunków. Odrazu uderzyły dwa fakty, t. j. zależność od wielkości ciała i od wieku.

¹⁾ H. W. Knipping: Ergebnisse d. Gasstoffwechseluntersuchung f. d. Klinik; Klin. Wochenschr. nr. 2, s. 49.

Zależność ta jednak była co do wieku odwrotnie proporcjonalną a co do wielkości ciała wprost proporcjonalną. Stąd wynika wskazówka, że porównywać ze sobą można ustroje, znajdujące się mniej więcej w tym samym okresie życia, w tym samym mniej więcej wieku. O ile jednak stosunkowo łatwe jest zestawienie ludzi i porównywanie ich ze sobą odnośnie do wieku, o tyle może większe trudności mogą się nasuwać przy porównywaniu ludzi tej samej wielkości ciała, tem więcej, że wielkość ciała jest pojęciem dosyć różnolitem. Można przez to rozumieć jużto wagę, jużto wzrost, jużto ustosunkowanie poszczególnych części ciała, jużto wreszcie jego powierzchnię. Chodziło o rozstrzygnięcie, który właśnie z tych czynników, składających się na wielkość ciała, sprawia, że istnieje pewna równoległość między nią a wielkością metabolizmu endogenicznego.

Aby na to pytanie odpowiedzieć, wyeliminowywano kolejno odpowiedni czynnik endogeniczny i porównywano otrzymane tą drogą wartości kaloryj różnych ludzi dorosłych. Jasnym jest bowiem, że jeżeli wysokość metabolizmu endogenicznego miała zależeć od wagi ciała, to znajdując u dwóch ludzi równej wagi dwie różne wartości metabolizmu, wyrażone w kalorjach i dzieląc wartość kaloryczną metabolizmu minimalnego każdego z badanych przez ilość kilogramów jego ciała, powinniśmy znaleźć zbliżone ilości kaloryj, przypadających na jedno kilo ciała. W ten sposób eliminujemy matematycznie wpływ danego czynnika, a o ile on jest rzeczywiście istotny i jednoznaczny, to w takim razie powinniśmy znaleźć podobne wartości. To samo oczywiście musi się odnosić do powierzchni ciała.

Zwłaszcza dawniejsi autorowie chętnie posługiwali się wagą ciała jako tym czynnikiem, od którego metabolizm minimalny w pierwszym rzędzie zależy i starali się podać pewne normy metaboliczne. Podajemy zestawienie tego rodzaju badań, czy to dawniejszych Magnus-Levy'ego ¹⁾, czy też zebranych przez Colemana i Du Bois ²⁾ z prac Benedicta i jego współpracowników oraz Loevy'ego i Magnus-Levy'ego; razem 48 oznaczeń metabolizmu minimalnego u ludzi dorosłych. Otrzymane wartości podane są tutaj jużto w odniesieniu do 1 kg ciała, jużto w odniesieniu do 1 metra kwadratowego powierzchni ciała.

Waga ciała w kg.	Ilość badanych	Na 1 kg i dobę	Na 1 m ² i godzinę ³⁾ (wzór Meeh'a)
40 do 50	6	27.9	33.6
50 „ 60	17	26.5	34.1
60 „ 70	15	25.5	34.5
70 „ 80	4	23.9	34.1
80 „ 90	6	21.7	32.3

¹⁾ C. v. Noorden: Path. d. Stoffwechsels B. 1. Odnośna tabela podana A. Oszaeki: Chorozy przemiany materji, l. c. str. 105.

²⁾ Eugene F. Du Bois, l. c. str. 167.

³⁾ W oryginale podane na m² i 1 godzinę. Sądzę, że jest to omyłka, że ma być na dobę. Nie zmienia to jednak znaczenia odnośnie do omówionego tutaj zagadnienia.

Różnice w ilościach kaloryj, odniesionych od 1 kg, są znacznie większe, aniżeli w kalorjach powierzchniowych. Odpowiada to wynikom badań wielu innych autorów, zajmujących się tem zagadnieniem, to też zdaje się nie ulegać wątpliwości, że znacznie bliższą jest „zależność“ metabolizmu endogenicznego od powierzchni ciała, aniżeli od jego wagi.

Obliczenie jednak powierzchni ciała nasuwa pewne trudności. Dawniej posługiwano się wzorem, podanym przez Meeh'a¹⁾ dla obliczenia powierzchni ciała, mianowicie:

$$S = k^3 W^2$$

gdzie S — powierzchnia skóry, W — ciężar ciała, k — jest stałą, właściwą każdemu gatunkowi zwierząt. Dla człowieka Rubner obliczył wartość $k = 12.3$. Okazało się jednak, że powierzchnia skóry nie jest jedynie matematyczną funkcją wagi ciała. I tak badania wykazały, że u ludzi wartości, obliczone według Meeh'a, stają się tem mniej pewne, im więcej rozwinięta jest podściółka tłuszczowa. Magnus-Levy znalazł, że ludzie wysocy o dobrze rozwiniętym umięśnieniu i szerokiej budowie mają stosunkowo większą powierzchnię, niż niżsi wzrostem a mający tą samą wagę ciała. Warunki te uwzględnia wzór, podany przez Du Bois²⁾, uwzględniający nie tylko ciężar, ale także wysokość ciała:

$$S = 71.84 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$$

gdzie H odpowiada wysokości ciała. Ze względu na potęgowanie prościej jest wzór ten zlogarytmować

$$\log S = \log 71.84 + 0.425 \log W + 0.725 \log H.$$

Zastosowanie tego wzoru okazało znacznie większą zgodność wartości metabolizmu, odniesionej do 1 m², aniżeli poprzednio przy zastosowaniu formuły Meeh'a. W każdym więc razie istnieje niewątpliwie bardzo daleko idąca zależność między wysokością metabolizmu endogenicznego a powierzchnią ciała. Ilość kaloryj, wyrażającą metabolizm minimalny, podzieloną przez ilość metrów kwadratowych powierzchni ciała, nazwano metabolizmem podstawowym, albo powierzchniowym. Dla uniknięcia uciążliwych obliczeń podaję na następnej stronie diagram według Du Bois, z którego można łatwo odczytać powierzchnię ciała w m², zarazem wzrost w cm. i wagę w kg.

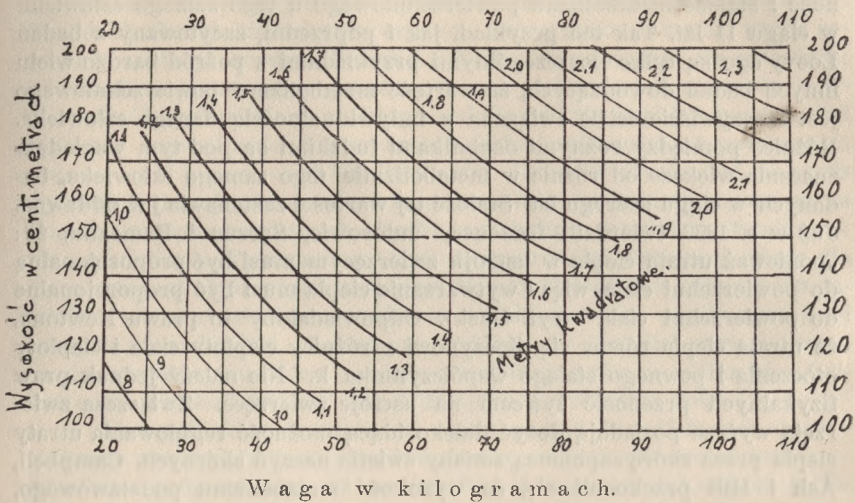
Obserwacje wieloletnie na ludziach wykazały, że wartość metabolizmu podstawowego jest stałą cechą indywidualną, charakterystyczną dla danego osobnika. Loevy³⁾ podaje np. takie zestawienie 5 badań, przeprowadzonych u tego samego osobnika w ciągu 15 lat.

W roku 1888	236	cm ²	tlenu	na	minutę
„ „ 1895	228	„	„	„	„
„ „ 1901	231	„	„	„	„
„ „ 1902	238	„	„	„	„
„ „ 1903	228	„	„	„	„

¹⁾ Meeh: Zeitschr. f. Biologie, 1879, B. 15, 425.

²⁾ Du Bois i Du Bois: Clin. Col. 5, Arch. Int. Med. 1915, 15, 865. Cyt. Eugene F. Du Bois, l. c. str. 167.

³⁾ Cyt. H. Stéfenin i H. Janet; Annales de méd. t. 13, nr. 5.



Ryc. 6.

Tablica do oznaczania powierzchni ciała ludzkiego w metrach kwadratowych z wagi w kilogramach (w) i wysokości (h) w centymetrach, według równania:

$$\text{Powierzchnia (w cm}^2\text{)} = W^{0,425} \times H^{0,725} \times 71,84.$$

Jeszcze może więcej charakterystyczne jest zestawienie badań, przeprowadzonych u tego samego osobnika w ciągu 11 lat przez Lusk'a i Du Bois¹⁾.

Metabolizm podstawowy u E. F. D. B. (Wzrost 178 do 178,8 cm)

Data	Wiek	Waga	Powierzchnia	Kalorie na godz.	1 m ² i godz.	Odchylenia od normy
13. III. 1913	30	73,6	1,91	77,6	40,6	+ 7,7
17. V. 1913	—	75,5	1,95	73,2	38,1	+ 1,1
30. III. 1914	31	74,3	1,93	74,1	38,4	- 1,8
18. V. 1914	—	73,7	1,92	71,3	37,2	- 1,3
6. V. 1915	32	74,6	1,93	71,8	37,2	- 1,3
7. V. 1915	—	74,2	1,93	68,6	35,5	- 5,8
12. IV. 1916	33	76,5	1,94	75,4	38,8	+ 2,9
25. IV. 1916	—	77,3	1,95	73,2	37,5	- 0,5
18. XII. 1916	34	73,9	1,90	76,2	40,1	+ 6,4
10. V. 1922	39	78,0	1,97	68,6	34,8	- 7,7
7. IX. 1923	41	74,7	1,93	70,8	36,7	- 2,6
10. IV. 1924	—	75,0	1,94	71,7	37,0	- 1,9
Średnio					37,7	

Badania te mają tem większą wartość, że były przeprowadzone zapomocą bezpośredniej kalorymetrii. Wykazują one uderzającą zgod-

¹⁾ Lusk i Du Bois: Journ. Physiol. 1924, 59, str. 213.

ność i stałość metabolizmu powierzchniowego u tego samego człowieka w ciągu 11 lat. Tak ten przykład, jak i poprzedni, zacytowany z badań Loevy'ego są tylko poszczególnymi przykładami z pośród bardzo wielu innych badań dowodzących, że wartość metabolizmu powierzchniowego jest rzeczywiście ściśle związana z indywidualnością danego człowieka. Różnice pomiędzy różnymi osobnikami ludzkimi są pod tym względem znacznie większe od różnic w metabolizmie tego samego człowieka, badanych w ciągu szeregu lat. Stałość tej wartości zastanawia już oddawna. Już w r. 1839 twierdzili francuscy autorowie, Sarrus i Rameaux, że: „ponieważ utrata ciepła w ustroju zwierzęcym musi być proporcjonalną do powierzchni ciała, więc i wytwarzanie ciepła musi być proporcjonalne do powierzchni ciała“ (cyt. Lusk). Odpowiadałoby to prawu Newtona, że utrata ciepła równa się iloczynowi z różnicy ciepłoty ciała i ciepłoty otoczenia i pewnego stałego współczynnika k . Nie należy jednak praw fizykalnych przenosić żywcem na ustroje zwierzęce. Zwłaszcza zwierzęta wyższe posiadają dosyć daleko idącą możliwość regulowania utraty ciepła przez skórę zapomocą zmiany światła naczyń skórnych. Campbell, Ash i Hill przekonali się, że wysokość metabolizmu podstawowego, zwiększenie jego wartości nie tyle idzie równoległe z obniżaniem ciepłoty otoczenia ciała, ile raczej ze zachowaniem się otoczenia, tak np. zimny powiew może znacznie większą zwyżkę wywołać, aniżeli samo obniżenie ciepłoty. W każdym jednak razie wielkość powierzchni ciała jako powierzchni utraty ciepła jest niewątpliwie, jeżeli nie najważniejszym, to jednym z najważniejszych czynników, od którego wysokość metabolizmu endogenicznego (minimalnego) zależy. Stwierdzono, że mysz w stosunku do jednostki wagi ma znacznie wyższy metabolizm, niż koń, ale w stosunku do jednostki powierzchni metabolizm ten jest bardzo do siebie zbliżony, co jest tem ważniejsze, że ciepłota ciała tych dwóch zwierząt jest ta sama¹⁾. Badania na zwierzętach wykazują dalej, że tak zasadnicze czynniki biologiczne ustroju, jak ilość jego krwi, wielkość światła tchawicy i tętnicy głównej a prawdopodobnie i ciężar wątroby stoją w prostym stosunku do powierzchni skóry. Według Moultona proporcjonalną jest także ilość azotu, zawartego w ustroju zwierzęcym. Wynika z tego, że wielkość powierzchni skóry nie jest i nie może być uważana za jakąś przypadkową cechę ustroju, oderwaną od innych, ale że stoi ona w ściślejszej łączności z innymi podstawowymi cechami osobniczymi ustroju, jednym słowem z jego konstytucją i z jego postacią zewnętrzną i wewnętrzną.

Tego rodzaju ujęcie sprawy ułatwia nam zrozumienie kontrowersyj, jakie istnieją odnośnie do czynników metabolizmu endogenicznego. Głównym oponentem co do zależności jego od powierzchni skóry jako głównego czynnika miarodajnego jest Benedict. Przyjąwszy, że ilość biologicznie czynnej pierwoszczy w ustroju wynosi dwie trzecie jego wagi, a więc stoi mniej więcej w tym samym stosunku do wagi, co ta ostatnia do powierzchni skóry według wzoru Meeh'a, uważa on, że głównym

¹⁾ J. T. King: Basal metabolism, Baltimore, Williams & Wilkins, Company 1924, str. 31.

czynnikiem miarodajnym dla wysokości metabolizmu endogenicznego jest ilość tkanki biologicznie czynnej, którą można określić przez zawartość azotu w ustroju. Benedict i Talbot wypowiadają się wyraźnie: „metabolizm podstawowy, jakieśmy to powyżej wykazali, nie może w żaden sposób być uważany za bezpośrednią funkcję wagi lub powierzchni ciała a w szczególności nie wykazuje żadnej zależności od powierzchni ciała w myśl prawa o oziębieniu się ciał. Jesteśmy przekonani, że nasze wywody wskazują stanowczo i konsekwentnie na fakt, że czynna masa tkanek protoplazmatycznych określa metabolizm zasadniczy (fundamental metabolism). Tymczasowy brak bezpośredniej, liczbowej miary dla ilości (stosunku) protoplazmatycznej tkanki biologicznie czynnej nie powinien, naszym zdaniem, w niczem zmniejszać siły przekonującej naszych wywodów!“¹⁾. Zobaczymy później, że Benedict wraz z innym swoim współpracownikiem podali nawet inny wzór na obliczenie „fundamental metabolism“, nie uwzględniający powierzchni ciała.

Niewątpliwie w zasadniczym ujęciu pogląd Benedicta jest słuszny i ujmuje rzecz głębiej, więcej biologicznie, podczas gdy uzależnienie metabolizmu podstawowego od powierzchni ciała sprowadza objawy biologiczne do czynników mechanicznych, w pewnej części tkwiących poza ustrojem, bo w ciepocie jego otoczenia, ale z praktycznego punktu widzenia ilość azotu w ustroju jest znacznie trudniejsza do oznaczenia, aniżeli jego powierzchnia i tu należy szukać przyczyny, dlaczego metabolizm powierzchniowy jako technicznie łatwo dająca się obliczyć jednostka, uzyskał ogólne przyjęcie. Tem więcej, że, jak to widzieliśmy, ilość azotu w ustroju według Moultona²⁾ idzie równoległe z jego powierzchnią, co zresztą z punktu widzenia biochemicznego jest łatwym do zrozumienia. Dlatego też przy dalszem omawianiu czynników, od których metabolizm endogeniczny zależy, będziemy się posługiwali jako jednostką, metabolizmem powierzchniowym.

Wartość metabolizmu powierzchniowego u różnych ludzi, o ile są w wieku dojrzałym i zdrowi, waha się stosunkowo w bardzo wąskich granicach. Lusk podaje następujące zestawienie pokaznej liczby, bo stu osobników normalnych według badań Du Bois i Benedicta:

Ilość osobników	Mb na 1 godz. i na 1 m ²	Wahania w %	Autor
9	39.7 kal.	+ 4 i - 6	Du Bois
9	39.6 „	+ 7.6 i - 7.1	„ „
82	38.9 „	+ 10 i - 10	Benedict

Z punktu widzenia klinicznego nie bez znaczenia będzie, że tak dawniejsi autorowie (Magnus-Levy), jak i nowsi (Benedict, M. Mess,

¹⁾ Benedict i Talbot: Carnegie Institution of Washington Publication Nr. 201, 1914, p. 168
Cyt. Du Bois, l. c. str. 200.

²⁾ Moulton: Journ. Biol. Chem. 1916, 24, 299.

Roth i Smith), badając metabolizm u ludzi zresztą zdrowych, ale otyłych i u chudych i przeliczając go na jedno kilo wagi, stwierdzali jako stałe zjawisko, że był on u ludzi otyłych stosunkowo niższy (przeciętnie u otyłych mężczyzn 21.9 kal. na 1 kg i dobę; u kobiet 19.4 kal. na 1 kg i dobę), a u chudych wyższy (u mężczyzn 29.0, u kobiet 29.1). Jest to łatwo zrozumiałe ze względu na zawartość tłuszczu w ustroju. Tkanka tłuszczowa jest pod względem energetycznym mało czynną, a ponieważ u otyłych powiększa znacznie wagę ustroju, więc przy przeliczeniu na 1 kg musi powodować zmniejszenie się ilości kaloryj, przypadających na jednostkę wagi. Oczywiście, że gdybyśmy liczyli według ilości azotu w ustroju, to w takim razie ilość kaloryj byłaby prawdopodobnie zbliżoną u otyłych i u chudych. Ale i powierzchnia ciała wzrasta znacznie w mniejszym stopniu, aniżeli waga tak, że metabolizm powierzchniowy nie przedstawia tak wielkich różnic z powodu samego wzrostu ilości tłuszczu w ustroju. Inaczej oczywiście rzecz się ma tam, gdzie genezy samego tycia należy upatrywać w zmniejszonym metabolizmie podstawowym, ale to nie ma nic wspólnego z zależnością metabolizmu powierzchniowego od ilości tłuszczu w ustroju. Rzecz się ma raczej odwrotnie, to znaczy ilość tłuszczu może być zależną od metabolizmu, o czym będziemy mówili poniżej.

Zależność metabolizmu od wieku oraz od płci widzimy poniżej z zestawienia na stroniej następnjej.

Zestawienie to, podane przez J. T. Kinga¹⁾, zostało dokonane na podstawie materiału empirycznego, czerpanego głównie u amerykańskich autorów. Widzimy, że ilość kaloryj na 1 metr kwadratowy jest stosunkowo największą w okresie pierwszych dwóch lat życia a potem zwolna się zmniejsza, ulegając tylko częściowej podwyższce, która wypada u chłopców na wiek od 14—18 lat a u dziewcząt od 12—14. Jest to charakterystyczne, bo idzie równolegle z okresem wstępnym do pokwitania, który występuje u dziewcząt weześnie, aniżeli u chłopców. Widzimy dalej, że metabolizm powierzchniowy jest naogół większy, jakkolwiek nieznacznie, u mężczyzn, aniżeli u kobiet, z wyjątkiem krótkich stosunkowo okresów, t. j. okresu lat 12—14 u dziewcząt oraz okresu lat od 40—60. Jak wiadomo, są te dwa okresy typowo rozwojowe u kobiet, jeden dotyczący pokwitania, drugi okresu przekwitania. Wartość stosunkowo bardzo wysoka, bo wynosząca 50.6 kal., znaleziona przez Du Bois u chłopców w okresie lat 12—14, o tyle nie może być przedmiotem rozważań, że badania Benedicta nie potwierdziły tak wysokich wartości dla tego wieku.

Magnus-Levy i Falk znaleźli, że dziecko dwuletnie, wążące 11 $\frac{1}{2}$ kg, ma wymianę gazową tylko o pół mniejszą od człowieka dorosłego, sześciokrotnie od niego cięższego. W wieku od 10—14 lat jest wymiana gazowa dla całego ustroju mało co większa, niż w tym okresie. Naogół przyjmuje się, że w odniesieniu do powierzchni ciała metabolizm jest u dziecka 1—1.6 razy większy.

¹⁾ J. T. King, l. c. str. 34.

Wartości metabolizmu na 1 godzinę i 1 cm² powierzchni ciała,
obliczonej według wzoru Du Bois.

Wiek	Mężczyźni			Kobiety		
	Wytwarzanie CO ₂	Pobieranie O ₂	Kalorje	Wytwarzanie CO ₂	Pobieranie O ₂	Kalorje
	gr.	cc.		gr.	cc.	
0-- 2	14.99	9,539	45.8	14.47	9,206	44.2
2-- 4	15.74	10,020	48.1	14.34	9,123	43.8
4-- 6	15.18	9,665	46.4	13.78	8,769	42.1
6-- 8	14.73	9,373	45.0	13.52	8,602	41.3
8--10	14.11	8,977	43.1	13.22	8,977	40.4
10--12	13.65	8,686	41.7	12.89	8,207	39.4
12--14	17.31	10,440	50.6	12.81	8,227	39.5
	13.06	8,310	39.9			
14--16	14.19	8,747	44.1	15.49	8,880	43.5
				12.01		37.0
				12.30		37.9
16--18	14.42	8,799	42.6	11.75	7,445	35.8
				11.61		35.9
				11.11		34.2
18--20	13.89	8,091	39.5	12.32	7,282	35.5
20--30	13.13	8,076	39.1	11.89	7,511	36.1
	12.96					
30--40	12.41	7,715	37.5	11.85	7,252	35.0
	12.89					
40--50	11.88	7,402	35.7	11.43	7,640	36.3
50--60	11.38	6,740	32.8	11.76	6,975	34.4
60--70	11.19	7,449	35.5			
70--80	12.03	7,397	35.5	9.47	6,320	30.0
80--90	11.29	7,033	34.6			

Krzywe, zestawione przez Du Bois, wykazują, że najwyższa wartość metabolizmu podstawowego przypada na okres od 2—4 lat życia. To wzrastanie metabolizmu podstawowego od urodzenia do drugiego roku życia tłumaczy Du Bois zmniejszeniem się odsetkowej zawartości wody w tkankach a natomiast zwiększeniem się zawartości azotu. Następuje więc niejako zgęszczenie biologiczne tkanki. Opiera się on przytem na badaniach, które przeprowadził Arsmby i Moulton na prosiętach. To samo odnosi się prawdopodobnie do ustrojów dorosłych, w których przychodzi do podobnego zagęszczenia tkanki w następstwie pracy fizycznej, zwłaszcza sportów. Powodu wysokiego metabolizmu podstawowego w okresie wzrastania należy szukać oczywiście w tych samych czynnikach, które powodują sam wzrost. Trudnoby było je zaliczyć do hormonalnych, w zwykłym klinicznym znaczeniu tego słowa, skoro ustrój wzrasta w okresie, kiedy gruczoły dokrewne albo jeszcze wcale jako takie nie istnieją, albo też nie doszły jeszcze do stanu dojrzałości. Jeżeli jednak staniemy na stanowisku, że każda tkanka żywa jest gruczołem

o wewnętrznem wydzielaniu i że hormony są podstawą wszelkiej korelacji biologicznej, to i metabolizm wzrostu będziemy musieli odnieść do czynników hormonalnych.

Oprócz wieku i płci istnieje pewna zależność metabolizmu u podstawowego od rasy. Ciekawe w tym kierunku są badania, które przeprowadził A. O. de Almeida¹⁾ na 26 osobnikach, pochodzących i mieszkających stale w krajach podzwrotnikowych (Brazylja). Badania jednak przeprowadzono nie w klimacie podzwrotnikowym, ale w Paryżu, na co szczególnie tutaj należy zwrócić uwagę. Otóż metabolizm podstawowy u tych osobników był niższy w porównaniu z wartościami u ludzi, pochodzących i zamieszkałych w krajach umiarkowanych. Autor stwierdził także w czasie badania metabolizmu, że podzwrotnikowcy odczuwają zimno i zaczynają drżeć już w ciepłocie ponad 20° C. Autor uważa niskie stosunkowo wartości metabolizmu u tych ludzi za wyraz ich przystosowania się biologicznego do klimatu podzwrotnikowego, co się wyraża zmniejszeniem ich produkcji energii skutkiem wysokiej ciepłoty klimatu, w którym mieszkają. Fakt, że niski ten metabolizm utrzymywał się wciąż, pomimo, że mieszkali oni w okresie badania w klimacie znacznie zimniejszym, dowodziłby, że niski metabolizm podstawowy jest cechą konstytucjonalną, rasową ludzi, zamieszkałych w klimacie podzwrotnikowym. Nie jest więc wyrazem przejściowego odruchu biologicznego wobec wysokiej ciepłoty otoczenia, ale cechą trwałą rasową. Także Du Bois przyjmuje, że metabolizm podstawowy ludzi ze wschodu („orientals“), lub też ludzi, mieszkających w sferze podzwrotnikowej „może być niższy“. Obfitszego materiału doświadczalnego w tym kierunku dostarczyli w ostatnich czasach autorowie amerykańscy, zwłaszcza Sundstroem. Mogą się też nasuwać przypuszczenia, czy pewna skłonność do zaburzeń przemiany materji u ras wschodnio-południowych, zamieszkałych w klimacie zimniejszym, nie stoi w związku z pewnym rozdźwiękiem, jaki zachodzi między rasowem podłożem metabolicznem a warunkami klimatycznymi, w jakich żyją. — Stwierdzono, że w lecie metabolizm podstawowy jest w naszym klimacie niższy, niż w zimie (B. W. Knipping).

Dalszym czynnikiem, od którego wysokość metabolizmu podstawowego może zależeć, jest stan odżywienia osobnika. Nie chodzi tutaj o zmiany powstałe w metabolizmie bezpośrednio pod wpływem pobrania pokarmów. O nich będziemy mówili w rozdziale o metabolizmie poborowym. Tutaj chodzi nam o wpływ stanu odżywienia ogólnego na metabolizm powierzchniowy, a więc badany naczezo. Przez stan odżywienia rozumiemy zawartość w ustroju organicznych i nieorganicznych jego składników w porównaniu do pewnej normy. Zwykle jeszcze używamy tego słowa w znaczeniu ścisiejszem, odnosząc skład chemiczny ustroju do sposobu odżywiania się chorego przez czas dłuższy. W każdym razie stan odżywienia oceniamy

¹⁾ A. O. de Almeida: Journ. de Phys. et de Pat. Gén. XVIII, nr. 4 i 5.

przedewszystkiem według wagi ustroju a raczej według dwóch wag ustroju, t. j. tej, którą rzeczywiście posiada i tej, którą posiadać powinien. A więc przyjmujemy pewną normę wagi. Od dłuższego już czasu zwracam uwagę, że za tę idealną normę wagi nie można uważać wagi statystycznej, t. zn. takiej, jaką nam podaje statystyka dla danej grupy ludzi, do której badany nasz należy, ale że lekarz musi przedewszystkiem zwrócić uwagę na indywidualną normę wagi, która może być zupełnie różną od statystycznej¹⁾ 2). Każdy więc normalny człowiek ma w sobie niejako dążenie do pewnej osobniczej wagi, odpowiedniej dla jego płci, wieku, rasy, może i środowiska, w którym żyje oraz dla jego warunków indywidualnych, nie objętych jeszcze temi czynnikami. Napięcie tego dążenia do takiej a nie innej wagi będzie się zmieniało w miarę odchylenia się wagi faktycznej od tej wagi idealnej. Stan zaś wagi faktycznej zależy w pierwszym rzędzie od ilości i jakości odżywiania się ustroju, bo przecież stan odżywienia objawia się przedewszystkiem wagą, z wyjątkiem chyba rzadkich przypadków, w których wewnętrzne przesunięcia składu chemicznego maskują jednostronne niedożywianie lub przekarmienie w kierunku jednego z ciał pokarmowych.

U ludzi wychudzonych (ale nie konstytucyjnie chudych), t. zn. takich, którzy w myśl zasady wagi idealnej, powinni mieć znacznie wyższą wagę faktyczną, metabolizm podstawowy jest mniejszy od normalnego. Znany w tym kierunku jest przypadek młodego „neurastenika“, opisany przez Magnus-Levy'ego. Badany tak schudł skutkiem długotrwałego, niedostatecznego odżywiania się, że waga jego spadła do 30 kg. Należy dodać, że wzrost jego był normalny. Metabolizm podstawowy wynosił w tym czasie 26.5 kal. na 1 m² i godzinę. Po przeprowadzeniu leczenia odżywczego ciężar ciała wzrósł do 52 kg, t. zn. był około 1.7 razy większy, niż przed leczeniem, podczas gdy metabolizm podstawowy wzrósł równocześnie do 40.5, t. zn. wzrósł 1.5 razy. Należy to podkreślić z naciskiem, że metabolizm w odniesieniu 1 m² skóry, czy też do 1 kg wagi ciała wzrósł tutaj półtora razy, mimo tego, że ilość tych kilogramów, a więc i powierzchnia ciała wzrosły równocześnie. Wspomniano powyżej, że naogół ludzie chudzi mają wyższy metabolizm, aniżeli ludzie otyli. W tym wypadku, gdy chodzi o dwie różne wagi tego samego człowieka, rzecz się ma odwrotnie; w miarę wzrostu wagi wzrasta metabolizm podstawowy. Dzieje się to tak długo, dopóki badany ustrój nie doszedł do swojej wagi idealnej. Z chwilą, gdy znów przekraczają w odwrotnym kierunku, metabolizm podstawowy będzie wzrastał dalej. Istnieje więc pewna równoległość między kierunkiem i odległością odchylenia ustroju od indywidualnej normy wagi, od idealnego niejako dążenia ustroju, a zmianą metabolizmu w kierunku jakościowym, t. zn. zmniejszaniem się, czy zwiększaniem się jego oraz ilościowym stopniem tej zmiany w jednym czy drugim kierunku. Tam, gdzie chodzi o stany przekarmienia, gdzie więc odchylenie od indywidualnej normy idzie

1) A. Oszaeki: Choroby przemiany materji, l. c. str. 238 i i.

2) A. Oszaeki: O leczeniu i o rokowaniu przy cukrzycy. Arch. Med. Wewn. T. IV.

w kierunku zbyt dużej wagi, tam oczywiście kierowanie się samą wagą ustroju, a nawet jego powierzchnią przy ocenie wysokości metabolizmu może prowadzić do pewnych nieścisłości ze względu na omawiane już powyżej inne wartości metaboliczne tłuszczu od tkanek biologicznie czynnych, tkanek „szlachetnych“. W takich wypadkach odniesienie metabolizmu do azotu w ustroju pozwoli lepiej wglądać w mechanizm, zapomocą którego ustrój broni swej wagi.

Ocena zachowania się metabolizmu i niedodżywiania jest także z tego względu trudną, że wewnętrzne przesunięcia składu chemicznego nie dotyczą wyłącznie stosunku tłuszczu do innych składników ustroju, lecz także wody. Zwłaszcza badania Benedicta i jego szkoły zwróciły na fakt ten uwagę¹⁾, że straty wody, zwłaszcza w pierwszych dniach jego odżywienia, są niestosunkowo większe, niż tłuszczu, a tłuszczu znów większe, niż białek. Straty te dotyczą tak wody pozakomórkowej, jak i śródkomórkowej, ta ostatnia zaś częściowo pochodzi ze zmniejszenia się objętości komórek, spowodowanego zmianami w ciśnieniu osmotycznym: w większej zaś części z rozpadu pierwoszczy i uwolnienia się w ten sposób związanej z nią wody. Wszystko to wskazuje, że zmiany w metabolizmie podstawowym nie mogą w tych wypadkach zależeć od zmian wielkości powierzchni ciała, lecz od zmian w odsetkowym składzie chemicznym samego ciała.

Zmniejszenie się metabolizmu minimalnego w odniesieniu do jednego kilograma wagi było według doświadczeń Benedicta, wykonanych w czasie postu zupełnego bardzo znaczne. W piątym dniu doświadczenia ilość kaloryj na 1 kg wagi i dobę wynosiła 29.4, w następnych dniach 29.7, 29.2, 28.3 i t. d. W dziesiątym dniu 26.2, w dwudziestym dniu 24.5, aż wreszcie od dwudziestego drugiego dnia wartość ta zaczęła się lekko podnosić i doszła w trzydziestym pierwszym dniu postu do 26.9 kal. Odniesienie w tym wypadku ilości kaloryj do wagi ciała a nie do powierzchni, nie zmniejsza w niczem wartości porównawczej tych cyfr ze względu na to, że badany był człowiekiem chudym, wzrostu 170.7 cm a wagi na początku doświadczenia 60.13. Zwyżkę metabolizmu po osiągnięciu jego minimum w dwudziestym drugim dniu postu należy prawdopodobnie odnieść do daleko idących zmian w chemizmie całego ustroju, zmian, spowodowanych długotrwałym postem. Najniższy spadek metabolizmu dochodził więc w dwudziestym drugim dniu doświadczenia do 30% wartości początkowej, co w odniesieniu do 1 m² daje spadek 26%, a w odniesieniu do 1 kg 19%, waga zaś ciała była w tym dniu o 16.7% mniejsza od wagi początkowej. Należy zwrócić uwagę, że strata wagi ciała była stosunkowo mniejszą od spadku metabolizmu czyto całego ustroju, czy w odniesieniu do 1 kg, czy 1 m². Lusk obliczył, że ustrój ten stracił do tego dnia postu 11.2% wartości początkowej.

Ten wyższy, i to znacznie wyższy spadek metabolizmu podstawowego, niż spadek wagi, a zwłaszcza ilości azotu ustrojowego, świadczy,

¹⁾ Szczególnie ważną w tym kierunku jest monografia: F. Benedict, The influence of inanition on metabolism. Washington, Carnegie Instit. 1907.

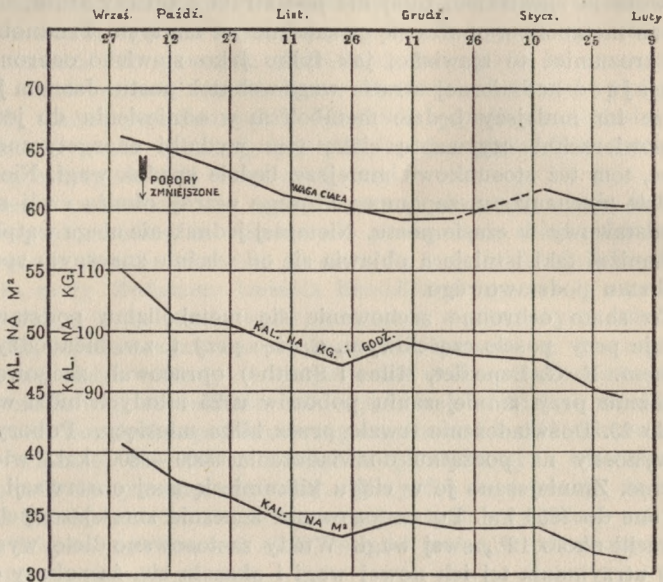
że pierwotnem zjawiskiem tutaj nie jest strata wagi czy azotu, ale przeciwnie, że metabolizm obniża się niezależnie od tamtych. Trudno byłoby inaczej zrozumieć to zjawisko, jak tylko jako zjawisko ochronne, zapobiegające nadmiernej stracie wagi wskutek postu. Jasnem jest bowiem, że im mniejszy będzie metabolizm w odniesieniu do jednostki wagi, powierzchni czy azotu ciała, tem wydatki energetyczne będą mniejsze, tem też stosunkowo mniejszy będzie spadek wagi. Nie znamy wprawdzie mechanizmu, zapomocą którego ustrój obniża swój metabolizm podstawowy w czasie postu. Niemniej jednak nie ulega wątpliwości, że mechanizm taki istnieje a objawia się on właśnie znacznym spadkiem metabolizmu podstawowego.

To samo ochronne zachowanie się metabolizmu podstawowego występuje przy poście częściowym, a więc przy t. zw. niedoodżywianiu względnem. F. G. Benedict, Miles i Smith¹⁾ opracowali zachowanie się metabolizmu przy zmniejszaniu poborów u 25 młodych ludzi w wieku lat około 23. Doświadczenie trwało przez kilka miesięcy. Pobory badanych wynosiły na początku doświadczenia 3000—3800 kal., więc były nadmierne. Zmniejszano je w ciągu kilkumiesięcznej obserwacji tak, że doszły one do 1959 kal. Po zastosowaniu znacznie zmniejszonych poborów stracili około 12% swej wagi. Wtedy zastosowano dietę, wystarczającą do utrzymania tej ich nowej wagi i okazało się, że pobory do tego potrzebne wynoszą 1959 kg. W czasie doświadczenia stracili ci młodzi ludzie około 150 gr białka, a ich metabolizm podstawowy spadł o 17%. A więc także i tutaj spadek metabolizmu podstawowego był większy, niż spadek wagi.

Rzut oka na poniżej podaną krzywą wagi ciała, kaloryj na kilo i kaloryj na metr kwadratowy poucza, że w ciągu tych pięciu miesięcy doświadczenia z niedoborem, spadek krzywych kalorycznych poprzedzał spadek wagi. Kiedy w ciągu listopada spadek metabolizmu podstawowego osiągnął swoje minimum, to waga doszła do minimum dopiero z końcem tego miesiąca. Od czasu osiągnięcia minimum wagi względna równoległość krzywej wagi i obu krzywych kalorycznych kończy się: krzywa wagi zaczyna się zwolna podnosić, osiągając swój najwyższy punkt styczny, podczas gdy obie krzywe kaloryczne wciąż okazują tendencję spadkową, zwłaszcza zaś od chwili, kiedy krzywa wagi po osiągnięciu maksimum zaczyna znów opadać.

Z tego czasowego ustosunkowania się krzywych kalorycznych do krzywej wagi wynika, że spadek metabolizmu podstawowego nie może być następstwem spadku wagi ani w znaczeniu czasowem, ani w znaczeniu przyczynowem. Natomiast przyrost na wadze w czasie, gdy metabolizm podstawowy wciąż maleje, nasuwa przypuszczenie, że raczej spadek metabolizmu podstawowego ułatwia ustrojowi przybytek na wadze.

¹⁾ Benedict, Miles, Roth, Smith: Carnegie Institution of Washington Publication Nr. 280, 1919.



Ryc. 7.

Doświadczenie F. G. Benedicta na niedokarmionych studentach. Stały spadek wagi ciała, kaloryj na 1 kg. i kaloryj na 2 m².

Doświadczenia tego rodzaju wskazują, że badając metabolizm podstawowy, należy zawsze pilnie baczyć na stan odżywienia pacjenta, a więc na stosunek jego wagi faktycznej, do wagi idealnej, t. zn. tej, do której badany ustrój dąży. Niestety materiał doświadczalny w tym kierunku jest jeszcze bardzo niedostateczny. Tak np. nic nie wiadomo, jak długi jest czas reakcji metabolizmu podstawowego na zmianę w odżywieniu, jak długo utrzymuje się niższa metabolizmu. Jedno jest tylko pewnym, że w tym kierunku zachodzą bardzo znaczne różnice indywidualne między ludźmi i że są ludzie o bardzo silnej tendencji do utrzymania swojej wagi idealnej, podczas gdy inni tendencje te mają w słabym stopniu. Powrócimy zresztą do tego tematu w związku z metabolizmem poborowym.

Podobnie, jak spadek metabolizmu przy niedoodżywieniu, tak i jego wzrost przy przekarmieniu będzie wyrazem obrony indywidualnej normy wagi. Bardzo interesującą pracę na temat regulowania wagi przez ustrój ludzki w okresie poborów nadmiernych i niedostatecznych ogłosił na podstawie samo-obszawacji amerykański autor A. Gulick¹⁾. Wzrost jego 181.2 cm, waga 61.8 kg na początku doświadczenia. Był mało skłonny

¹⁾ A. Gulick: The American Journal of Physiol. t. LX. Baltimore 1922.

do tycia, jak widać z wagi, raczej chudy. Na podstawie obliczenia wszystkich wydatków jego metabolizmu podstawowego, poborowego i wreszcie wydatków ruchu obliczył, że według jego wzrostu i wagi suma wydatków powinna wynosić 2267.4 kal., wczem wliczono także jego dobowy metabolizm podstawowy, którego wartość, obliczona z wymiany gazowej, wynosiła 1593 kal. W pierwszym okresie doświadczenia chodziło o znalezienie minimum poborów, potrzebnych do utrzymania jego normalnej wagi. Okres ten trwał trzy miesiące. Pobory wynosiły 2744 kal., a więc były o 21% większe od teoretycznie obliczonych. Mimo to badany tracił dziennie 12 gr. Mamy tu wyraźny przykład, jak daleką może być indywidualna norma wagi od normy statystycznej. Człowiek wzrostu 181 cm przy wadze 61 kg nie zachowuje się bynajmniej, jakby był na diecie niedoborowej, ale wręcz przeciwnie, jakby był na diecie nadmiarowej, bo faktycznie jego wydatki są większe od tych, które obliczono na podstawie norm fizjologicznych.

W drugim okresie doświadczenia przeszedł autor do poborów wysokich. W pierwszych dwóch tygodniach wynosiły one 3480 kal. a w dalszych 18 dniach 3806 kal. W tym okresie przybierał dziennie przeciętnie po 140 gr. Przez szereg następnych miesięcy odżywał się wciąż obficie, ale przybytek dziennej wagi wynosił już tylko 30 gr tak, że wreszcie doszedł do wagi 70.05 kg. W miarę więc, jak przedłużał się okres przekarmienia, dzienny przybytek na wadze spadał. W następnym roku w czasie doświadczenia, trwającego 73 dni, przy poborach dziennych, wynoszących 1545 kal., a więc większych, niż w ciągu miesiący zeszłego roku przybytek dzienny wynosił tylko 24 gr, przy wadze początkowej 71.20 kg. Zestawienie wydatków, obliczonych na podstawie norm fizjologicznych i wydatków faktycznych, obliczonych, jak poprzednio, ze stosunku poborów do przybytków wagi, wynika, że w tym okresie przekarmienia ustrój ten, ważący o przeszło 10 kg więcej, niż w poprzednim roku wydawał faktycznie 3545 kal. a powinien był wydawać 2496.9 kal. czyli, że nadwyżka wydatków faktycznych wynosiła 37%, przytem metabolizm podstawowy wynosił 1724 kal. na dobę, aby więc ustrój ten mógł się utrzymać przy wadze 61.81 kg, musiała nadwyżka poborów faktycznych nad teoretycznymi wynosić aż 37%. Przy tem nadwyżka metabolizmu podstawowego wynosiła przeszło 8%.

W następnym roku autor podwyższył swoje pobory do 4115 kal. a potem przeszedł nagle do diety niedoborowej, wynoszącej 1874 kal. Waga ciała zaczęła spadać niemal natychmiast, a ustrój tracił dziennie po 1.4 gr azotu, mimo, że starano się temu zapobiec zwiększeniem odsetek poborów białkowych. W sumie stracił 75 gr azotu w ciągu 2 miesięcy. Skoro potem podwyższono pobory na 2500 kal., przestał tracić azot, ale waga spadała wciąż, nawet gdy podwyższono pobory do 2700 kal. Waga doszła do 61.3 kg i zatrzymała się dopiero przy poborach 3200 kal. Porównując zapotrzebowanie poborowe tego ustroju dla utrzymania stałej i, jak się zdaje, normalnej wagi, w pierwszym i ostatnim okresie doświadczenia widzimy, że do utrzymania tej samej wagi 61 kg wynoszącej, ustrój ten w pierwszym doświadczeniu, a więc bez poprze-

dzającego okresu przekarmienia potrzebował tylko 2744 kal. a w ostatnim okresie o 300—400 kal. więcej. Przyczyny tej zmiany w ustroju należy upatrywać niewątpliwie w długotrwałym okresie przekarmienia, ale także, i to przede wszystkim, w tem, że norma wagi indywidualnej tego ustroju leżała znacznie bliżej 60 kg, aniżeli 70. Ta nadwyżka 300—400 kal. wskazuje najlepiej, z jakim natężeniem ustrój ten bronił się od przekarmienia. Między innymi wyrazem tej obrony jest także zwyżka metabolizmu podstawowego.

Nadwyżkę metabolizmu podstawowego przy przekroczeniu stwierdzono nietylko przy przekarmieniach ogólnie kalorycznych, ale po przekarmieniach białkowych. Lusk stwierdził na psach, tuczonych przez dłuższy czas białkiem, wzmoczenie metabolizmu podstawowego, przyczem nadwyżka ta utrzymała się jeszcze przez dwa tygodnie po odstawieniu poborów białkowych nadmiernych i przejściu do poborów normalnych¹⁾.

Według C. Noordena²⁾ dieta nadmiarowa prowadzi w normalnych warunkach do zwiększenia wszystkich rodzajów metabolizmu energetycznego. Formuluje on to w następujących trzech punktach: 1) „każde powiększenie pierwoszczy wzmagą przemianę energii, t. zn. metabolizmu oddechowego“; 2) „także przy zwykłym tuczeniu tłuszczowem objawiają się pewne skłonności do powiększenia przemiany energii, a to z powodu zwiększenia się masy azotowej ciała“; 3) „przy wielkich poborach białkowych wzmagą się niekiedy przemiana energii także niezależnie od powiększenia się pierwoszczy, zapewne wskutek jakiegoś nieznanego bliżej działania podniecającego białka pokarmowego na pracujące komórki“.

Nietylko więc przekarmienie ogólne, ale także częściowe przekarmienie białkowe powinno być brane pod uwagę przy oznaczeniu metabolizmu poborowego. Dla klinicysty mają spostrzeżenia tego rodzaju duże praktyczne znaczenie. Jeżeli bowiem chodzi o stosunek metabolizmu podstawowego, stwierdzonego u badanego osobnika, do normy metabolizmu, jaką należy dla niego przyjąć odpowiednio do jego wieku, płci, wagi, powierzchni ciała, rasy, to muszą być także wzięte pod uwagę czynniki dietetyczne, przekarmienie czy też niedoodżywienie w okresie, poprzedzającym badanie. Szczególne znaczenie ma to w klinice, gdzie się często bada ozdrowieńców po dłużej trwałych chorobach gorączkowych, a więc ludzi wycieńczonych, którzy stracili nieraz znaczną część swego białka, tłuszczu i wody. Badania, które przeprowadził E. Graffe i Koch³⁾, potwierdziły dawne obserwacje Magnus-Levy'ego, że ozdrowieńcy mają obniżony metabolizm podstawowy. I tak np. dwóch ozdrowieńców miało na początku obserwacji metabolizm równy 26.8 kal. na 1 kg a po siedmiu tygodniach silnego odżywiania i powrocie do normalnej wagi, metabolizm wzrósł do 32.3 kal., t. zn. o 17%.

¹⁾ Cyt. A. Gulick, l. c.

²⁾ C. v. Noorden: Handbuch d. Path. d. Stoffwechsels B. I. Berlin, Hirschwald 1906.

³⁾ E. Graffe i Koch: Dtsch. Arch. f. klin. Med. 1912.

Oprócz stanu odżywienia i jego stosunku do indywidualnej normy wagi, należy jeszcze wziąć pod uwagę tryb życia badanego w okresie, poprzedzającym badanie. Już Magnus-Levy stwierdził, że osobniki o silnym umięśnieniu, zwłaszcza o umięśnieniu wyrobionem, czy to w następstwie zawodowej pracy fizycznej, czy wskutek sportów, posiadają stosunkowo wyższy metabolizm podstawowy. Stoi to w związku z zagęszczaniem się tkanek, o których wyżej była mowa, powiększeniem się zawartości azotu w stosunku do wody i do tłuszczów.

Omówiliśmy tutaj czynniki fizjologiczne, które mogą wpływać na zmianę metabolizmu podstawowego i które powinny być zawsze uwzględnione, gdy chodzi o określenie stosunku metabolizmu osobnika badanego do normy. Można je podzielić na trzy grupy:

I. Czynniki czysto endogeniczne (konstytucjonalne).

1) wiek, 2) płeć, 3) rasa, 4) wzrost, 5) indywidualna (nie statystyczna) norma wagi, 6) stan umięśnienia, 7) pobudliwość wisceralno-nerwowa, 8) pewne okresy życia, jak miesiączkowanie i t. d.

II. Czynniki endogeniczno-egzogeniczne.

1) Odżywienie w poprzedzającym okresie, 2) sposób życia odnośnie do ilości pracy fizycznej, zwłaszcza w ostatnich dniach przed badaniem, 3) silne wzruszenia nerwowe.

III. Czynniki czysto egzogeniczne.

1) Ciężota otoczenia, 2) sprawność techniczna w przeprowadzeniu samego badania metabolizmu.

Dopiero wtedy możemy klinicznie ocenić metabolizm badanego osobnika, zachowanie się jego w stosunku do normy, gdy uwzględnimy wszystkie te czynniki, t. zn. będziemy wartości jego zestawiać z wartościami osobników o tych samych cechach konstytucjonalnych (np. płci) i znajdujących się w tych samych warunkach badania. To też protokół sprawozdawczy z takich badań powinien uwzględniać wszystkie te wymienione czynniki.

Dla przykładu przytoczę tutaj protokół z własnego badania, przeprowadzonego na pacjentce przy pomocy przyrządu Sanborna. Protokół ten zawiera wszystkie rubryki podane przez Sanborna. A więc:

Grupa I.

1) Nazwisko i imię, 2) numer porządkowy, 3) data, 4) tymczasowe rozpoznanie, 5) nazwisko lekarza, 6) nazwisko badającego, 7) typ przyrządu używanego, 8) czy przeprowadzone badanie należy uważać bez zarzutu, dopuszczalne czy też niedopuszczalne, 9) wartość metabolizmu podstawowego, weźmy np. + 84%.

Grupa II.

1) Ciśnienie barometryczne, równe np. 737 mm, 2) ciepłota 18° C, 3) czas: używając zegarka, podaje się dokładny czas początku i końca doświadczenia; w tym wypadku wykonano trzy kontrolne doświadczenia, z których dwa trwały trzy minuty a jedno cztery. Mając stopę, można

wprost oznaczyć czas oznaczenia, bez oznaczenia początku czasu i końca. 4) Objętość pobranego powietrza: objętość tlenu na początku doświadczenia 5600 cm³, na końcu doświadczenia 4550 cm³. Wykonano jeszcze dwa kontrolne oznaczenia, z których wynikało, że na minutę pobrał pacjent raz 350 cm³ tlenu, drugi raz 375, trzeci raz 360. Przyjęto jako przeciętną z tych wartości 360 cm³ tlenu. 5) Temperatura na końcu doświadczenia.

Grupa III.

Zestawienie znalezionej metabolizmu z normą: 1) wiek 35 lat, 2) płeć kobieta, 3) waga bez ubrania 60 kg, 4) wzrost 154 cm, 5) prawidłowe zużycie tlenu, t. zn. to, które według wieku, wagi, wzrostu, a więc i powierzchni powinno być fizjologicznie przyjętem. Wartość tę albo oblicza się z powierzchni, albo, i to najczęściej, odczytuje się wprost z tabeli, którą podają przy każdym nabytym przyrządzie do oznaczenia wymiany gazowej. W tym wypadku tabela według wzrostu i wagi podaje normę: 204 cm. Dla wieku od 20—50 lat nie używa się w tym wypadku żadnej poprawki, zaś ze względu na płeć odejmuje się u kobiet 7%. A więc w tym wypadku przyjmijmy okrągiło 14 cm³. Pozostaje jako norma zużycie tlenu dla naszej pacjentki 190 cm³. 6) Faktycznie znaleziono 350 cm³. 7) Wartość znalezionej metabolizmu w stosunku do normy w odsetkach równa 184.2. 8) Nadwyżka względnie niżka metabolizmu. W tym wypadku chodzi o zwyżkę, a oblicza się ją w ten sposób, że faktycznie znalezionej wartości tlenu (350) dzieli się przez normalną (190), aż do setnych w ilorazie, 350 dzielone przez 190 równie 1.84, t. zn., że wartość metabolizmu w tym wypadku jest 84% większa od jedności, czyli większa od normy. W razie, gdy jest odwrotnie, niż w tym przypadku, mianowicie wartość znalezionej tlenu jest mniejszą od prawidłowej, to w takim razie iloraz będzie mniejszy od jedności i cyfry, leżące na prawo od kropki dziesiątnej, podajemy opatrzone znakiem ujemnym. 9) Odchylenie od normy plus 84%.

Grupa IV.

Obserwacje pomocnicze, dotyczące innych cech fizjologicznych pacjenta, które mogą wpływać na wartość metabolizmu. 1) Plość tętna, na początku, w czasie i końcu doświadczenia: 96, 100, 94. 2) Plość oddechów 18. 3) Ciśnienie (oznaczone po doświadczeniu) 140 — 80 R. R. 4) Ciepłota 36.9°.

G. Dreyer podał wzór na obliczenie normy metabolizmu podstawowego u dorosłych :

$$\frac{WN}{C \times A \cdot 0.133} = K,$$

gdzie W = waga ciała w gramach, C = cała ilość kaloryj, wytworzonych na godzinę, A = wiek w latach, K poprawka dla płci = 0.1015 dla mężczyzn i 0.1127 dla kobiet.

Zamiast wzoru można posługiwać się gotowymi tabelami, podanymi przez różnych autorów. Znalezionej empirycznie wartość wymiany

gazowej względnie kalorii porównujemy z wartościami, które powinien mieć osobnik tego wieku, wzrostu, płci i wagi ewentualnie, co osobnik badany. Różnica między wartością, wypadającą ze wzoru lub też odczytaną z tabeli, a wartością, znaną empirycznie, odpowiada odchyleniu od normy metabolicznej. Tabele, z których odczytuje się wartości normalne, nie uwzględniają wszystkich czynników powyżej podanych. Dzieje się to dlatego, że brak dla wielu z nich wskaźników liczbowych. Badający zatem powinien je uwzględniać jakościowo jako mogące już to podwyższać, już to obniżać ilości tlenu czy bezwodnika węgłowego, pobranego przez pacjenta. Tak np. nie uwzględniają tabeli stanu odżywienia, umięśnienia, trybu życia i t. p. Nie biorą też pod uwagę samego zachowania się pacjenta. Należy pamiętać, że w znacznej większości przypadków badani nie zachowują się odpowiednio, są podnieceni samym badaniem, tak, że przeważnie otrzymuje się wartości wyższe, niżby one były przy zupełnym spokoju ze strony badanego. Tu należy szukać przyczyny, dlaczego częściej naogół spotyka się wyższy metabolizm od niższej. Wogóle różnice w metabolizmie, nie wynoszące więcej, jak 10%, powinny być raczej brane na karb zachowania się pacjenta, aniżeli za odchylenie od normy pod względem rzeczywistych wartości metabolizmu. Pewną część tych czynników możemy wykluczyć, czyto przez sposób przeprowadzenia doświadczenia, odpowiednie wpływanie na pacjenta, czy też obranie odpowiedniego czasu, unikanie okresów zdenerwowania, jakichś wyjątkowych przeciążeń fizycznych, czy też psychicznych. Oczywiście wszystkie punkty, podane powyżej, według których należy przeprowadzać oznaczenie metabolizmu, powinny być jak najściślej dotrzymane.

Dla znalezienia normy metabolicznej, wyrażonej w cm^3 tlenu, które pacjent powinien pobierać w ciągu 1 min. zależnie od swojej wagi, wieku i płci, używa się albo wzorów matematycznych, albo tablic. Tablice takie zestawili Benedict i Harris na podstawie stosunkowo dużego materiału, bo 136 mężczyzn, 103 kobiet i 96 dzieci. Obliczone one zostały na podstawie wzoru dla oznaczenia normy metabolicznej, wzoru, podanego przez Benedicta i jego szkołę. Normę oblicza się osobno dla każdej płci. Różnice zależne od płci uwzględnia się dopiero po przejściu z dzieciństwa. Autorowie uważają, że zależność metabolizmu endogenicznego jest ściślejszą w odniesieniu do ciężaru ciała, niż do jego powierzchni. Wzory, podane przez autorów dla obliczenia metabolizmu, są następujące:

$$\text{dla mężczyzn } h = 66,4730 - 13,7516 w - 5,0033 s - 6,7550 a$$

$$\text{dla kobiet } h = 655,0965 - 9,5634 w - 1,8496 s - 4,6756 a$$

gdzie h — całkowita ilość ciepła, wytworzona w ciągu 1 doby, w — waga w kilogramach, s — wysokość w cm , a — wiek w latach. Równania te są ważne dla każdego osobnika w wieku lat 21—70, wzrostu 150—200 cm , wagi 20—250 kg ¹⁾ 2). Tabele dla dzieci podaje Knipping-Kestner.

1) Por. E. P. Joslin, l. c. str. 753.

2) Por. H. W. Knipping i H. L. Kowitz, l. c. str. 176.

Na ilość tlenu, pobranego przez cały ustroj, składa się oczywiście metabolizm z poszczególnych jego części, narządów i tkanek. Największa pod względem masy część wagi ustroju przypada na tkankę mięsną. Według Bischoffa stanowi ona 41% wagi dorosłego mężczyzny. Zużycie tlenu zależy oczywiście od tego, czy mięśnie znajdują się w stanie spoczynku, czy też w stanie pracy. W każdym razie Batelli i Stern znaleźli, że 100 gr tkanki mięsnej pochłania na godzinę (155 cm³) O₂ więcej, niż 100 gr tkanki wątrobowej (119 cm³) i dwa razy więcej, niż 100 gr mózgu. Zależy to zresztą także od rodzaju tkanki mięsnej, bo według Barcrofta mięsień sercowy używa 2 $\frac{1}{2}$ razy więcej tlenu, niż mięśnie końcowe tej samej wagi. Według tego samego autora ślinianka zużywa znów 2.6 razy więcej tlenu, niż mięsień sercowy, a więc około 5 razy więcej od mięśni kośćcowych.

Z danych Barcrofta widać, że tkanki gruczołowe zużywają stosunkowo więcej tlenu, niż tkanka mięsna. Pierwsze miejsce zajmuje tutaj wątroba jako może główna wytwórnia ciepła. Metabolizm takich tkanek, jak śledziona, trzustka, zresztą na wyosobnionych narządach stosunkowo niski, zdaje się raczej mieć znaczenie regulatora metabolizmu, aniżeli czynnika ilościowego.

Przy metabolizmie powierzchniowym zwykła poboru tlenowego wskutek pracy mięśniowej nie wchodzi w grę z wyjątkiem pracy serca (krążenia) i oddychania. Jest ona stosunkowo nieduża, bo wynosi zaledwie 4—5% ogólnego metabolizmu. Ogromna więc większość zużytego tlenu przypada na czysto chemiczną pracę tkanek ustroju, na ich chemotermogenezę. Ta zaś będzie zależec od samej jakości tych tkanek, a to:

- 1) od ilości zawartej w ustroju w stosunku do wagi ciała;
- 2) od stosunku tkanek „szlachetnych“ do „nieszlachetnych“, a więc np. od stosunku tkanki mięsnej do tkanki tłuszczowej lub tkanki łącznej wogóle;
- 3) od stosunku pierwoszczy biologicznie i metabolicznie czynnej do ciał zapasowych, śródkomórkowych („forming matter“ i „formed matter“);
- 4) od stosunku ilości azotu do wody w ustroju;
- 5) od metabolicznej jakości samej pierwoszczy, czy raczej jej idio-plazmy, czyli od jej temperamentu metabolicznego;
- 6) od pewnych czynników hormonalno-nerwowych, których stan równoważy i uzależnia napięcie czynnościowe całego metabolizmu w ustroju.

Uwzględniając wyliczone tutaj czynniki ustroju, od których wysokość metabolizmu podstawowego zależy, oceniamy ustroj jakościowo, jego temperament metaboliczny jako cechę biologiczno-kliniczną, którą możemy dopiero rozpoznać i ocenić po wyeliminowaniu wszystkich tych czynników ilościowych, które mogły wpływać na wysokość metabolizmu, więc wagi, wzrostu przedewszystkiem. Z tego punktu widzenia metabolizm podstawowy jako miara aktywności ustroju poucza nas nietylko o odsetkowym stosunku składników biologicznie czynnych do mniej czynnych, ale o jakościowej wartości samych, tych biologicznie czynnych,

składowych części ustroju. Dlatego też musimy uważać metabolizm podstawowy za miernik temperatury energetycznego ustroju.

Znaczenie poszczególnych tkanek i narządów dla metabolizmu może być rozważane w dwojakim kierunku. Raz można mówić o tkankach jako o miejscu wytwarzania się energii, a więc także pobierania tlenu i oddawania bezwodnika węglowego, ale można także brać pod uwagę znaczenie pewnej tkanki jako regulatora metabolizmu, przyczem regulacja dotyczy nie wyłącznie produkcji energii i wymiany gazów w tej jednej tkance, czy w tym jednym narzędziu, ale całego ustroju. Oczywiście, że tego rodzaju ogólne działanie może być rozumiane tylko w znaczeniu działania hormonalnego lub też wisceralno-nerwowego, a właściwie najczęściej jednego i drugiego.

Pod tym względem niewątpliwie na głównym miejscu należy postawić tarczycę, której pierwszorzędne znaczenie jako regulatora metabolizmu nie ulega wątpliwości. Pierwsze niewątpliwie dane w tym kierunku zebrał Magnus-Levy¹⁾ i podał w latach 1895—1897 oraz F. Müller. Pierwszy z nich, dzieląc przypadki schorzenia tarczycy na połączone z nadmiernym jej stanem czynnościowym i niedomogą, znalazł w pierwszej grupie metabolizm, wynoszący od 105—170% normy, t. zn. znalazł wartości najwyższe, 70% wyższe od wartości przeciętnych. Odwrotnie rzecz się miała w przypadkach z niedomogą tarczycy. Obniżenie metabolizmu podstawowego wahało się między 94% a 48% normy. Zwykły wół bez towarzyszących objawów, wskazujących na nadmierny czy niedostateczny stan czynnościowy, nie wykazywał żadnej zmiany ani niżki metabolizmu.

Znalezienie przez Magnus-Levy'ego tak silnie wzmożonej wymiany gazowej przy hipertyroidyzmie było tylko potwierdzeniem energetycznym dawnych obserwacji F. Müllera, że chorzy na chorobę Basedowa tracą na wadze pomimo bardzo obfitych poborów. Widocznie więc przemiana materji była u nich przyspieszoną, a ilość wytworzonej energii w jednostce czasu musiała być tem samą większą, niż normalnie.

Od tego czasu obserwacje te potwierdzano wielokrotnie, a ilości badanych przypadków metabolicznie i publikowanych idą w tysiące. Po klasycznych opracowaniach niemieckich i francuskich przeszły one w ręce amerykańskie. Przedewszystkiem Du Bois znalazł wartości nawet stosunkowo wyższe od Magnus-Levy'ego, bo dochodzące do dwukrotnej wartości normy. Niskie stosunkowo wartości Magnus-Levy'ego należy przypisać odniesieniu ich do 1 kg wagi a nie powierzchni ciała. Du Bois podzielił przypadki choroby Basedowa na trzy stopnie według odsetek nadwyżki metabolizmu, przyjmując 75% nadwyżki lub wyżej jako wystarczające dla rozpoznania bardzo ciężkiego przebiegu, między 50 a 75% dla ciężkiego przebiegu, a poniżej 50% dla łagodnego. Było to zresztą tylko potwierdzeniem dawnych obserwacji Magnus-Levy'ego, który również ciężkość przebiegu choroby Basedowa oceniał według wysokości metabolizmu podstawowego. Jest to jedyny wypadek w patologji

¹⁾ Magnus-Levy: Zeitschr. f. Klin. Med. 1897, Bd. 38, s. 269.

klinicznej, gdzie nasilenie sprawności hormonalnej możemy oceniać ilościowo. Może to równocześnie posłużyć za argument dla przyjęcia hyper- i hypofunkcji tarczycy jako etiologii choroby Basedowa lub obrzęku śluzakowatego — a przeciw teorii dysfunkcji (por. F. Merke). Badania, przeprowadzone w Russell Sage Institute of Pathology ¹⁾, stwierdziły przedewszystkiem, że wyniki osiągnięte drogą kalorymetrii i drogą badania pośredniego, więc wymiany gazowej, były zupełnie zgodne. Kalorymetria też wykazała, że chorzy na chorobę Basedowa tracą stosunkowo więcej ciepła drogą wyparowania wody, niż normalni ludzie w tych samych warunkach. W pierwszym przypadku znaleziono, że 25.7% ogólnej ilości kaloryj zostało wydanych przez wyparowanie, podczas gdy u normalnych 23.9%. Temu stosunkowi odpowiadało większe wyparowanie wody ze skóry i płuc tak, że nadwyżkę tę należy sobie wytłumaczyć przedewszystkiem zwiększonym wydalaniem ciepła z ustroju.

Obszerne studia, oparte na znacznej liczbie pacjentów, przeprowadzili w Ameryce: Means i Aub. Wyniki z nich są tutaj przytoczone według wielokrotnie wspomnianej już monografii Du Bois o metabolizmie. Wyniki badań Meansa, opartych na 2049 oznaczeniach, przeprowadzonych u 1000 pacjentów, były następujące ²⁾:

1) Pacjenci z wyraźnie rozwiniętym obrazem hipertyroidyzmu wykazują niezmiennie podwyższony metabolizm podstawowy, natomiast pacjenci z ustalonym obrazem hipotyroidyzmu wykazują również niezmiennie metabolizm obniżony. Osobniki z wolami, ale bez oznak, czy objawów, wskazujących na zaburzenia czynności tarczycy, mają po większej części metabolizm prawidłowy.

2) Pacjenci z nietypowymi lub też niekompletnymi objawami klinicznymi czynnościowych zaburzeń ze strony tarczycy, mogą mieć metabolizm prawidłowy lub nieprawidłowy. Większość ich wykazuje metabolizm prawidłowy.

3) Sądzimy, że w tych przypadkach granicznych stwierdzenie zwiększonego metabolizmu podstawowego jest wyraźnym dowodem hipertyroidyzmu, o ile oczywiście znaleziono prawdziwą jego wartość i o ile wykluczono inne powody zwyżki, takie, jak podwyższona temperatura, akromegalja, białaczka i ciężka anemja (severe anemia). W podobny sposób niska wartość metabolizmu podstawowego jest przekonującym dowodem hipotyroidyzmu, o ile się wykluczy takie czynniki, jak niedoodżywienie, „hipopituitarizm“ i „hiposuprenalizm“.

4) A zatem w tym zakresie i z temi zastrzeżeniami oznaczenie metabolizmu przynosi wyraźne korzyści dla rozpoznania różnicowego. Na podobieństwo wszystkich innych badań laboratoryjnych powinno ono jednak być wzięte pod uwagę przy należnym uwzględnieniu wszystkich innych klinicznych i laboratoryjnych danych, no i oczywiście z należnym krytycyzmem dla badania samego.

Na klinice Mayo'a badano w tym kierunku 12.000 ludzi. Wyniki tych badań przytaczam tutaj według Du Bois:

¹⁾ Basal Metabolism in Health and Disease l. c. str. 293.

²⁾ Dosłownie przytoczone według Du Bois.

Zestawienie wartości metabolizmu podstawowego u 6.197 pacjentów z zaburzeniami tarczycowymi, badanych przed rokiem 1922 (Boothby).

Rozpoznanie	Ilość przy- padków	O d s e t k i								
		Ponad + 20	od + 20 do + 16	od + 20 do + 11	od + 15 do + 11	Nawrót od + 10 do - 10	od - 11 do - 15	od - 11 do - 20	od - 16 do - 20	Ponizej - 20
Wól z wytrzeszczem	2569	93	—	5	—	2	—	—	—	—
Powrotny wól z wytrzeszczem	320	90	6	—	2	2	—	—	—	—
Gruzołak z hipertyroidyzmem	1425	68	—	32	—	—	—	—	—	—
Gruzołak powrotny z hipertyroidyzmem	46	57	17	—	26	—	—	—	—	—
Gruzołak bez hipertyroidyzmu	1111	—	—	—	—	100	—	—	—	—
Gruzołak powrotny bez hipertyroidyzmu	62	—	—	—	—	90	8	—	2	—
Wól koloidalny	328	—	3	—	10	79	6	—	1	1
Obrzęk śluzakowaty	102	—	—	—	—	—	—	20	—	80
Obrzęk śluzak. pooperacyjny	41	—	—	—	—	—	—	46	—	54
Hipotyroidyzm wątpliwy	86	—	—	—	—	9	—	61	—	30
Matołkowatość	28	—	—	—	—	21	—	32	—	47
Thyroiditis	34	32	—	12	—	35	—	12	—	9
Wól złośliwy	45	22	—	9	—	67	—	—	—	2
Razem	6197	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Niemal wszystkie więc przypadki wola z objawami hipertyroidyzmu, wykazywały zwiększony metabolizm w ogromnej większości ponad 20%, a stosunkowo w znacznie mniejszej odsetce przypadków zwiększa wahała się między 11 a 20%. Poza tem z różnych schorzeń wola wchodziły jeszcze w grę nadwyżka przy zapaleniu tarczycy oraz złośliwym guzie, ale już w znacznie mniejszym odsetku. Ponieważ jednak nadwyżki przy obu ostatnich schorzeniach dochodzą do jednej trzeciej wszystkich wogóle przypadków, badanych z tem rozpoznaniem, więc metabolizm podstawowy nie może służyć za środek rozpoznawczy, rozstrzygający między temi schorzeniami a chorobą Basedowa. Co się tyczy hipotyroidyzmu, to niższy metabolizm są stosunkowo mniejsze od zwiększonego, towarzyszących hipertyroidyzmowi. Największe odchylenia stwierdzono tylko w 80% przypadków. Znacznie donioślejsze znaczenie praktyczne ma fakt, że w przypadkach wątpliwego hipotyroidyzmu 61% wykazywało niższą między — 11 a — 20, 30% poniżej — 20, tylko więc 9% miało metabolizm normalny. Praktycznie więc rzecz biorąc, oznaczenie metabolizmu podstawowego rozstrzygało tutaj w sposób zupełnie niedwuznaczny rozpoznanie. W całej pełni uwydatnia się w tej tablicy równo-

ległość pomiędzy nasileniem zaburzenia, czyto w kierunku — hiper, czy hipo, z odsetkami przypadków i z odsetkami zwyżki, czy też zniżki metabolizmu podstawowego. Objawem klinicznym, który towarzyszy najwyższym wartościom metabolicznym, jest wytrzeszcz oczów. Rozpoznanie hipertyroidyzmu opiera się, jak wiadomo, na całym szeregu objawów klinicznych, pośród których przyspieszenie tętna jest jednym z najczęściej charakterystycznych. Oddawna już zwracano uwagę, a szczególnie czynił to F. Benedict, że ilość tętna idzie równolegle do wysokości metabolizmu. Powiada on: „w ilości tętna posiadamy dokładny sposób oznaczenia ruchliwości normalnego osobnika oraz metabolizmu, który mu towarzyszy¹⁾”. Znaną jest ruchliwość przy chorobie Basedowa, ale równoległość ilości tętna i wysokości metabolizmu nie dotyczy wyłącznie metabolizmu ruchu. W równej mierze występuje ta równoległość w stosunku do metabolizmu podstawowego, na co również Benedict zwraca uwagę. A więc w warunkach badania tego metabolizmu, przy możliwie największym spokoju ruchowym, stwierdzamy obok zwyżki metabolizmu zwyżkę tętna i w wielu przypadkach istnieje równoległość między obu temi zwyżkami. Jest zresztą łatwo zrozumiałą, że zwiększone zapotrzebowanie tlenu musi za sobą pociągać przyspieszenie krążenia krwi, a więc zwiększenie pojemności minutowej. Stwierdzono zwiększenia, dochodzące do 80—100% normy, a więc równoległe do zwyżek metabolizmu (Lilienstrand, Stenström). Ponieważ wartości pojemności skurczowej przy Basedowie nie są według tych autorów zwiększone, więc musi się to odbywać drogą przyspieszenia tętna.

Nie tak bezpośrednim i jasnym jest związek między wymianą gazową w mięśniach i ich metabolizmem a drżeniem kończyn, również charakterystycznym objawem choroby Basedowa. Jest do dziś dnia spornem, czy regulacja ciepła w mięśniach odbywa się wyłącznie za pośrednictwem skurczu lub drżenia mięśniowego lub zmian napięcia w mięśniach kośćcowych, czy też regulacja ta odbywa się także w mięśniach, pozostających w stanie zupełnego spoczynku ruchowego. H. Freund i S. Jansen²⁾ wykazali osobne nerwy, przebiegające w otoczeniu naczyń, od nerwów naczynioruchowych zupełnie niezależne, które mają regulować termogenezę mięśniową, nie mając bezpośredniego wpływu na skurcze mięśnia. Literatura nie dostarcza danych odnośnie do pytania, czy przy chorobie Basedowa termogeneza w mięśniach jest zwiększona, czy też samo drżenie, odbywające się, jak wiadomo, nie we włóknach prądkowanych, ale w sarkoplazmie, przyczynia się w pewnej mierze do zwiększenia metabolizmu.

Przy hipotyroidyzmie odwrotnemu zachowaniu się metabolizmu towarzyszy także odwrotne zachowanie się tych zasadniczych objawów klinicznych. Ze strony niektórych autorów, zwłaszcza Wieland'a, zwracano uwagę na jeszcze jeden objaw hipotyroidyzmu, dający się jednak obserwować tylko w wieku młodocianym, mianowicie zaburzenia w os-

1) F. Benedict: *The Metabolism and Energy Transformations of Healthy Man During Rest*, Carnegie Institution, Washington 1910.

2) H. Freund i S. Jansen: *Pf. A. f. Phys. B.* 200, H. 1 i 2.

teogenezie śródchrząstkowej. Autor ten uważa je za najwięcej charakterystyczne ze wszystkich objawów hipotyroidyzmu. Według Plummera śluzakowate zmiany skóry i podściółki występują dopiero przy metabolizmie, obniżonym o — 15 do — 17%. Zwracają przy tem uwagę na bardzo ciekawy a nie tak bardzo rzadki kliniczny objaw, mianowicie, że u osobników z hipotyroidyzmem obrzęki występują niekiedy przejściowo i to po wysiłkach fizycznych. F. Merke widzi powód tego zjawiska we wyczerpaniu się tyroksyny po wysiłkach fizycznych. Ponieważ niewydolna tarczycza nie może nadażyć nadmiernemu zużyciu tyroksyny, przeto metabolizm podstawowy zmniejsza i przy odpowiedniej zmniejszonej obrzęki¹⁾.

Jakkolwiek w ogromnej większości przypadków badania metabolizmu wykazują niewątpliwie równoległość między nasileniem zaburzeń tarczycowych a metabolizmem, to jednak bardzo poważni autorowie ogłaszali cały szereg przypadków o bardzo charakterystycznym, typowym zespole klinicznym hipotyroidyzmu, a zwłaszcza hipertyroidyzmu, w których nie stwierdzono odpowiednich zmian w metabolizmie lub też nie udawało się wykazać równoległości w przebiegu schorzenia i w zachowaniu się metabolizmu. Przypadki takie nakazują pewną ostrożność w zbyt niemiernym przecenianiu wartości rozpoznawczej oznaczeń metabolizmu, a zwłaszcza wyłącznego kierowania się nimi przy wskazaniach leczniczych, np. operacyjnych. Także w przypadkach wątpliwych, gdzie klinicyści szczególnie potrzebują poparcia ze strony metabolicznej, nie każdy przypadek z normalnym metabolizmem musi być traktowany jako normalny pod względem tarczycy. Z drugiej znów strony nie ulega wątpliwości, że znaczna część pacjentów, posądzanych o tło hipertyroidalne, na podstawie swoich sercowo-naczyniowych zaburzeń, posiada je w związku z zaburzeniami psychoneurotycznymi a nie w związku z tarczycowymi. W tym wypadku badanie metabolizmu może rozstrzygać z prawdopodobieństwem jednak jakich 80%. O ile jednak rzecz się ma odwrotnie, t. zn. badanie metaboliczne wykazuje znaczną zwyżkę ponad + 20%, to wartość różniczkowa tego objawu klinicznego wzrasta do 90% i więcej. Rzecz się ma więc podobnie, jak z wielu innymi objawami i wskaźnikami klinicznymi.

Zwróciliśmy uwagę powyżej już na to, że różnice metabolizmu w granicach ± 10 nie powinny być przy przeciętnym klinicznym badaniu uwzględniane ze względu na pewne nieścisłości w technice oraz w obliczaniu wyników. Odchylenia zaś od normy w granicy $\pm 20\%$ nie mogą być odnoszone wyłącznie do hiper- i hipotyroidyzmu z tego względu, że istnieje cały szereg innych schorzeń ustroju, które również wykazują odchylenia w metabolizmie, jakkolwiek przy większych nasileniach schorzenia nigdy nie przychodzi do tak znacznych odchyleń, jakie się spotyka przy zaburzeniach tarczycowych. Sądzę, dla użytku klinicznego warto przytoczyć tutaj zestawienie, którego dokonał amerykański autor Boothby.

¹⁾ F. Merke: Die Bedeutung der Grundumsatzbestimmung für Diagnose und Therapie der Schilddrüsenerkrankungen. Deutsch. Zeitschr. f. Chirurgie Bd. 210, Leipzig, Vogel, 1928, S. 36.

Wartości metabolizmu podstawowego przy zaburzeniach, nie będących w związku z tarczycą.

	Ilość przy- padków ba- danych	Powyżej — — 20	-20 do -16	-15 do -11	-10 do +10	+11 do +15	+16 do +20	Po- nad +20	
		%	%	%	%	%	%	%	%
Zdrowi	127	—	—	3.2	92.1	4.0	0.7	—	99.3
Migrena	31	—	—	6.4	93.6	—	—	—	100.0
Wyczerpanie ner- wowe, przewle- kle	267	—	1.2	2.3	87.3	8.6	0.7	—	98.2
Neurastenja	384	—	0.3	3.6	84.3	9.4	1.4	1.0	97.3
Otyłość	94	1.1	3.2	6.4	80.7	7.5	1.1	—	94.6
Astenja	36	—	2.7	11.2	77.8	8.3	—	—	97.3
Hipertensio essen. Nerwica sercowa	170	—	—	0.6	73.0	15.8	7.2	3.4	89.4
Blok sercowy	99	—	1.0	2.0	83.9	10.1	1.0	2.0	96.0
Endocarditis	10	—	—	—	80.0	10.0	—	10.0	90.0
Myocarditis	56	—	—	1.8	80.4	5.4	1.8	10.6	87.6
Pericarditis	55	1.8	—	3.6	81.9	10.9	—	1.8	96.4
Wady sercowe wrodzone	4	—	—	—	100.0	—	—	—	100.0
Nerkowi	5	—	—	—	80.0	20.0	—	—	100.0
Choroba Hodg- kins'a	127	4.0	1.6	3.2	72.4	12.6	4.0	2.4	88.2
Choroba Hodg- kins'a	1	—	—	—	—	—	—	100.0	—
Umysłowo chorzy Epileptycy	34	3.0	3.0	8.9	61.7	17.6	2.9	2.9	88.2
Żołądkowo-jelito- wi	22	9.1	4.6	9.1	77.3	—	—	—	86.4
Ginekologiczne	98	1.0	1.0	3.1	85.7	4.1	5.1	—	92.9
Skórne	96	1.0	2.1	6.3	81.3	4.1	5.2	—	91.7
Ciąża	43	2.3	—	14.0	79.1	4.6	—	—	97.7
Encephalitis	30	—	—	—	70.0	10.0	10.0	10.0	80.0
Akromegalia	10	—	—	10.0	70.0	—	—	20.0	80.0
Hipopituitaryzm	30	3.3	—	3.3	43.4	13.3	10.0	26.7	60.0
Choroba Pageta	58	12.1	25.9	15.5	34.5	5.2	3.4	3.4	55.2
Choroba Adisona Policythemia	6	—	—	—	66.7	16.7	—	16.6	83.4
Niedokrewność wtórna i złośliwa	13	15.4	—	7.7	69.2	—	—	7.7	76.9
Leukemia	2	—	—	—	50.0	—	—	50.0	50.0
Limf. i miełg.	30	—	3.3	—	80.0	13.4	—	3.3	93.4
Wątpliwe zabu- rzenia hormo- nalne	19	—	—	15.9	63.0	10.5	—	10.6	89.4
Sclerosis cent. i tabes	16	—	—	—	6.3	6.3	—	87.5	12.6
Cukrzyca	24	8.3	8.3	16.6	58.4	—	—	8.4	75.0
Zapalenie stawów Różne, ale nie tar- czycowe	20	—	—	—	90.0	10.0	—	—	100.0
Razem	68	17.7	10.3	7.3	52.9	—	5.9	5.9	60.2
	69	2.8	2.8	5.7	75.3	11.6	1.4	—	92.6
	178	—	2.7	5.6	77.1	8.4	4.0	2.2	91.1
	2417	2.1	2.2	4.6	77.1	8.3	2.6	3.1	90.0

Najwyższy odsetek wysokiego metabolizmu, bo wynoszący ponad 20%, znajdujemy przy chorobie Hodgkin'a, ale tylko przy jednym badanym przypadku. Na dwóch badanych z policytemią jeden był z wysokim metabolizmem. Natomiast na 16 z białaczką przeszło trzy czwarte wykazywało bardzo wyraźne zwiększenie metabolizmu. Wśród akromegalji jedna czwarta pośród 40 badanych przypadków. 10% niedokrwoności złośliwej oraz zapalenia wsierdzia i bloku sercowego przy dosyć dużej ilości przypadków wykazywało jednak znaczną podwyżkę. Obniżenie metabolizmu stwierdzamy przy cukrzycy, dalej przy chorobie Addisona. Z przytoczonego tutaj zestawienia wynika, że jednak w tych przypadkach klinicznych, w których niema żadnych objawów tarczycowych, spotyka się, i to niekiedy w dosyć znacznym odsetku przypadków, wysokie zwyżki i niżki metabolizmu. Podobnie, jak poprzednio, rzadko, ale przecież niekiedy występujący brak objawów metabolicznych przy schorzeniach tarczycowych kazał być ostrożnym w zbyt niem przecenianiu negatywnego wyniku metabolicznego, tak znów te przypadki tutaj przestrzegają przed zbyt jednostronnem odnoszeniem każdego i nawet bardzo wyraźne dodatniego wyniku wyłącznie do zaburzeń tarczycowych.

Że związek pomiędzy zachowaniem się tarczycy a metabolizmem podstawowym nie jest przypadkowym, że polega on na wzajemnem czynnościowem związaniu, to widzimy także z wyników leczniczych, osiągniętych różnemi sposobami a działających na tarczycę. Szczególnie pouczająca jest w tym kierunku krzywa, zestawiona przez Boothby'a, w przypadkach gruźlaka tarczycy z hipertyroidyzmem operowanych oraz przez Means'a i Holmes'a w przypadkach, leczonych promieniami Roentgena; podaje ją według J. T. King'a¹⁾. O ile po zabiegu operacyjnym już w miesiąc stwierdzano metabolizm podstawowy o 5% tylko wyższy od normy, wobec + 35% przed zabiegiem, to obniżenie metabolizmu leczeniem roentgenologicznem trwało 11 miesięcy. Drugie zestawienie przez tych samych autorów odnosiło się do różnych sposobów operacyjnych, używanych na klinice Mayo'a, dla operacyjnego leczenia hipertyroidyzmu. Krzywe pouczają, że po zwykłej tyreoidektomji lub też po tyreoidektomji, połączonej z jednym podwiązaniem, spadek metabolizmu stwierdzano już po 1 miesiącu. W przypadkach zaś, gdzie stosowano najpierw dwa podwiązania a tyreoidektomię wykonano dopiero w dwa miesiące później, spadek metabolizmu w czasie podwizań odbywał się wprawdzie, ale stosunkowo powoli i nieznacznie, natomiast po zabiegu operacyjnym niżka metabolizmu była wyraźna. Krzywa ta wykazuje również, że taką samą poprawę metabolizmu osiągnano leczeniem promieniami Roentgena, jak i leczeniem spoczynkowem, zastosowanem przez czas dłuższy. Różnica polega tylko na tem, że leczenie promieniami Roentgena wykazują znacznie jednostajniejsze wartości metabolizmu, aniżeli leczeni spoczynkiem.

F. Merke²⁾ podaje krzywe metabolizmu przy Basedowie leczonych

¹⁾ J. T. King: Basal Metabolism I. c. str. 73.

²⁾ F. Merke, I. c. str. 121.

małemi dawkami jodu. Według nich zdołał osiągnąć dosyć znaczne niżki metabolizmu, które w okresach odstawienia jodu ustępowały miejsca zwyżkom. Odpowiada to wynikom, które Loewy i Sondék otrzymali przed szeregiem lat również na chorych z Basedowem.

Interesujące są wyniki, jakie otrzymano przy leczeniu hipotyreozy zapomocą implantacji gruczołu tarczycowego. Według Merkego zabieg taki przeprowadził pierwszy raz H. Biercher w r. 1889, implatując tarczycę ludzką w jamę brzuszną chorego na obrzęk śluzakowaty. Wyniki były jednak przejściowe, ale jednak lepsze od otrzymywanych później zapomocą implantacji tarczycy owczej. W tym wypadku gruczoł się nie przyjmował, ale ulegał wessaniu. Pierwszy dopiero v. Eiselsberg wykazał, że w niektórych przypadkach część przynajmniej implantowanego gruczołu zachowuje przez szereg miesięcy swoją histologiczną budowę. A. Kocher uważał, że przyczyna resorbcji leży w zbytнім głodzie organizmu i że należy implatację poprzedzić dłuższem podawaniem preparatów tarczycy. Metabolizm podstawowy, badany w tych przypadkach dopiero w ostatnich siedmiu latach, wykazywał poprawę, t. zn. zbliżanie się ku normie, ale przejściowo. Także przypadki, ogłoszone przez F. Merkego, nie wykazują trwałego podwyższenia metabolizmu.

Znacznie lepsze wyniki osiągnięto, jak wiadomo, podawaniem preparatów tarczycowych. Punktem wyjścia tego leczenia były dodatnie objawy, jakie Murray osiągnął w r. 1891 zapomocą wstrzykiwań wyciągów glicerynowych z tarczycy baraniej. Potem zaczęto podawać świeże i gotowane tarczycy owcze i bydłce. Od czasu, gdy Kaendall otrzymał preparat tyroksyny, zdawało się, że udało się uzyskać sam hormon w chemicznie czystej postaci i skutkiem tego można będzie dawkować leczeniem odpowiednio do braku jego w ustroju. Nowsze jednak badania każą wątpić, czy chodzi tu rzeczywiście o czysty hormon tarczycowy. Z tego też względu dla leczenia wielce wskazane jest używanie preparatów tarczycowych, aniżeli czystej tyroksyny. Nodécourt i H. Janet¹⁾ wykazali pierwsi, że przez podawanie preparatu tarczycowego osiąga się w przypadkach hipotyroidizmu zwyżkę metabolizmu, ale wyłącznie tylko w czasie podawania, waga zaś ustroju zachowuje się w tym czasie odwrotnie do metabolizmu. Równocześnie z podwyżką metabolizmu podnosi się także ilość tętna.

Jeden z najwięcej znanych badaczy amerykańskich w tym kierunku, Strugies, autor wielu klasycznych monografij na temat hipotyroidyzmu, wspomina w jednym przypadku, nie przedstawiającym żadnych szczególnych oznak patologicznych, szczególnie w kierunku tarczycowym, który miał metabolizm obniżony o 22 do 25%. Przypadki takie wskazują, że podobnie, jak to mówiliśmy, przy hipertyroidyzmie nie należy bezkrytycznie traktować każdej niżki metabolizmu podstawowego i wyciągać zbyt pospiesznie wnioski.

Wpływ innych gruczołów na metabolizm podstawowy nie jest ani tak jednoznaczny, ani tak wyraźny, jak wpływ gruczołu tarczycowego.

¹⁾ Nodécourt i H. Janet: *Bulletins et Mémoires de la Société Médicale des Hopitaux.*

Należy zwrócić uwagę, że zwłaszcza przy tych gruczołach, które nie wykazują takiego wyraźnego wpływu, jak tarczycyca, trudno jest mówić o fizjologicznym znaczeniu pewnego gruczołu dla metabolizmu ustrojowego, skoro w ustroju żywym nie istnieje właściwie żaden z gruczołów jako pewna jednostka czynnościowo wyosobniona, ale ustrój stoi zawsze pod wpływem całego układu gruczołów dokrewnych, które, wzajemnie się równoważąc, pomagając i przeciwdziałając, tworzą dopiero pewną całość hormonalną, związaną czynnościowo z ustrojem już to bezpośrednio zapomocą układu wegetatywnego, który tak samo reguluje wydzielanie gruczołów wewnętrznych, jak i nawzajem jest przez nie regulowany. Stąd też wszelkie doświadczenia, polegające na wyłączeniu pewnego gruczołu od zadziałania na ustrój, stwarzają pewne sztuczne warunki w ustroju, polegające na zmianie równowagi hormonalnej, ale zbyt pochopnym byłby wniosek, że wystarczy tylko odwrócić te objawy, które wykazuje ustrój po usunięciu danego gruczołu, aby uzyskać obraz jego funkcji fizjologicznej. Tak z pewnością nie jest, chociażby ze względu na zastępcze działania innych gruczołów, które w razie usunięcia jednego z nich może nawet częściowo obejmować jego funkcję. Z tem zastrzeżeniem wspomnę tutaj o ciekawych badaniach, które przeprowadził Gley i C. Hymans¹⁾. Otrzymali oni po kastracji kogutów następujące wyniki: 1) metabolizm spadł o 20 do 30%, 2) u kogutów, u których pozostały tylko noduli testiculares, spadek był mniejszy, bo wynosił 10 do 20%, jakkolwiek nie zatraciły one wtedy wtórnych cech płodu, 3) przeciętna ciepłota ciała kapłonów jest niższa o 0.4%. Dalszy ciąg doświadczenia zmierzał do odszukania powodów tego zmniejszenia metabolizmu. W tym celu umieszczono kapłony i koguty tej samej wagi pod kloszem w warunkach możliwie małej ruchliwości, dając jednym i drugim tę samą ilość pokarmów. Okazało się, że chociaż kapłony pobierały o 21.24% mniej pożywienia od kogutów, to jednak w przeciągu 17 dni utrzymywały się na tej samej wadze, a nawet kapłon przybrał 65 gr w tym samym czasie, gdy kogut 30 gr. Uderzającym jest, że pobory kapłona były mniej więcej o tyle mniejsze, o ile spadł jego metabolizm, t. zn. o jedną czwartą. Mamy tu więc ciekawy przykład, jak obniżenie się metabolizmu pociąga za sobą zmniejszenie zapotrzebowań ustroju, a tem samem instynktowny spadek łaknienia oraz, mimo wszystko, pewną skłonność do tycia. Dalsze doświadczenia Gley'a wykazały, że 1) nadwyżka metabolizmu oddechowego u człowieka jest wtórną cechą płciową, wynikłą znacznie częściej z nadmiernej potrzeby ruchu, 2) że post sprowadza już w trzecim dniu metabolizm koguta do poziomu metabolizmu kastrata, 3) że wytrzymałość na post względnie na niedobór jest większa u kapłona, niż u koguta, tak, że strata wagi u tego ostatniego była o 50% większą. To samo odnosi się także i do białek ustrojowych.

Obniżenie metabolizmu u ludzi na skutek kastracji jest objawem znanym, jakkolwiek nie występującym stale i w nieznacznym stopniu.

1) Gley i C. Hymans: Journ. d. Phys. et d. Path. Gen., XIX, Nr. 3.

Znany w tym kierunku jest przypadek kastracji, dokonanej w czasie wojny przez pocisk u żołnierza. Cuntz i Kanner znaleźli w tym przypadku znaczne obniżenie metabolizmu podstawowego, który po opoterapii powrócił do normy. L. Cuntz znalazł po wytrzebieniu kobiet poprzednio miesiączkujących obniżenie metabolizmu podstawowego w niektórych tylko przypadkach i to najwcześniej w 7 tygodni po wytrzebieniu.

Po wycięciu nadnerczy stwierdzili Gradinescu, Aub¹⁾, Brighd i Forman obniżenie metabolizmu podstawowego o 25%; trwało ono do zgonu, który nastąpił 5 dni po zabiegu. Po zastosowaniu zastrzyków adrenaliny metabolizm powracał czasowo do normy. Z pośród 13 przypadków choroby Adissona, u których Boodhby i Sandiford oznaczali metabolizm podstawowy, tylko w jednym przypadku stwierdzono + 20%, w dwóch poniżej - 20%, w jednym - 11%, w jednym - 15%, a pozostałe ośm przypadków wykazywało metabolizm normalny.

Zniżka metabolizmu, występująca po usunięciu nadnerczy, ustępuje po zastrzykach adrenaliny. Tak angielscy autorowie (Tompkins i inni), jak i niemieccy (Bernstein i Falta), stwierdzili po zastrzyknięciu wśródzielnem adrenaliny zwyżkę (Mop) i (Wd); nadwyżka (Mop) odbywała się więc kosztem wzmożonego spalania węglowodanów. Takie przy najmniej stanowisko zajął Graffe²⁾.

Brak pewnych danych co do wpływu gruczołów przytarczycowych na metabolizm. Tak Koima na szczurach, jak Rodzyński na psach, nie znaleźli zmian w metabolizmie. Loeffler ogłosił przypadek tężyczki po tyrektomji z obniżeniem metabolizmu podstawowego. U tego chorego sekecja, dokonana w rok później, wykazała brak gruczołów przytarczycowych a obecność tkanki tarczycowej. Odnośnie do przysadki wykazały badania: 1) Usunięcie przedniego płatu przysadki powoduje zmniejszenie metabolizmu podstawowego i to już w tydzień po zabiegu. Wykazali to Benedict i Komans. Okazało się przytem, że samo trzymanie w klatce powoduje u młodych psów pewne obniżenie metabolizmu (Lusk), ale niezależnie od tego wpływ usunięcia przedniego płatu był wyraźny, chociaż niezbyt znaczny. 2) Karmienie gruczołem nie dawało wedle amerykańskich autorów zgodnych wyników odnośnie do metabolizmu podstawowego, natomiast według Biegła karmienie młodych zwierząt przednim płatem wybitnie podniecało wzrost i rozwój płciowy, 3) wstrzykiwanie wyciągów z przysadki okazuje silny wpływ na metabolizm podstawowy, ale nie wiadomo, czy odpowiada on fizjologicznej czynności gruczołu (Falta³⁾). Labbé, Stevenin i van Bogaerd⁴⁾ stwierdzili znaczną zwyżkę metabolizmu w dwóch przypadkach akromegalji, gdzie obraz kliniczny był w całej pełni rozwinięty. Zniżka była mniejszą w trzech innych przypadkach, w których nasilenie chorobowe było mniejsze. O wynikach osiągniętych przez R. Plaut przy schorzeniach przysadkowych będziemy mówili w rozdziale o metabolizmie poborowym.

¹⁾ Aub i Taylor: *Endocrinology* IV, nr. 2.

²⁾ E. Graffe: *Ergeb. d. Physiol.* 1923, B. 21, II, 1.

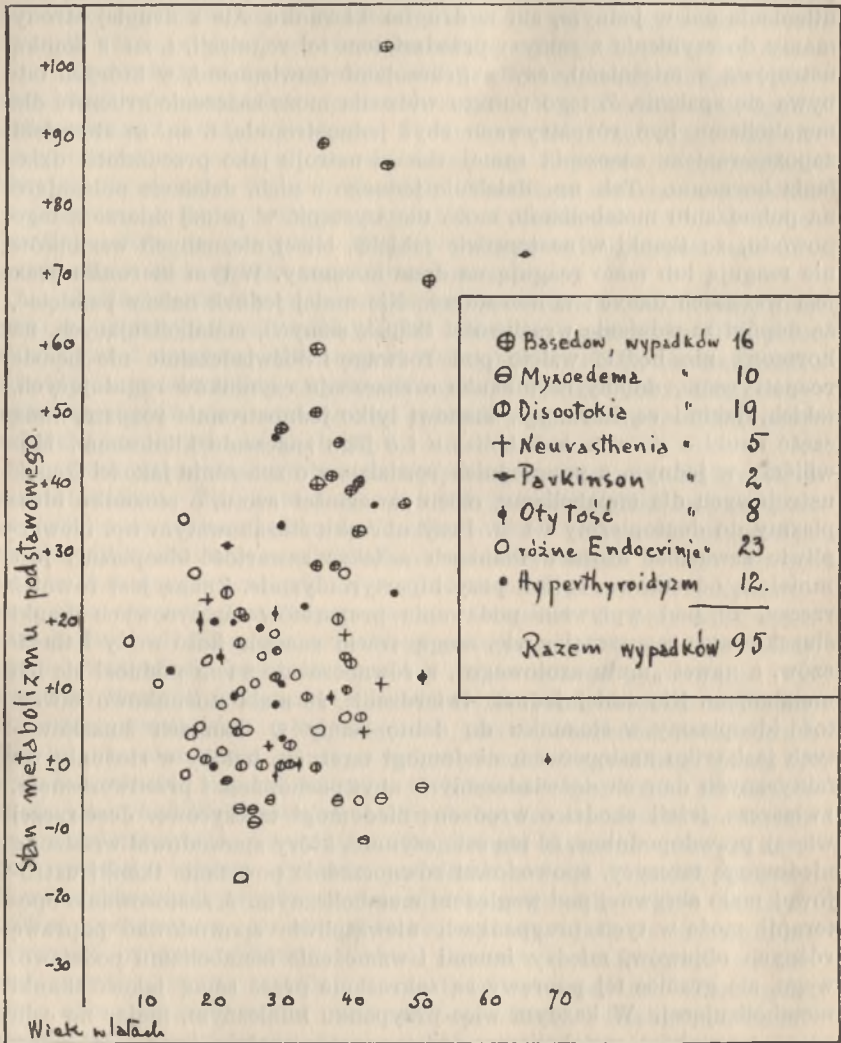
³⁾ Falta: *D. A. f. klin. Med.* 1919.

⁴⁾ Labbé, Stevenin i van Bogaerd: *Ann. d. Med.*, 1925, 17, e. 258.

Biorąc pod uwagę wpływ gruczołów dokrewnych na metabolizm, należy pamiętać, że dwa czynniki wchodzi tutaj w grę. Jednym z nich są hormony, które regulują wysokość metabolizmu już przez jego podniecenie, już przez obniżenie, już wreszcie przez niedziałanie na utleniania ani w jednym, ani w drugim kierunku. Ale z drugiej strony mamy do czynienia z samym przedmiotem tej regulacji, t. zn. z tkanką ustrojową z mięśniami, czy z gruczołami trawiennymi, w których odbywa się spalanie. Z tego punktu widzenia może znaczenie gruczołu dla metabolizmu być rozpatrywane zbyt jednostronnie, t. zn. ze zbyt niemiernym zapoznawaniem znaczenia samej tkanki ustroju jako przedmiotu działania hormonu. Tak np. działanie jednego z nich, działanie polegające na pobudzaniu metabolizmu, może nie wystąpić w pełnej mierze z tego powodu, że tkanki w następstwie jakichś bliżej nieznanych warunków nie reagują lub mało reagują na dane hormony. W tym kierunku brak jest wszelkich danych w literaturze. Nie mniej jednak należy pamiętać, że dopóki zagadnienie wrażliwości tkanek samych, metabolizujących, na hormony nie będzie wzięte pod rozwagę i doświadczalnie nie będzie rozpatrywane, dopóty cała nauka o znaczeniu czynników regulujących, takich, jakimi są hormony, stanowi tylko jednostronnie rozpatrywaną część nauki o genezie metabolizmu i o jego znaczeniu klinicznym. Mówiliśmy w jednym z poprzednich rozdziałów o znaczeniu jakości tkanek ustrojowych dla metabolizmu, o ich zawartości azotu, o stosunku ideoplazmy do deutoplazmy i t. d. Przy obrzęku śluzakowatym np. niewątpliwie zawartość azotu w tkankach a także zawartość ideoplazmy jest mniejszą odsetkową, aniżeli przy hipertyroidyzmie. Znana jest również rzeczą, że pod wpływem podawania preparatów tarczycowych tkanki śluzakowate, zagęszczając się, mogą tracić znaczną ilość wody i tłuszczów, a nawet „mułu azotowego“, a równocześnie z tem podnosi się ich metabolizm. Nie mniej jednak twierdzenie, że mała stosunkowo zawartość ideoplazmy w stosunku do deutoplazmy w tkankach śluzakowatych jest tylko następstwem niedomogi tarczycy, byłoby w stosunku do faktycznych danych doświadczalnych zbyt pochopnem i przedwczesnem, zwłaszcza, jeżeli chodzi o wrodzone niedomogi tarczycowe. Jest raczej więcej prawdopodobne, że ten sam czynnik, który spowodował wrodzoną niedomogę tarczycy, spowodował równocześnie powstanie tkanki ustrojowej mało aktywnej pod względem metabolicznym. A zastosowanie operacji może w tych przypadkach niewątpliwie spowodować poprawę różnych objawów, między innymi i wzmożenie metabolizmu podstawowego, ale granice tej poprawy są zakreślone przez samą jakość tkanki metabolizującej. W każdym więc przypadku klinicznym, mając na celu ocenę warunków metabolizmu podstawowego, należy brać obie grupy czynników pod uwagę, t. zn. tak wpływy hormonalne, jak i samą wartość metaboliczną tkanek. Obie te grupy czynników omówiliśmy tutaj w odpowiednich rozdziałach.

Na zakończenie tego rozdziału podam zestawienie wartości metabolizmu podstawowego u 95 osobników, badanych w pracowni Lecznicy Związkowej w Krakowie. Widzimy, że przy zwykłych metabolizmu po-

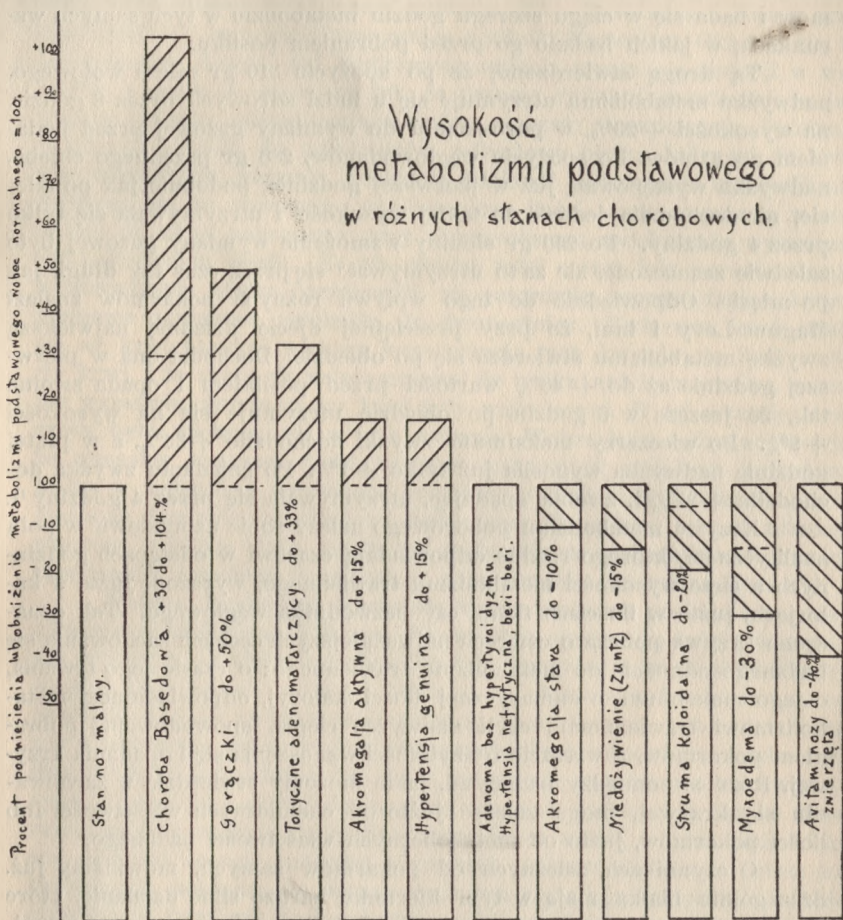
nad + 30% spotykamy wyłącznie tylko przypadki hipertyroidyzmu z dodatkiem jednego przypadku choroby Parkinsona. Natomiast niżki metabolizmu, naogół znacznie rzadziej spotykane od zwyżek (o technicz-



Ryc. 8.

nych powodach tego zjawiska była mowa powyżej), stwierdzono niemal wyłącznie w przypadkach hipotyroidyzmu. Uderza dalej, że t. zw. neurastenje wykazują różne wartości metaboliczne, raz zwyżkowe, raz niżkowe. Wśród przypadków otyłości spotyka się w tym materiale naj-

częściej wartości metaboliczne normalne lub też lekko zwiększone. Znaczna większość przypadków leży w granicach od 0 do $+20\%$, wśród których przeważają zaburzenia o wydzieleniu wewnętrznym.



Ryc. 9.

B. O metabolizmie poborowym.

Rozumiemy przez to wzmożone pobranie tlenu lub też wydalanie bezwodnika węglowego, występujące po pobraniu pokarmów, więc ciał pożytkowych. Nie wszystkie z nich działają jednakowo w tym kierunku. Niewątpliwie na pierwszym miejscu stoją tutaj białka. Według większości autorów na drugim miejscu węglowodany a na trzecim dopiero tłuszcze. Wzmożenie wymiany gazowej ze względu na ilości wydalonego

ciepła oznacza się w ten sposób, że naprzód bada się wymianę gazową w pewnych ustalonych warunkach, więc najlepiej w stanie spoczynku, kiedy badany leży, a potem daje się badanemu do spożycia pewną, ściśle pod względem składu chemicznego i ilości określoną ilość pokarmów i bada się w ciągu szeregu godzin metabolizm w tych samych warunkach, w jakich badano go przed pobraniem posiłku.

Tą drogą stwierdzono, że po spożyciu 310 gr mięsa wołowego, nadwyżka metabolizmu utrzymuje się u ludzi zdrowych przez 8 godzin na wysokości + 20%, w porównaniu do wymiany gazowej przed podaniem pokarmów. Po spożyciu węglowodanów, 280 gr pszennego chleba, nadwyżka występowała już w pierwszej godzinie, podobnie, jak po mięsie, nie dochodziła jednak do takiej wysokości i utrzymywała się tylko przez 4 godziny. Po 250 gr słoniny wzmoczenie wymiany gazowej było zaledwie zaznaczone, ale za to utrzymywała się przez czas tak długi, jak po mięsie. Odpowiednio do tego wpływu różnych pokarmów znalazł Magnus-Levy i inni, że przy przeciętnej djecie dziennej największą zwykłą metabolizmu stwierdza się po obiedzie. Dochodzi ona w pierwszej godzinie aż do + 40%, wartości przed posiłkiem i opada z wolna tak, że jeszcze w 6 godzin po obiedzie utrzymuje się na wysokości + 9%. Po wieczerzy maksimum zwykły dochodziło + 33%, a w piątej godzinie nadwyżka wynosiła już tylko + 1%. Po śniadaniu zwykła dochodziła + 27%, i, z wolna spadając, utrzymywała się przez 4 godziny ¹⁾.

Krzywe metabolizmu poborowego należy sobie uzmysłowić w polu analitycznym, którego rzędne odpowiadają czasowi w odstępach godzinnych a cięte wysokości metabolizmu trawiennego, wyrażone jużto w kalorjach, jużto w ilościach tlenu czy bezwodnika węglowego. Tak oznaczona krzywa poucza o czterech najważniejszych cechach zachowania się badanego odnośnie do metabolizmu trawiennego: o czasie jego trwania, o jego maksimum, o sumarycznej ilości kaloryj, odpowiadającej metabolizmowi trawiennemu, czyli nadwyżce ciepła, spowodowanej pobraniem pokarmów, a wreszcie o szybkości wznoszenia się i opadania krzywej. Różnice pomiędzy badanymi, jakie możemy stwierdzić w zachowaniu się krzywej, mogą zależeć jużto od chemicznych właściwości lub ilości pokarmów, jużto od metabolicznych właściwości badanego.

O czynnikach, zależnych od pokarmów samych, mówiliśmy już. Szczególnie białka mają w tym kierunku bardzo silne działanie, które niemieccy autorowie określili nazwą specyficzo-dynamicznego współczynnika białek. Powodów tych właściwości białek należy może szukać częściowo w pracy mięśni, biorących udział w pobraniu i mechanicznym ich przerabianiu, jak to przyjmował Voit, częściowo może w samej pracy trawienia śródjelitowego, jak to przyjmowali Cuntz i Mehring, częściowo i niewątpliwie w pracy gruczołów trawiennych, także pozajelitowych, jak to twierdził Rubner. Ale wszystkie te momenty wchodzi w mniejszym czy większym stopniu także przy trawieniu innych ciał pokarmowych. To co odróżnia białka od tamtych, a więc właściwie tak przez Pflugera

¹⁾ A. Loewy: Oppenheimers Handbuch der Biochemie. Jena Fischer, 1919.

nazwane specyficzno-dynamiczne działanie polega na tej szczególnej właściwości białek, że przetwory ich trawienne, a więc kwasy aminowe i polipeptydy, mają zdolność pobudzania metabolizmu i należą do jednego z czynników, regulujących wielkość pośredniej przemiany. Pouczające w tym kierunku są prace autorów, jak: Hashimoto i Pick¹⁾ oraz Gottschalk²⁾ i jego współpracownicy z kliniki Morawitza. Okazało się, że parenteralny dowóz ciał białkowych zmienia przemianę materji w wątrobie, a nawet w mięśniach tak, że procesy redukująco-utleniające, jak wogóle procesy, odbudowujące białko, znacznie się wzmagają. Działanie to należy odnieść do przetworów odbudowy białka, które aż do kwasów aminowych włącznie posiadają zdolność podniecania metabolizmu. Objawia się to znacznym zwiększeniem ilości azotu w moczu, w stosunku do azotu pobranego, przy równoczesnym zwiększeniu wytwarzania i wydalania ciepła. Że nie chodzi tutaj o sam fakt parenteralnego wprowadzania białka, przekonali się autorowie, wprowadzając kwasy aminowe zapomocą zgłębnika do dwunastnicy. Zwłaszcza jeżeli udało się we krwi uzyskać większą koncentrację tych kwasów, to ilość azotu we krwi, i to azotu nie należącego ani do białka, ani do mocznika, znacznie wzrastała, zwłaszcza we krwi żyły wątrobowej. W tej ostatniej ilość azotu była większa, niż w żyły wtórnej. Wobec tego sądzą autorowie, że wessanie znacznej ilości kwasów aminowych zwiększa odbudowę białka w wątrobie i tem samem powoduje wzmożone wytwarzanie ciepła. Podobne działanie pobudzające stwierdzono dla cukru, tak, że zdaniem autorów wszelkie ciała pożytkowe wpływają za pośrednictwem swoich przetworów trawienia pobudzająco na pośrednią przemianę tych ciał.

Według Luska nie wszystkie kwasy aminowe posiadają tę samą zdolność pobudzającą. Tak np. glikokol lub alanina posiadają w znacznie większym stopniu, niż leucyna lub tyrozyna, a kwas glutaminowy wogóle nie okazuje żadnego działania. Z doświadczeń tego autora na psach wynika, że zwyżka metabolizmu, spowodowana pobraniem kwasów aminowych, może w pewnych przypadkach odpowiadać pod względem ilości energii właśnie tej ilości, która jest zawarta we wprowadzonych do ustroju i skatabolizowanych kwasach aminowych, innym znów razem zwyżka energii, wyprodukowanej przez ustrój, jest znacznie większą od ilości energii, zawartej w kwasach aminowych. Jest to zatem potwierdzenie poglądu, że kwasy aminowe posiadają specjalną zdolność pobudzania komórek do katabolizy pod względem metabolicznym. Zobaczmy później, że ostateczny wynik tego działania zależy nie wyłącznie od kwasów aminowych samych, ale od stanu komórek ustroju, a więc od ustroju samego.

Przeciętne wartości metabolizmu poborowego przy zwykłych, codziennych poborach wahają się około 6% ilości kaloryj, odpowiadających dobowemu metabolizmowi. Zresztą zależy to od ustosunkowania białek do innych ciał pożytkowych. Zależy również od stanu odżywienia

¹⁾ Hashimoto i Pick: A. f. e Path. u. Ph. B. 76, 1914.

²⁾ Gottschalk: Klin. Woch. II, Nr. 30.

pacjenta. Gdyśmy powyżej mówili o znaczeniu stanu odżywienia dla wysokości metabolizmu podstawowego, to zaznaczaliśmy wyraźnie, że zwyżka metabolizmu przy przekarmieniu tak samo, jak zniżka przy niedożywieniu, jest wyrazem dążenia ustroju do indywidualnej normy wagi. Zależność metabolizmu poborowego od stanu odżywienia ma to samo znaczenie, jest tylko więcej bezpośrednią i łatwiej dającą się ująć w ilościowe wartości. Dlatego też posiada szczególne znaczenie kliniczne. Ustroje łatwo tyjące i łatwo chudnące pod wpływem nadmiernego i niedostatecznego odżywiania będą się właśnie odznaczały i wyróżniały stosunkowo małą reakcją metaboliczną na pobory. Wartości metabolizmu poborowego u tych osobników bywają niekiedy uderzająco niskie. Zdarzają się nawet osobniki otyłe, które na pobory, i to nawet białkowe, reagują zniżką metabolizmu. Ciekawy ten objaw miałem sposobność dwukrotnie obserwować u swoich pacjentów a raczej pacjentek otyłych, z otyłością egzogeniczną. Równoczesne oznaczenie krzywej poborowego przekurzenia krwi wykazywało niską, endogeniczną wartość cukru we krwi i uderzająco płaskie pole jej przekurzenia poborowego. Są to więc osobniki, zamieniające z uderzającą łatwością pokarmy w tłuszcz. W przypadkach takich oznaczenie metabolizmu poborowego odrazu poucza o genezie otyłości. U osobników tych znajduje się niemal zawsze mniej i więcej zaznaczone objawy niedomogi przysadkowej. Means, stwierdzając w badaniach swoich zmniejszony metabolizm podstawowy przy otyłości, zaznacza wyraźnie, że wyjątek stanowiły przypadki otyłości na tle niedomogi przysadkowej¹⁾. Otyłość ta daje się klinicznie rozpoznać właśnie na podstawie równocześnie prawidłowych wartości metabolizmu podstawowego i niskich wartości metabolizmu poborowego. Stwierdziły to badania Kestnera, Racheli Plaut, Knippinga, Liebesny'go. I tak w 10 przypadkach, badanych przez R. Plaut²⁾, metabolizm pokarmowy wynosił — 7 do — 16. Zresztą według tej autorki niskie wartości metabolizmu poborowego są charakterystyczne nie tylko dla otyłości przysadkowej, ale także dla „konstytucjonalnej“. Kestner, W. H. Knipping i Liebesny uzyskali przez podawanie wyciągu z przedniego płatu przysadki wzmoczenie pobudliwości pokarmowej w tych przypadkach niedomogi przysadkowej, w których pobudliwość poborowa była obniżoną³⁾. Można zatem przypuszczać, że o ile tarczyca jest głównym regulatorem metabolizmu podstawowego, o tyle przysadka spełnia podobną rolę w metabolizmie poborowym.

Należy jednak być ostrożnym w wyciąganiu zbyt pośpiesznych wniosków odnośnie do zachowania się metabolizmu poborowego. W niektórych przypadkach, zwłaszcza przy otyłości, czas reakcji poborowej jest znacznie przedłużony, tak, że niekiedy trzeba przeciągać badania do 7, 9, a nawet więcej godzin po pobraniu posiłku. Okazuje się wtedy,

1) Cyt. Aub i Taylor, *Endocrinology* IV, nr. 2.

2) G. Brandis; *Deutsch. Archiv. f. Klin. Med.* 186 B., 5 u. 6 Heft.

3) W. H. Knipping; *Klin. Woch.* II, Nr. 24 (Ref.).

że ilość wyprodukowanych kaloryj w następstwie pobrania posiłku jest normalną, nienormalnym jest tylko czas, w jakim to się odbywa¹⁾.

Według przebiegu krzywej metabolizmu poborowego można odróżnić trzy jego cechy, t. zn. czas trwania, wysokość najwyższej nadwyżki i szybkość wznoszenia się względnie opadania. W tem znaczeniu jeden typ metabolizmu trawiennego będzie się przedstawiał jako krzywa o nagłym i stromym wzniesieniu początkowym, utrzymującym się przez czas dłuższy na szczycie wzniesienia i opadającym dosyć nagle po 8 do 9 godzinach. Ponieważ taki przebieg krzywej uzyskuje się u ludzi normalnych po spożyciu większej ilości mięsa (500 gr), można ten rodzaj metabolizmu poborowego nazwać typem mięsnym. Drugi rodzaj krzywej będzie polegał na cokolwiek wolniejszym i tem samem późniejszym wzniesieniu oraz na krótszym czasie trwania; będzie to typ węglowodanowy, mączny. Wreszcie typ tłuszczowy objawia się bardzo powolnym, długotrwałym, ale stosunkowo nieznacznym wzniesieniem maksymalnym. W niektórych stanach patologicznych można spotkać się ze zmianami w typie krzywych, przyczem wzmoczenie metabolizmu będzie się objawiało np. dążnością do typu mięsnego, nawet przy nieznacznych stosunkowo poborach białkowych, a natomiast przeważnie węglowodanowych lub też dążnością do typu tłuszczowego, nawet po poborach białkowych.

Z klinicznego punktu widzenia, zwłaszcza ze względu na odżywianie chorych gorączkujących, ważnem jest, że Coleman i Du Bois znaleźli u tych chorych mniejszą pobudliwość pokarmową, niż u zdrowych²⁾. Dowodzi to, że pobieranie pokarmów u gorączkujących nie musi powodować zwiększonego obrotu metabolicznego, nie zmusza więc ustroju do zwiększonej a niepotrzebnej pracy, natomiast może być wykorzystanem na jego korzyść, przede wszystkim zatem dla odnowy ustroju.

Zależność metabolizmu poborowego nie tylko od rodzaju i ilości pokarmów, ale od stanu odżywienia, świadczy, że pośrednikiem tego drugiego czynnika muszą być ciała zapasowe, znajdujące się w ustroju w nadmiarze z powodu przekarmienia, lub też brak tych ciał w następstwie niedożywienia. Zachodzą jednak znaczne różnice we wielkości tego wpływu, jaki różne ciała zapasowe wywierają na metabolizm trawienny. I tak zapasowe białko wywiera wpływ bardzo znaczny, podczas gdy zapasowy tłuszcz prawie żadnego. Jest to jeszcze jeden dowód, jak dalece tłuszcz ustrojowy może być odcięty od biologicznego współżycia z ustrojem. Stąd też nie jest obojętne, w jakim stopniu ustrój jest przekarmiany, ani też jakimi ciałami posiłkowymi. Sądząc ze znaczenia pośrednich przetworów białka dla wysokości metabolizmu trawiennego, wolno się domyślać, że znaczenie zapasowego białka dla pobudliwości poborowej będzie tem większe, im mniejszy stopień jego przyswojenia. Zwłaszcza tam, gdzie nagromadzeniu ulegają nie tylko białka zupełne, odpowiadające ustrojowi pod względem odsetkowego składu kwasów aminowych i sposobu ich związania, ale także części cząsteczki białko-

¹⁾ Lauter · Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1926, 150, str. 315.

²⁾ E. Graffe: Klin. Woch II, Nr. 22.

wej, zwłaszcza tam należy się spodziewać szczególnie znacznej pobudliwości poborowej. W tych razach spotykamy się niejednokrotnie z przypadkami nadwrażliwości wobec białek, objawiającej się wypryskiem lub innymi schorzeniami skórnymi z grupy „pruritus“. Badanie metabolizmu trawienego w tych przypadkach stwierdza niejednokrotnie bardzo nierówne, skaczące przebiegi krzywych.

W każdym razie należy pamiętać, że w obronie wagi, odbywającej się za pośrednictwem metabolizmu poborowego, jego wzmożonej pobudliwości, pośredniczy obrona normy azotowej w ustroju.

Czym kosztem odbywa się owa podwyżka metabolizmu po pobraniu pokarmów? Zależy to od rodzaju ciała posiłkowego, pobranego oraz od kierunku, w jakim ustrój jest przekarmiony, a więc czy białkami, czy węglowodanami, czy tłuszczami. Przy stałym jednak przekarmieniu jednostronnem reakcja poborowa jest tak silna, że ilość wytworzonych kaloryj przekracza znacznie ilość kaloryj, pobranych w postaci danego ciała posiłkowego. To samo odnosi się także do węglowodanów a już w mniejszej mierze do tłuszczów.

W. H. Knipping zaznacza wyraźnie na podstawie swoich licznych doświadczeń oraz na podstawie literatury, że wysokość metabolizmu poborowego jest przy tych samych warunkach badania wartością bardzo stałą, a więc zachowuje się podobnie, jak metabolizm podstawowy. Należy to w ten sposób rozumieć, że stałość odnosi się wyłącznie do tych samych warunków odżywienia nie tylko w okresie doświadczenia, ale w czasokresie, poprzedzającym na dłuższy czas samo oznaczenie metabolizmu poborowego. Dlatego też radzi Knipping badanie w kierunku sprawności przysadki zapomocą oznaczenia metabolizmu poborowego poprzedzić dłuższym okresem odżywienia ubożego w pokarmy mięsne¹⁾.

Oprócz niedomogi przysadki stwierdzono jeszcze obniżenie metabolizmu poborowego przy obrzęku Quinckego, przy zaburzeniach perjodowych, wypadaniu włosów na tle hormonalnym, wreszcie przy dermatitis herpetiformis.

O metabolizmie ruchu, czyli pracy mięśniowej.

Żadna z pozycji wydatków energetycznych ustroju nie jest tak zmienną co do ilości, jak wydatki ruchu. Począwszy od jakichś 2000 kal. przy przeciętnie ruchliwym trybie życia, a skończywszy na 50 czy 60 tysiącach kaloryj u ludzi, uprawiających ciężkie, długotrwałe sporty, znajdujemy tutaj bezpośredni wyraz trybu życia pod względem ruchliwości samej. Każdy, nawet najmniejszy ruch, zgięcie palców, musi się odbić na ilości pobranego tlenu, czy oddanego bezwodnika węglowego, a przyrządy, używane do pomiaru są już dostatecznie czułe, ażeby takie różnice w metabolizmie energetycznym uchwycić. Jednym słowem, przy każdym zajęciu, nawet pozornie bardzo spokojnem, współdziała cały

¹⁾ H. W. Knipping: Klin. Woch. VII Jahrg. Nr. II, 1928, str. 49

ustrój w myśl znanego określenia jeszcze średniowiecznych mnichów: Skryby tres digiti scribunt, totumque corpus laborat.

Według F. G. Benedicta ¹⁾, jeżeli przyjmijemy ilość kaloryj, wytworzonych przez człowieka w pozycji siedzącej = 100, to we śnie ilość ich = 73, w pozycji stojącej = 117, w czasie ciężkiej pracy = 67%. Wartości zaś pobranego tlenu w tych samych warunkach przedstawiają się jak: 100, 79, 116, 786, a wartości wydalonego dwutlenku węgla: 100, 70, 112, 746.

Obliczania wydatków energetycznych przy pracy mięśniowej są nader skomplikowane i trudne. Oczywiście można metabolizm pracy zmierzyć bezpośrednio, zakładając badanemu przyrząd, służący do wymiany gazowej i w ten sposób oznaczyć ilość pobranego tlenu. Ale rozłożenie tego, sumarycznie obliczonego wydatku na poszczególne pozycje wymaga bardzo zawitych i trudnych obliczeń. Tak np. przy poruszaniu się po terenie należy rozróżnić wysiłek chodu poziomego, wysiłek wzniesienia się w górę, ką, pod którym to wzniesienie się odbywa, wreszcie opory czyto w postaci wiatru przeciwnego, czy też w postaci warunków samego chodu, np. przy spinaniu się w górę.

Bardzo ważnym czynnikiem przy tem jest zachowanie się w czasie pracy, umiejętność wybrania odpowiedniej pozycji i wogóle zborność mięśniowa. Badania nad żołnierzami niemieckimi wykazały, że nakład energii przy marszu z tornistrem, ważącym około 30 kg, jest prawie ten sam, co przy takim samym marszu bez tornistra. Odpowiada to zresztą doświadczeniu żołnierskiemu, że marsz z tornistrem bywa nawet łatwiejszym i mniej uciążliwym. Należy to przypisać odpowiedniejszej pozycji ciała przy marszu, spowodowanej ciężarem tornistra i przez to stosunkowo mniejszemu wydatkowi energii. Wynika też stąd, że nakład energii, potrzebny do wykonania pewnej pracy, czyto u robotników, czy też u uprawiających sporty, należy brać pod uwagę w odniesieniu do indywidualnego zachowania się badanego.

Zborność mięśniowa rozstrzyga o wydajności pracy w stosunku do nakładu energii. Wydajność jest tem większa, im mniejszą jest ilość energii, zużytej przez cały ustrój, do wykonania pracy. F. G. Benedict i jego współpracownicy nazywają ten stosunek net efficiency, albo pure efficiency, a obliczają tę wydajność według wzoru:

$$\frac{a \times 100}{b-c}$$

gdzie (a) odpowiada ilości pracy mięśniowej, t. zw. zewnętrznej, (b) odpowiada całej ilości wydatku energetycznego w czasie wykonywania pracy, zaś (c) odpowiada wydatkom energetycznym ustroju, jakie znalazłono u niego w czasie, gdy nie wykonywał tej pracy mięśniowej, ale zresztą pozostawał w tych samych warunkach życia. Przez pracę zewnętrzną rozumiemy tutaj pokonanie zewnętrznych oporów, które właśnie było celem samej pracy, a więc czyto przeniesienie kamienia, czy przeniesienie ustroju samego, czy podniesienie jakiegoś ciężaru, czy wy-

¹⁾ F. G. Benedict: Muscular Work ... Washington Carnegie Institution 1910.

konywanie obrotów na ergostacie, czy też jakiej innej maszynie. Wykonywanie jednak takiej pracy wymaga zajęcia pewnej pozycji, a przede wszystkim wymaga dowozu zwiększonej ilości krwi, tlenu do mięśni, tem samem zwiększonej pracy krążenia, oddychania i t. d. Im mniejsze będą wydatki tej wewnętrznej pracy ustroju w stosunku do zewnętrznej pracy, czyli mówiąc poprostu, im mniej się ustrój będzie potrzebował męczyć, aby tę pracę wykonać, tem większą będzie jego dynamiczna sprawność. Z powyższego wzoru widzimy, że przy ocenie indywidualnych właściwości wydajności mięśniowej należy się liczyć przede wszystkim z dwoma wartościami, t. j. ze stosunkiem (a:b) oraz z wartością (b — c). Pierwszy z nich odpowiada stosunkowi wykonanej pracy, wyrażonej w kalorjach, do całej ilości kaloryj, wytworzonych przez ustrój w tym czasie, drugi zaś jest różnicą z ilości kaloryj, wytworzonych przez ustrój w tym czasie i z ilości kaloryj, którąby ustrój wytworzył, gdyby tej pracy nie wykonywał. Różnica ta oznacza więc samą tylko tę ilość nakładu energetycznego, jaka była potrzebną dla wykonania samej pracy. O ile więc wartość (c) określa, na jakim poziomie energetycznym życia ustroju odbywa się jego praca, a więc np. czy w pozycji leżącej, czy siedzącej i t. d., to (b — c) uwzględnia tylko ten naddatek energii, który był potrzebny, ażeby tę pracę wykonać. Użycie liczby 100 jako mnożnika w liczniku tego wzoru oznacza, że wydajność obliczamy tutaj w odsetkach pracy zewnętrznej w stosunku do nakładu pracy wewnętrznej ustroju.

Jeżeli będziemy porównywali wydajność pracy dwóch osobników, z których jeden ma dobową wartość metabolizmu podstawowego dwukrotnie większą, niż drugi, np. z powodu choroby Basedowa, to w takim razie w myśl powyższego równania wartość (b) będzie u niego znacznie, bo około dwukrotnie większą, podobnie jak i wartość (c), natomiast wartość (b — c) może być taką samą, jak u człowieka normalnego, ale jeżeli zważywszy, że dwukrotnie większy metabolizm wymaga około dwukrotnie większego nakładu pracy krążenia, oddychania i t. d., to możemy przypuszczać, że ustrojowi znacznie trudniej będzie w tych warunkach zdobyć się jeszcze na nadwyżkę tego nakładu, nadwyżkę pracy wewnętrznej. potrzebną dla wykonania pracy zewnętrznej.

* * *

Oprócz metabolizmu podstawowego, poborowego i mięśniowego, należałoby jeszcze rozróżnić całkowity metabolizm dobowy. Jest on wprawdzie tylko sumą tych trzech pozycyji metabolizmu i pod względem swojej genezy nie przedstawia osobnego rodzaju metabolizmu. Zastępuje natomiast na szczególne uwzględnienie ze względu na całość gospodarstwa energetycznego w ustroju. Badania, wykonywane w kalorymetrach komorowych przez dłuższy okres czasu, stwierdzają, że przy dowolnym trybie życia, przy dowolnem zachowaniu się pacjenta, ilość wydatków dobowych jest uderzająco stałą. Na podstawie badań takich G. Bergmann wypowiada się następująco: „uderzające jest i o wiele za mało podkreślane, że mimo względnej dowolności poruszania się, mimo

zmniejszającej się długości snu i t. p., wartości dobowe, otrzymane w doświadczeniach z różnych dni zgadzają się nadzwyczajnie ze sobą¹⁾. Przy całej więc dowolności poruszania się w pokoiku doświadczalnym znalazł Bergmann w czterokrotnych doświadczeniach, przeprowadzonych u tego samego osobnika (otyłego z przejeżdżenia), ilości dobowe, wahaające się tylko między 3470 a 3630 kal. Jeżeli się uwzględni — zauważa dalej autor — że już kilka małych ruchów mięśniowych może spowodować zupełnie wyraźne różnice w ilościach kaloryj, to należy dojść do wniosku, że stałość taka dobowego obrotu może być osiągnięta tylko na drodze zwiększenia wydatków w jednej rubryce i zmniejszenia ich w innych a przez to wyrównywania całego obrotu dobowego.

Brak jeszcze danych doświadczalnych w tym kierunku. Ale można przyjąć jako prawdopodobną rzecz, że wyrównywania takie dobowego obrotu odbywać się mogą zmniejszeniem wydatków czyto w rubryce metabolizmu poborowego, czy może nawet podstawowego. Szczególnie jednakże prawdopodobnem jest, że przy większej pracy mięśniowej, przy wyczerpywaniu zapasów węglowodanowych, białkowych i tłuszczowych ustroju, metabolizm poborowy zmniejsza się znacznie i w ten sposób, częściowo przynajmniej, przechodzi do wyrównania obrotu dobowego.

Z drugiej strony zapoznanie się z wartościami metabolizmu podstawowego i poborowego, stosunkowo łatwo dostępnych do empirycznego oznaczenia, poucza nas odnośnie do jednej bardzo ważnej cechy ustroju, t. j. do jego oszczędności, czy też rozrzutności energetycznej. Inaczej mówiąc, poucza nas o ekonomji ustroju. Na podstawie poznania tej jakościowej cechy metabolicznej jesteśmy w prawie wnioskować o ekonomji ustroju także w czasie pracy mięśniowej i wogóle o ekonomji całego dobowego metabolizmu ustroju. Gdy obserwujemy chorego z wyraźnymi objawami nadmiernej czynności tarczycy, gdy widzimy jego ustawiczny niepokój ruchowy, jego ciągle poruszenie czyto nogami, czy rękami, czy głową, jego ustawiczne chodzenie po pokoju, przysiadanie i wstawanie, to musimy uważać, że to jest typ ustroju nieekonomicznego pod względem energetycznym, tem bardziej, że wiemy, jak jego serce i oddech muszą pracować, ażeby dostarczyć potrzebne ilości tlenu do wykonywania tej ustawicznej pracy. Możemy też przypuszczać, że taki ustrój w czasie pracy mięśniowej będzie ją wykonywał ze znacznie większym nakładem energii, aniżeli ustrój zdrowy. Z drugiej jednak strony wiadomo, że hipertyreozą, cechującą się tak wysokim metabolizmem podstawowym, posiada w większości wypadków normalny metabolizm poborowy, a więc rozrzutność metaboliczna w jednym kierunku nie musi pociągać rozrzutności w drugim.

¹⁾ C. Oppenheimers Biochemie, B. VII.





KOLEKCJA
SWF UJ

A

793

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800062832