

*W każdej nauce jest tyle prawdy,
ile jest w niej matematyki.
Immanuel Kant 1724-1804*

Dlaczego sportowcy wołają glukozę?

Spróbujemy, w oparciu o elementarną wiedzę ścisłą, odpowiedzieć na pytanie, dlaczego sportowcy wołają glukozę. Podstawowym źródłem energii w organizmach zwierząt jest spalanie glukozy i nasyconego kwasu tłuszczowego zwanego palmitynowym. Związki te są utleniane według poniższych reakcji:

glukoza: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$

uzyskana energia: $E=2780kJ$ [1 str.215]

kwas palmitynowy: $C_{16}H_{32}O_2 + 23O_2 = 16CO_2 + 16H_2O$

uzyskana energia: $E=9791kJ$ [1 str.264]

Chemicy wybaczą uproszczenia oraz to, że nie posługujemy się przyrostem entalpii ΔH i potencjałem Gibbsa. W warunkach normalnego ciśnienia i temperatury 0°C objętość 1 mola (gramocząsteczki) typowego gazu, z tlenem włącznie, wynosi 22,4 litra [2 str.70].

Spalenie 1 mola glukozy (180g) wymaga 6 moli tlenu O_2 i daje 2780kJ energii.

Spalenie 1 mola kwasu palmitynowego (256g) wymaga 23 moli tlenu i daje 9791kJ.

Dzieląc energię spalania przez ilość moli tlenu O_2 oraz objętość 22,4 litra dowiemy się, ile energii dostarcza jeden litr tlenu podczas utleniania różnych substancji.

1	2	3	4	5	6
substrat	masa 1 mola	energia z 1 mola	energia z 1 grama	zużycie tlenu na 1 mol substratu	energia z 1 litra tlenu
	gramów	kcal (kJ)	kcal/g	litrów	kcal/l
glukoza $C_6H_{12}O_6$	180g =12x6+1x12+16x6	664kcal (2780kJ)	3,7 kcal/g =664/180	134,4 l =22,4x6	4,94 =664/134,4
kwas palmitynowy $C_{16}H_{32}O_2$	256g =12x16+1x32+16x2	2340kcal (9791kJ)	9,1 kcal/g =2340/256	515,2 l =22,4x23	4,54 =2340/515,2
1 kcal = 4,187kJ [4 str.258]; masa 1 mola tlenu O_2 = 32 gramy (16x2=32); objętość 1 mola dowolnego gazu = 22,4 litra w temp. 0°C i ciśn. 760 mmHg					

Jak widać, połączenie jednego litra tlenu z glukozą wyzwala 4,94 kcal energii, natomiast połączenie takiego samego litra tlenu z kwasem tłuszczowym daje tylko 4,54 kcal. Pomimo, że wodór jest lepszym paliwem, to spalając tłuszcze otrzymujemy z każdego litra zużytego tlenu o 8% mniej energii niż w

przypadku glukozy (!) ($4,54/4,94=0,92=92\%$, $100-92=8\%$). Uwaga! Zależnie od rodzaju kwasu tłuszczowego i tabel, z których korzystamy, przewaga glukozy może wynosić od kilkunastu do 3%. Jednak w każdym wypadku to glukoza daje więcej energii z litra tlenu niż tłuszcze, ciała ketonowe, białka lub alkohol [7]. Tak było, jest i będzie w całym Wszechświecie. Wszędzie, gdzie żyją organizmy tlenowe. Co nas obchodzi energia odniesiona do litra tlenu? Przecież tłuszcze zawierają w każdym gramie 7 razy więcej energii niż glikogen. (Glikogen wiąże ze sobą 2 razy większą ilość wody, dlatego aż 7, a nie 2,3 razy więcej [$3 \times 9 \text{kcal} / 4 \text{kcal} = 6,9$]) [5 str.644]. Oczywiście w codziennym życiu tłuszcze są niezastąpione, ponieważ umożliwiają zmagazynowanie zapasów energii w siedmiokrotnie mniejszej masie. Z samym glikogenem, bez tłuszczów, nasze ciała musiałyby być cięższe o 50 kilogramów. Prawie dwukrotnie. Jednak **tam, gdzie chodzi o osiągnięcie maksymalnej wydolności fizycznej, lepsza jest glukoza**. Dlaczego? Ponieważ **maksymalną wydolność fizyczną ogranicza wydolność tlenowa**, tzn. sprawność dostarczania dużej ilości tlenu do mięśni. Substancje energetyczne, czyli białka, tłuszcze i węglowodany, komórki mięśniowe mają na miejscu w nadmiarze. Natomiast dostępność tlenu jest drastycznie limitowana przez wydajność płuc, układu krążenia, hemoglobiny i szlaków enzymatycznych. Intensywnie trenujący sportowiec może zgromadzić do 1000g glukozy w postaci glikogenu. Licząc energetycznie: 4000kcal (1000×4). Jest to zapas energii dla przeciętnego człowieka na dwa dni. W większości dyscyplin sportowych taki zapas spokojnie wystarcza na cały mecz. Natomiast zapas tlenu w mioglobinie, hemoglobinie oraz energia zgromadzona w ATP i fosfokreatynie wystarczają tylko na kilkanaście sekund sprintu. Potem trzeba intensywnie oddychać. Nie ma już żadnych rezerw tlenowych i energetycznych. Skoro maksymalny wysiłek jest limitowany przez wydolność oddechową, to przy jednakowo wytrenowanych płucach, sercu i hemoglobinie, **sportowiec spalający tłuszcze uzyska około 8% mniej energii niż drugi, spalający w tym samym czasie glukozę**. 8% energii mniej oznacza, że kiedy na dystansie 4000m ten na glukozie dobiegnie do mety, to rywale spalający tłuszcz pozostaną w tyle o 320m. ($4000 \times 0,08 = 320$) Ponadto mięśnie wykonują pracę mechaniczną dzięki energii pobieranej za pośrednictwem ATP. Adenozynotryfosforan - ATP, główny przenośnik energii chemicznej, podczas odpoczynku ulega degradacji przeciętnie w ciągu kilkunastu sekund. Sama podstawowa przemiana materii BMR zużywa 40kg ATP na dobę, pomimo, że w naszych organizmach znajduje się tylko kilkanaście gramów tego związku! Znaczny wysiłek zwiększa dobowe zużycie ATP do 400kg i skraca czas jego „życia” do 1 sekundy [5 str.476:478]. To obrazuje, jak intensywny jest obrót metaboliczny ATP i

jego nieustanna regeneracja. To również wyjaśnia, dlaczego ATP nie może służyć do magazynowania energii lub przenoszenia jej pomiędzy narządami i do mózgu. Ponadto utleniana glukoza może przekazać 42% energii na ATP, a za jego pośrednictwem do mięśni. Utleniane kwasy tłuszczowe tylko 40% [1str.215,264]. W dziesięciosekundowym sprincie tłuszcze są jeszcze gorsze. Mogą być spalane tylko w tlenie, natomiast glukoza może być spalana w tlenie lub beztlenowo. Możliwość spalania glukozy bez tlenu i zaciągania długu tlenowego w ciągu pierwszych kilkunastu sekund daje dodatkową porcję energii [1 str.215]. Później narastający dług tlenowy, gromadzące się mleczany i ból, ograniczają wydolność fizyczną do pułapu przemian tlenowych. Energia 4000kcal z 1kg glikogenu wystarcza w większości sportowych dyscyplin. Wyjątkowo glukozy może braknąć podczas wielogodzinnych, wyczerpujących konkurencji typu maraton lub triathlon. Tam tłuszcze mogą się okazać korzystne. Pamiętajmy jednak, że tłuszcze są spalane tylko wtenczas, gdy w mięśniach jest jeszcze glikogen. Po wyczerpaniu rezerw glikogenu następuje załamanie wydolności fizycznej i tłuszcze też nie mogą być spalane. Przynajmniej do czasu przestawienia szlaków metabolicznych w organizmie i wytworzenia glukozy z białka [6 str.257 Bergstrom i in. 1967]. Z doświadczenia żywieniowego i literatury wiadomo, że adaptacja organizmu do spalania samych tłuszczów trwa kilka dni [1 str.259]. W tym czasie zawody już się dawno skończą. Z wyżej przedstawionych obliczeń wynika również, dlaczego stres, adrenalina, kortyzol podnoszą poziom glukozy we krwi. To nie błąd przyrody. Po prostu organizm przygotowuje się do szybkiego biegu i skutecznej walki. Jak widać, gdy to stres psychiczny jest przyczyną podwyższonego poziomu glukozy, nie są potrzebne zastrzyki insulinowe, ale fizyczny wysiłek spalający zmobilizowaną glukozę. Ten mechanizm odziedziczyliśmy po naszych przodkach. Oni na pewno biegali szybciej niż inni, bo przeżyli. I tylko dzięki temu, że oni przeżyli, my przyszliśmy na świat. Przyroda, na organizmach naszych przodków, bez kalkulatora, dawno sprawdziła przydatność glukozy w walce.

Zauważmy, że nie wdając się w subtelne rozważania o roli glukozy w energetyce komórek mięśniowych szybkich (białych, spalających glukozę) oraz wolnych (czerwonych, spalających tłuszcze), **powyższa analiza wykazuje na poziomie podstaw techniki cieplnej, dlaczego sportowcy wolą glukozę niż tłuszcze**. To nie upór trenerów eliminuje tłuszcze ze sportu. Oni doskonale wiedzą, co robią. Nawet trenerzy koni wyścigowych pieczołowicie odbudowują po gonitwie zapasy glikogenu w mięśniach. Oczywiście w mięśniach konia, nie dżokeja. Istnieje mnóstwo podręczników doradzających, jak skutecznie wtłoczyć glukozę w mięśnie bezpośrednio po zawodach, poprzez spożywanie węglowodanów prostych,

zmuszających trzustkę do nadprodukcji insuliny. Generalnie poprawia to osiągi sportowe, ale niestety jednocześnie hiperinsulinemia niszczy zdrowie. W normalnym życiu podstawowym źródłem energii są tłuszcze zapasowe. Gdyby nie tłuszcze, nasze organizmy, z glikogenem byłyby cięższe o 50kg. Dźwigając taki zbędny węglowodanowy ciężar nasi przodkowie przegraliby wyścig o życie i wymarli bezpotomnie. Nie zrobili tego, skoro my, ich potomkowie przyszliśmy na świat. Sporadyczne spalanie glukozy, z opisanych powyżej powodów, jest źródłem energii w stresie. Trenujący sportowiec nieustannie wprowadza swój organizm na szlaki metabolicznego stresu. Permanentny stres metaboliczny niszczy zdrowie. Skoro u przeciętnego człowieka zapas glikogenu nie przekracza 350g, [1 str.217], to jego trzykrotnie większa ilość u sportowców, rzędu 1000g, musi zaszkodzić. **Musi tak samo zaszkodzić, jak wszystkie inne przesadne pomysły żywieniowe, które bujnie rozplenili się w dwudziestym wieku.**

PS. Filozof William Ockham żył w latach 1300-1349. Sformułował jedną z fundamentalnych zasad nauki. Jeżeli jakieś zjawisko można wytłumaczyć na gruncie już zweryfikowanej wiedzy, to nie należy tworzyć nowych hipotez. Zbędne, a często dziwaczne hipotezy, odcinamy brzytwą. Stąd pochodzi pojęcie brzojwy Ockhama. W ubiegłym miesiącu zakończyliśmy naukową podróż w przystani diety racjonalnej. Prawie czterdzieści lat temu Marek Ałaszewski, lider rockowego zespołu Klan, śpiewał: „Z brzytwą na poziomki wybiegał co rano”. My, z brzytwą Ockhama, wybierzemy się na spacer po dietetycznych zaułkach. Spróbujemy przetrzebić bujnie rozplenięne przesady i magiczną wiarę.

mgr inż. Witold Jarmołowicz

Piśmiennictwo:

[1] *Biochemia Harpera PZWL 1995*

[2] *T.Drapała Podstawy chemii – podręcznik licealny 1995*

[3] *A.Piławski i wsp. Podstawy biofizyki PZWL 1985*

[4] *E.Radwański Wstęp do techniki cieplnej PWN 1971*

[5] *Lubert Stryer Biochemia PWN 2003*

[6] *N. Wolański Czynniki rozwoju człowieka PWN 1987*

[7] *J.B.Weir New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. (1949)*