

Christoph Michalk

Potężna moc mitochondriów

Jak dieta, aktywność fizyczna i geny aktywują biochemię
organizmu dając zdrowie i odporność na choroby

REDAKCJA: Katarzyna Masłowska
SKŁAD: Aleksandra Lipińska
PROJEKT OKŁADKI: Aleksandra Lipińska
TŁUMACZENIE: Beata Bulkowska-Gottschling

Wydanie I
Białystok 2021
ISBN 978-83-8168-

Tytuł oryginału: Gesundheit optimieren – Leistungsfähigkeit steigern; Fit mit Biochemie

First published in German under the title
Gesundheit optimieren – Leistungsfähigkeit steigern; Fit mit Biochemie
by Christoph Michalk, edition: 1
Copyright © Springer-Verlag GmbH Deutschland, part of Springer Nature, 2019 *

This edition has been translated and published under licence from Springer-Verlag GmbH, DE, part of Springer Nature. Springer-Verlag GmbH, DE, part of Springer Nature takes no responsibility and shall not be made liable for the accuracy of the translation.

© Copyright for the Polish edition by Wydawnictwo Vital, Białystok 2021
All rights reserved, including the right of reproduction in whole or in part in any form.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Bez uprzedniej pisemnej zgody wydawcy żadna część tej książki nie może być powielana w jakimkolwiek procesie mechanicznym, fotograficznym lub elektronicznym ani w formie nagrania fonograficznego. Nie może też być przechowywana w systemie wyszukiwania, przesyłana lub w inny sposób kopiowana do użytku publicznego lub prywatnego – w inny sposób niż „dozwolony użytek” obejmujący krótkie cytaty zawarte w artykułach i recenzjach.

Książka ta zawiera porady i informacje odnoszące się do opieki zdrowotnej. Nie powinny one jednak zastępować porady lekarza ani dietetyka. Jeśli podejrzewasz u siebie problemy zdrowotne lub wiesz o nich, powinieneś skonsultować się z lekarzem, zanim rozpoczniesz jakiegokolwiek program poprawy zdrowia czy leczenia. Dołożono wszelkich starań, aby informacje zaprezentowane w tej książce były rzetelne i aktualne podczas daty jej publikacji. Wydawca ani autor nie ponoszą żadnej odpowiedzialności za jakiegokolwiek skutki dla zdrowia, mogące wystąpić w wyniku stosowania zaprezentowanych w książce metod.



15-762 Białystok
ul. Antoniuk Fabr. 55/24
85 662 92 67 – redakcja
85 654 78 06 – sekretariat
85 653 13 03 – dział handlowy – hurt
85 654 78 35 – www.vitalni24.pl – detal
strona wydawnictwa: www.wydawnictwovital.pl
Więcej informacji znajdziesz na portalu www.odzywianie24.pl

PRINTED IN POLAND

Spis treści

Nasza ewolucja wskazuje nam drogę.....	11
Biochemia: Podstawa twojego zdrowia i sprawności	29
Za kulisami: Jak człowiek wchodzi w interakcję ze swoim otoczeniem	57
Biochemia stosowana I: niezbędne mikroelementy	71
Biochemia stosowana II: mitochondria	87
Biochemia stosowana III: hormony i substancje semiochemiczne	111
Biochemia stosowana IV: neuroprzekaźniki.....	155
Biochemia stosowana V: zdrowie tętnic.....	173
Biochemia stosowana VI: insulinowrażliwość	193
Biochemia stosowana VII: maksimum genetyczne	225
Posłowie: „Nie rozddzielaj – to część wyniku”	326
 Słowniczek	
Indeks przedmiotowy	331

Słowo wstępne

Droga czytelniczko, drogi czytelniku, wszystko, co przeczytasz w tej książce, zostało napisane przeze mnie. Abyś wiedział, kogo tak naprawdę słuchasz, chciałbym bardzo krótko opowiedzieć wam coś o sobie.

Wkrótce skończę 28 lat. Należę zatem zdecydowanie do młodszego pokolenia tych autorów, którzy piszą na temat zdrowia i sprawności. Ale dlaczego w ogóle interesuje mnie ten temat?

Od najmłodszych lat zawsze fizycznie musiałem robić trochę więcej niż inni. Pytanie „dlaczego” towarzyszyło mi zatem przez połowę mojego życia. W międzyczasie mimo to byłem ambitnym sportowcem wyczynowym (piłka ręczna na wysokim poziomie przez półtorej dekady, później triathlon, dziś sport siłowy). Następnie studiowałem sport i biologię, aby zostać nauczycielem w gimnazjum, z czego musiałem zrezygnować na krótko przed ukończeniem studiów z powodu nieszczęśliwego zrządzenia losu, które kosztowało mnie wiele pobyków w szpitalu.

W okresie kiedy byłem studentem szkoły sportowej, a także już wcześniej, miałem styczność z wieloma, wieloma różnymi formami odżywiania i dietami, często osiągając docelową masę zawodniczą i niską, jednocyfrową wartość procentową tkanki tłuszczowej przez cały rok.

Z biegiem lat odkryłem przyczynę, która w moich oczach była odpowiedzialna za wiele moich (zdrowotnych i sportowych) problemów: w ciągu zaledwie niewielu tygodni, stosując metody, które znajdziesz w tej książce, podwoiłem poziom moich hormonów tarczycy, które wcześniej były zbyt niskie. Takiej siły działania nie spodziewałem się w najmniejszym stopniu i w rezultacie w moim życiu wiele się zmieniło. Musiałam na nowo poznać swoje ciało.

Nieco później zacząłem studiować nauki przyrodnicze, a na początku 2014 roku założyłem bloga o nazwie edubily – miała to być moja własna terapia. Pomyślałem: to, co wiem o biochemii organizmu i czego nauczyłem się na podstawie swojego zachowania, chciałbym przekazać innym ludziom, aby nie popełniali tych samych błędów co ja.

Uzyskałem tytuł licencjata nauk przyrodniczych w dziedzinie biochemii komórkowej (ocena: 6). Niestety w połowie studiów magisterskich (biologia molekularna komórki) na raka zmarła moja mama. Z tego i innych powodów zdecydowałem się w pełni skoncentrować na mojej roli autora w edubily, która przez lata dość urosła – i na razie nie przyjmować upragnionego stanowiska doktoranta.

Chciałbym, aby lektura tej książki przyniosła ci kilka momentów, w których zakrzykniesz „Eureka!” – i że odkryjesz w niej wiele wskazówek i trików, które mogą ci pomóc.

Z wyrazami szacunku

Chris Michalk
Wallerfangen, Niemcy

Przedmowa

Jest wielu ludzi, którzy ponad 70 lat żyją w ciele, o którym niewiele wiedzą. Na szczęście żaden lew na świecie nie musi najpierw przeczytać książki o biochemii, aby prowadzić zdrowe życie.

Różnica w stosunku do nas jest taka, że lew żyje w środowisku, do którego jest przystosowany – nie musi wcale nic wiedzieć o swoim ciele. Informacja zwrotna, jaką daje mu jego organizm w danym momencie, jest wystarczająca. Ponieważ to, co robi na co dzień i co daje mu jego naturalne środowisko, jest dostosowane do potrzeb jego organizmu.

U nas, ludzi, ten precyzyjnie wyregulowany system w wielu przypadkach stracił równowagę. Żyjemy zbyt oderwani od naszych korzeni, w świecie, do którego ludzkie ciało nie jest przystosowane. Zrodziło to wiele problemów, którymi zajmuje się nauka. Właśnie dlatego mamy dzisiaj wiele ciekawych odkryć, które mogą przynieść ci korzyści. Jednocześnie pozostaliśmy w zasadzie takimi samymi prostymi istotami żywymi i dlatego często mamy podobne potrzeby jak wiele innych istot żywych na tej ziemi.

To znaczy, że metody, z pomocą których możesz stać się i pozostać zdrowym i sprawnym, nie różnią się od tych stosowanych przez lwa. Również ty możesz odnieść korzyści ze stosowania odpowiedniej diety i regularnego ruchu.

Ta książka ma na celu przybliżyć ci ekscytujący świat „biochemii stosowanej” i wypełnić nieco nudne terminy „odżywianie” i „ruch” dużą ilością podstawowej wiedzy i informacji. Zdobędziesz w ten sposób wiedzę na temat ciała, która może być niezwykle motywująca.

W związku z tym zauważmy najpierw: wiemy, że jesteśmy. Wiemy, że właśnie teraz, w tym momencie, patrzymy własnymi oczami na świat i w świat. Prawdopodobnie nigdy nie będziemy w stanie opisać tego, kim jesteśmy. Pewne jest jednak to, że wszystko na tym świecie podlega prawom nauk przyrodniczych: mózg, którego używasz, serce, które bije dla ciebie, i nogi, które cię niosą przez świat: to wszystko funkcjonuje, ponieważ umożliwiają to prawa chemiczne i fizyczne.

To, czego w ogóle możesz doświadczyć, zależy od twojego ciała – siedzisz, że tak powiem, w kinie i przeżywasz swoje własne życie. Między tym, co dzie-

je się poza twoim ciałem a tobą samym jest pewnego rodzaju tłumacz, który sprawia, że to, co dzieje się na zewnątrz, staje się dla ciebie odczuwalne.

To właśnie ten tłumacz sprawia, że twoja rzeczywistość w ogóle powstaje! W najdrobniejszych szczegółach oznacza to, że między tobą a życiem stoi twoja biochemia, czyli tłumacz. Bez właściwych neuroprzekaźników nie widzisz sensu istnienia. Bez odpowiedniego układu odpornościowego nie jesteś zdolny do życia. I na koniec: bez mięśni w ruchu zabraknie ci substancji, które zapewniają ci zdrowie.

Jeśli na tym najniższym poziomie wkradną się błędy, może to mieć poważne konsekwencje dla poziomu makro, czyli naszego życia. A mamy je tylko jedno. Z tego powodu każdy człowiek powinien wiedzieć więcej o swoim własnym organizmie, a zwłaszcza o własnej biochemii. Przedmiot szkolny o nazwie „biochemia stosowana: niezbędna wiedza o własnym ciele“ byłby z pewnością świetnym wzbogaceniem.

Chris Michalk

Wallerfangen, Niemcy

Październik 2018

Nasza ewolucja wskazuje nam drogę

1.1 Drugi poziom myślenia, aby spojrzeć za kulisy	13
1.2 Początki rodzaju Homo.....	15
1.3 Historia Homo erectus.....	22
1.4 Lud San: dzisiejsi łowcy, zbieracze i nosiciele „najstarszych genów“	25
Literatura	27

1.1 Drugi poziom myślenia, aby spojrzeć za kulisy

Czego chciałbyś? Może...

- więcej energii;
- więcej wydolności fizycznej;
- więcej mięśni;
- więcej sprawności umysłowej;
- więcej libido;
- więcej zdrowia;
- więcej długowieczności;
- mniej tkanki tłuszczowej.

Możesz oczywiście sformułować to jako pytanie:

- Czy moje libido jest w porządku?
- Czy często choruję?
- Czy źle śpiam?
- Czy jestem w stanie uporać się z obciążeniem pracą?
- Czy robię postępy w sporcie?
- Czy jest mi ciepło, czy ciągle marzną?
- Czy mogę się skoncentrować?
- Czy ciągle mam zmniejszoną wydolność fizyczną?
- Czy pojawiają się inne problemy?

Zła wiadomość jest taka, że jeden z powyższych punktów na pewno będzie dotyczył ciebie. I często właśnie ten punkt jest tylko wskaźnikiem, że problemów jest znacznie więcej.

Są dwie dobre wiadomości: po pierwsze, nie jesteś sam – nikt nie jest doskonały. Po drugie, istnieje rozwiązanie wielu naszych rzekomo nierozwiązywalnych problemów. Ta książka ma służyć jako wprowadzenie w szeroki świat „biochemii stosowanej” – w szerszym znaczeniu, jako instrukcja obsługi twojego ciała. Po przeczytaniu tej książki zdobędziesz prawidłowe odczucie tego, czego natura – więc i twoja biologia, jako Homo sapiens – od ciebie

chce. Poradźmy sobie z utrzymaniem równowagi pomiędzy twoją własną biochemią a wiedzą o naszej ewolucji.

Naszym celem jest, abyś znalazł swoją własną idealną linię i mógł żyć na poziomie swojego „genetycznego maksimum”. Potrzebujesz do tego wiedzy o istotnych procesach zachodzących w twoim organizmie oraz o prawach, z którymi mamy do czynienia na co dzień. Ale będziesz potrzebować też swojej intuicji i wyczucia. Ponieważ informacja zwrotna, jaką przekazuje nam ciało, jest znacznie potężniejsza niż jakakolwiek rada, której mogą udzielić ci eksperci i o wiele potężniejsza, niż jakakolwiek książka o biochemii, jaką kiedykolwiek napisano. Mimo to informację zwrotną możesz poprawnie zinterpretować tylko wtedy, gdy wiesz coś o prawach własnej biochemii.

Spójrz: powyższe punkty i pytania możesz sformułować tylko dlatego, że zdajesz sobie sprawę z tego, że czegoś ci brakuje – zauważasz, że coś odbiega od twojego normalnego, idealnego stanu. Wiele osób potrafi dobrze kompensować drobne odchylenia w życiu codziennym. Jednak niektóre odchylenia mogą być tak poważne, że wpędzają ich w depresję. Ponieważ świadomość, że nie *możesz* osiągnąć swojego pełnego potencjału, bo coś podstawowego nie funkcjonuje, może być jednym z najbardziej gorzkich doświadczeń w ogóle.

I odwrotnie, wszystkich zwycięzców w życiu wyróżnia to, że są po prostu o kilka procent lepsi. Zawsze są o krok przed innymi. Czy zwycięzcy bardziej się wysilają? Nie, oni po prostu *są* zwycięzcami – bez większego nakładu pracy. Sąsiad zjada pół miski sałatki makaronowej na każdym przyjęciu urodzinowym i mimo to jest ciągle szczupły. Ty codziennie biegasz, znasz wszystkie diety świata i nie możesz zjeść nawet lodów czekoladowych bez natychmiastowego przybrania na wadze. Dostrzeganie tego i snucie na ten temat przypuszczeń nazwalibyśmy „pierwszym poziomem myślenia”. „Drugi poziom myślenia” oznacza zrozumienie przyczyn. Może niekoniecznie w szczegółach, ale na przykład po to, żeby zrozumieć, co u tego sąsiada funkcjonuje inaczej niż u nas.

Jednocześnie musimy zadać sobie pytanie, czy w ogóle idziemy wyznaczoną nam drogą – czy też źle pozycjonuje się w życiu. To znaczy: oczywiście, że może być z tobą coś nie tak, jeśli każda gałka lodów czekoladowych zamienia się bezpośrednio w zbędne warstewki tłuszczu. Z drugiej strony powinno być możliwe zadanie pytania, czy w ogóle można porównywać się z sąsiadem.

Na każdym etapie życia, w każdej dziedzinie życia zachodzi ewolucja – nawet właśnie teraz, w tym momencie. W idealnym przypadku wykorzystasz w pełni swój potencjał i znajdziesz się kiedyś dokładnie tam, gdzie jest twoje miejsce.

Czy kiedykolwiek zauważyłeś, że ludzie, którzy coraz bardziej w jakiś sposób odróżniają się od „reszty”, stają się coraz bardziej nawzajem do siebie podobni? Czy kiedykolwiek przyjrzałeś się zawodowym pływakom? Ich budowie ciała? Ci ludzie nie wyglądają tak dlatego, że zawodowy pływak trenuje w określony sposób i dlatego ma szerokie ramiona i wąskie biodra. Bardziej uwidacznia się to, że to doskonała harmonia między dziedzictwem genetycznym a wymaganiami środowiskowymi doprowadziła tych ludzi aż do rangi profesjonalistów.

Oznacza to, że z jednej strony musimy być w stanie w pełni rozwinąć nasze dziedzictwo genetyczne – z drugiej strony musimy doprowadzić siebie do odpowiadającej nam pozycji w życiu, tak abyśmy i my byli niesieni przez życie i znaleźli się w naszej własnej „strefie profesjonalistów“.

Ta wiedza to również nic innego jak biologia. Ponieważ dokładnie w taki sposób działa ewolucja. Z tą różnicą, że nasi przodkowie nie mogli wybrać sobie środowiska, w którym przyszli na świat. Dla nas, ludzi – oczywiście z biologicznymi odchyleniami – istnieje odpowiednie środowisko, w którym możemy idealnie się rozwijać. Dopiero wtedy możemy czuć się dobrze. Mając to na uwadze, przyjrzyjmy się najpierw, jak żyli twoi przodkowie.

1.2 Początki rodzaju Homo

Nasza historia zaczyna się 3 miliony lat temu, wśród drzew Afryki. W tym momencie nazywani jesteśmy jeszcze australopitekami. Interesują nas oczywiście prawa natury, więc interesują nas cechy zewnętrzne tego gatunku. Naczelne, również australopiteki, charakteryzują się dużymi narządami żucia z dużymi zębami. Mają długie ramiona, stosunkowo małe mózgi i przewód pokarmowy typowy dla roślinożerców. Ale co takie naczelne mają wspólnego z nami?

Cofnijmy się o 100 lat. Jesteś teraz zoologiem badaczem. Od czasu do czasu lataś do Afryki i odwiedzasz stanowiska archeologiczne. Wielokrotnie natykasz się na szczątki zwierząt, które kształtem są podobne do ciebie, ale zdecydowanie nie należą do twojego gatunku. Znajdujesz czaszkę, która ma może 2 miliony lat. Jest bardzo podobna do tego, co określiłbyś mianem czaszki naczelnych. Jednakże ta czaszka wykazuje tendencje do humanizacji: narząd żucia nie jest już tak potężny, zęby są mniejsze i morfologia uzębienia inna. Ty jako przyrodnik ogłosiłbyś hipotezę: znaleźliśmy tu naczelnego, który właśnie przechodzi proces ewolucji w człowieka. Dokonujesz kolejnego znaleziska. Tym razem szkielet jest młodszy – ma może z milion lat. Teraz masz pewność: to jest nasz przodek.

Australopithecus afarensis, z dobrze znaną przedstawicielką „Lucy”, był punktem wyjścia do dramatycznego rozwoju. *Australopithecus* to nazwa rodzaju, w którym zgrupowane są podobne gatunki. *Afarensis* to nazwa dokładnego gatunku (Kimbel i Delezenne 2009).

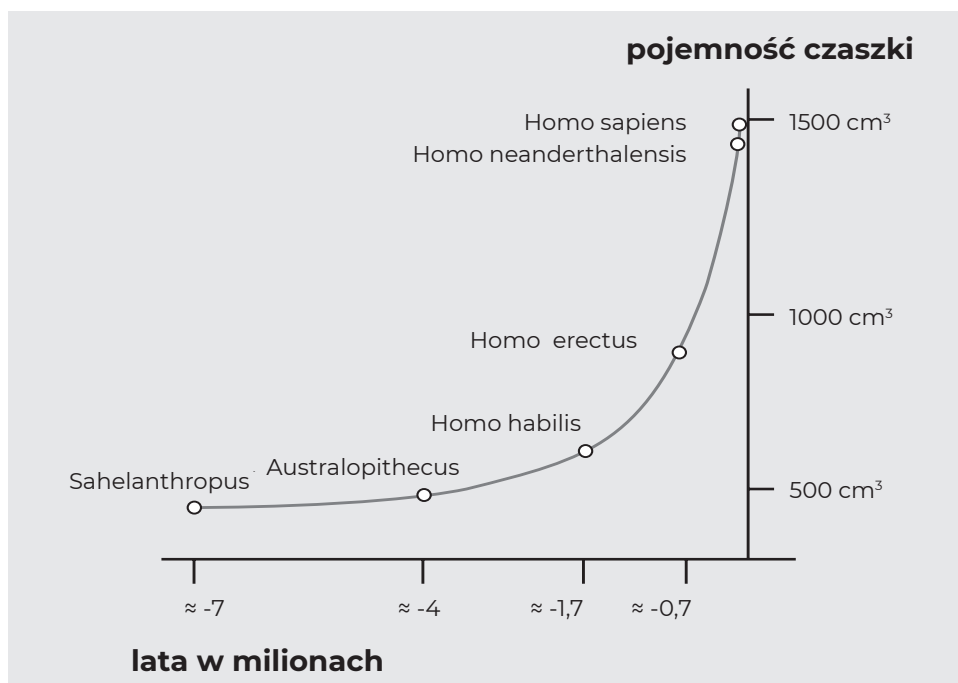
Nasz rodzaj „Homo” musiał najpierw zostać stworzony przez naturę. Oczywiście chodzi tu tylko o kategorię stworzoną przez człowieka. Gatunki i osobniki z rodzaju *Australopithecus* musiały się wyraźnie różnić od gatunków zgrupowanych w rodzaju Homo – na tyle wyraźnie, by można je było jednoznacznie przyporządkować do nowego rodzaju. Najwcześniejsze gatunki z rodzaju Homo, *Homo rudolfensis* i *Homo habilis* są w rzeczywistości tak podobne do *Australopithecus*, że długo dyskutowano, czy w ogóle należą one do rodzaju Homo i czy nie powinny być raczej przyporządkowane do rodzaju *Australopithecus*.

Ścisłe rzecz biorąc, gatunki w obrębie jednego rodzaju są rozróżniane przez fakt, że nie są one już stanie kojarzyć się w pary i rozmnażać. W przypadku rodzaju Homo, jak zobaczysz, sprawa wygląda trochę inaczej. *Homo habilis* i *Homo rudolfensis* żyły na terenach silnie zalesionych. Przyjmowało się i przyjmuje nadal, że lasy nad brzegami rzek i jezior były miejscem zamieszkania tych osobników (Kuman i Clarke 2000).

Jak wspomniano na wstępie, zarówno australopiteki, jak i wczesne gatunki rodzaju Homo miały dosyć małe mózgi. W porównaniu z tobą mózg tych przedstawicieli był średnio o dwie trzecie mniejszy, ale już minimalnie większe od mózgów żyjących dziś naczelnych, takich jak szympansy (Aiello 1997). Rozwój mózgu był niesamowity: podwojenie jego rozmiaru zajęło około miliona lat (**Ilustracja 1.1**).

Teraz na planie ewolucji pojawił się kolejny przedstawiciel: *Homo erectus*. *Homo erectus* jest pierwszym przedstawicielem rodzaju Homo, który jest do nas bardzo podobny pod względem wzrostu, masy ciała, chodu, sposobu poruszania się w ogóle, używania narzędzi i sposobów komunikacji. Ale jak to możliwe, że mózg, energetycznie najbardziej kosztowny organ w ogóle, rośnie tak dramatycznie? Być może odpowiedź można znaleźć w zachowaniach żywieniowych.

Wszystkie naczelne, z wyjątkiem nas, mają bardzo długie jelito grube, ale tylko stosunkowo krótkie jelito cienkie. My natomiast mamy jelito cienkie ponad dwukrotnie dłuższe i tylko jedną trzecią długości jelita grubego innych naczelnych (Milton 1999). Goryle i inne naczelne spędzają większą część dnia na jedzeniu. Cała anatomia szkieletowa goryla została zaprojektowana tak, aby zrobić miejsce dla jamy brzusznej, ponieważ przewód pokarmowy tych zwierząt potrzebuje dużo miejsca. Dzieje się tak dlatego, że goryl zjada głównie pokarm bogaty w celulozę, na przykład liście. Liście te składają się w zasadzie tylko z błonnika, więc nie mogą być rozkładane przez normalne enzymy trawienne. Z tego powodu goryle należą do „fermentatorów jelita grubego”.



Ilustracja. 1.1 Pojemność czaszki w toku ewolucji człowieka

Oznacza to, że goryle używają jelita grubego, które jest obficie zasiedlone przez bakterie, do wydobywania składników odżywczych z liści (Popovich i in. 1997). Bakterie żyjące w jelicie grubym dysponują bowiem enzymami trawiennymi i szlakami metabolicznymi niezbędnymi do rozkładania pokarmu. Podobnie jak u innych roślinożerców, takich jak krowy, wytwarzane są duże ilości gazów, co powoduje wzdęcie brzucha – dla dużej ilości pokarmu roślinnego i gazów potrzebna jest przestrzeń.

Z tego powodu aktywność metaboliczna jelita jest bardzo wysoka. Takie ogromne, ciężko pracujące jelito grube zużywa w związku z tym również odpowiednio duże ilości energii. Podczas gdy twój mózg pochłania do 25% podstawowej przemiany materii, u innych naczelnych wartość ta wynosi zaledwie 8% (Leonard i in. 2010). Zgodnie z prawem Kleibera niemożliwe byłoby posiadanie tak kosztownego energetycznie jelita i jednocześnie ludzkiego mózgu.

Prawo Kleibera

Wspomniane już prawo Kleibera opisuje ścisły związek pomiędzy masą zwierzęcia a jego tempem metabolizmu. Gdybyśmy wzięli jakiegokolwiek zwierzę, które jest mniej więcej tak duże lub ciężkie jak my, to zwierzę to musiałoby mieć bardzo podobne tempo przemiany materii. Jednak w toku ewolucji wyrósł nam ogromny, niezwykle kosztowny energetycznie mózg. Aby dalej spełniać prawo Kleibera, musiało zniknąć coś innego, równie kosztownego energetycznie: duże jelito (grube). U naczelnych jest ono bardzo długie, aby optymalnie trawić rośliny. U nas, ludzi, natomiast jest ono krótsze, ale za to jelito cienkie jest w porównaniu z nim znacznie dłuższe. Długie jelito cienkie występuje wtedy, gdy dostępny jest pokarm wysokiej jakości (Milton 2003).

To w zasadzie wyjaśnia wszystko: jeśli chce się ocenić ewolucję prymitywnego naczelnego w bardzo nowoczesnego Homo sapiens, to jest to przede wszystkim kwestia energetyki. Nie ma absolutnie żadnych wątpliwości, że ja-

kiś przedstawiciel rodzaju *Australopithecus* musiał w coraz większym stopniu przestawiać się na dietę znacznie bogatszą w składniki odżywcze i energetyczne.

Już ponad 3 miliony lat temu, czyli w czasie, kiedy rodzaj *Australopithecus* zmieniał się w rodzaj *Homo*, niektóre gatunki *Australopithecus* używały narzędzi do łamania kości zwierząt i wyskrobywania szpiku. Jest to wyraźna wskazówka, że jeszcze wcześniejsze gatunki homininów spożywały wysokiej jakości tłuszcze, które mają bardzo wysoką wartość energetyczną (McPherron i in.2010).

Do dziś nie jest jasne, kiedy po raz pierwszy użyto ognia. Faktem jest: aby mózg mógł się zwiększać, aktywność jelit musiała się zmniejszać. Aby aktywność jelit stała się mniejsza, potrzebna jest łatwiej dostępna energia. W idealnym przypadku jednocześnie dostarczane są również substancje, które wspierają wysoką aktywność metaboliczną mózgu.

Dostarczanie składników odżywczych a wyniki krwi

Wielu z was lubi tworzyć dla siebie plany żywieniowe, które pokazują zarówno liczbę kalorii, jak i zawartość mikroelementów. Według takich obliczeń w większości przypadków jesteś dobrze zaopatrzony w mikroelementy. W większości przypadków spożywasz nawet dwa razy więcej, niż zaleca Niemieckie Towarzystwo Żywieniowe (DGE).

Jeśli jednak faktycznie zbadasz krew pod tym kątem, często wygląda to kiepsko. Te 30 mg żelaza, które znajdziesz w swoim planie żywieniowym, nie znajduje się jednak w twojej krwi. Magazyn żelaza (ferrytyna) często okazuje się być opróżniony.

Problem polega na tym, że wiele osób dbających o zdrowie zakłada, że żywność pochodzenia roślinnego jest generalnie zdrowsza niż żywność pochodzenia zwierzęcego. Kojarzenie zdrowia z dietą roślinną głęboko zakorzeniło się w umysłach wielu ludzi. Abyśmy się dobrze rozumieli: rośliny są zdrowe i bez żadnego „ale” powinny odgrywać dużą rolę w naszej diecie.

Niemniej jednak: nie możesz zakładać, że będziesz w stanie bez problemów żyć lub jeść jak goryl lub inne naczelne. Badaczka o nazwisku Milton, która bada odżywianie różnych naczelnych, zmierzyła kiedyś, ile mikroelementów spożywa dziennie taka mała małpa: ważący 7 kg wyjec przyjmuje 5 razy więcej wapnia, 3 razy więcej magnezu i 3 razy więcej potasu niż ty. I to pomimo tego, że wartości te nie zostały nawet przeliczone na masę ciała. Oznacza to, że ważący 7 kg wyjec waży jedną dziesiątą ciebie, ale przyswaja 5 razy więcej wapnia (Milton 2003). Co jest nie tak? Czy to ty robisz coś „źle”, czy to natura przesadza?

Prawda leży pewnie gdzieś pośrodku: po pierwsze, u małp do krwi dociera faktycznie więcej mikroelementów niż u ciebie. Ale co ważniejsze, te małpy przyswajają tylko 3-4% wyżej wymienionych minerałów. W tym kontekście mówimy o biodostępności. Z pomocą swoich roślin małpa dostarcza do organizmu 5 g wapnia, z czego może tylko około 200 mg trafić do krwi.

Mikroelementy roślinne często mają niską biodostępność – to znaczy, że organizm bardzo słabo przyswaja mikroelementy pozyskiwane z roślin. Więcej na ten temat w **rozdziale 4**.

Ale wracając do ewolucji: *Homo erectus* żył około 1,5–0,5 miliona lat temu. Z mózgiem o wielkości dwóch trzecich twojego. Część populacji *Homo erectus* migrowała do Europy już bardzo wcześnie. Tam wyewoluował z niego *Homo neanderthalensis*. Ty, *Homo sapiens*, również wyewoluowałeś z *Homo erectus*, ale nie w Europie, lecz w Afryce. Nie pochodzimy więc od neandertalczyka i faktycznie to nie on jest naszym przodkiem. Jest to gatunek, który wyewoluował stosunkowo równolegle w czasie, na terenie Europy, podczas gdy „kolebka ludzkości” znajduje się w Afryce. Jak by jednak na to nie patrzeć, masz wspólnego przodka z neandertalczykiem.

Powinieneś wiedzieć, że ewolucja zawsze polega na selekcji. „Przeżyją tylko najsilniejsi” – nie ma to tak naprawdę nic wspólnego ze sprawnością, jaką znamy. Opisuje to raczej *zdolność osobnika do przystosowania się do danych*

warunków środowiskowych, a także do rozmnażania się w nich. W konsekwencji rozmnażanie jest wyznacznikiem tego, jak dobrze radzimy sobie z określonymi warunkami środowiskowymi. To jest sprawność.

Ewolucja stosuje kilka sztuczek, jeśli chodzi o rozwój gatunków. Załóżmy, że masz dziesięcioro dzieci. Żadne z tych dziesięciorga dzieci nie wygląda tak samo. W zakresie fizjologicznym zawsze mamy raczej do czynienia z odchyleniami. Być może niektóre z twoich dzieci urodzą się z cechami, które pozwolą im na lepszą interakcję z otaczającym je światem. Na przykład mózg działający jak tłumik byłby dziś na wagę złota. Chroniłoby to przed szeregiem zjawisk związanych ze stresem. I odwrotnie, może być tak, że urodzi się dziecko, które jest szczególnie wrażliwe na stres. W najgorszym przypadku dziecko to umarłoby, zanim zdołałoby się rozmnożyć – w ten sposób ewolucja zapewniłaby, że nie będzie mogło przekazać swoich genów, a tym samym swojej silnej wrażliwości na stres.

To, co brzmi bardzo surowo, to brutalny przykład doboru naturalnego i „sprawności”. Dziecko ze spokojnym mózgiem Buddy z dużym prawdopodobieństwem może rozmnażać się i w ten sposób przekazywać „geny Buddy” następnemu pokoleniu.

Dlatego, będąc biologiem, można sądzić, że każdy gatunek jest przystosowany do konkretnego habitatu. Jeśli dotyczy to każdego gatunku, powinno to dotyczyć również ciebie. W tej książce – również – chcemy się dowiedzieć, jakie są te kluczowe elementy. Wtedy będziesz mógł zdecydować się na odpowiednie dla ciebie środowisko. Ponieważ: każdy gatunek pozostaje zdrowy tak długo, jak długo żyje w przeznaczonych dla niego niszy.

Homo erectus był najbardziej udanym gatunkiem z rodzaju *Homo* i żył przez ponad milion lat. My, *Homo sapiens*, żyjemy dopiero od około 200 tysięcy lat. Warto więc, abyś zadał sobie pytanie, jak to się stało, że ten przedstawiciel już nie istnieje. A my tak.

O czym możemy z góry pamiętać: w ciągu 2,5 miliona lat prawdopodobnie wiele się zmieniło w odniesieniu do środowiska. Na początku afrykańskie krajobrazy charakteryzowały się prawdopodobnie bujnym zalesieniem – 200 000 lat temu były to już prawdopodobnie głównie sawanny.

1.3 Historia *Homo erectus*

Od *Homo erectus* możemy się prawdopodobnie czegoś nauczyć. Ponieważ to *Homo erectus* jest naszym bezpośrednim przodkiem, bardzo interesujące jest dowiedzieć się, dlaczego ten przedstawiciel wymarł i jak żył.

Homo erectus był łowcą polującym na grubą zwierzynę. I nie chodzi tu o jelenia, ale na przykład o europejskiego słonia leśnego czy nosorożca, oba ważące ponad 1000 kg. Badania sugerują, że *homo erectus* chętnie polował na słonie. Odpowiednie szczątki słonia leśnego znaleziono w Afryce, Europie i Azji.

Naukowiec Ben-Dor i jego koledzy z Uniwersytetu w Tel Awiwie (2011) zadali sobie wiele trudu, by zrekonstruować zachowania żywieniowe *homo erectus*. Pod względem morfologii narządów żucia *homo erectus* jest wyraźnie bardziej delikatny od swoich poprzedników. Szczęki tych poprzedników były znacznie większe i silniejsze, zęby trzonowe niezwykle duże – mówi się o „post canine megadontia”. Ten narząd żucia był szczególnie przydatny do trawienia bardzo twardych i stałych składników pożywienia – takich jak rośliny i ich części, tak zwane „underground storage organs” (USO), czyli korzenie i tym podobne.

Tych wszystkich cech *Homo erectus* już nie posiadał. Ben-Dor i jego współpracownicy zakładają z tych i z energetycznych powodów, że takie USO nie były nawet używane jako żywność awaryjna w razie głodu. Argumentem przemawiającym za tym są analizy genetyczne, które wyraźnie pokazują, że szerokie stosowanie pokarmów bogatych w skrobię rozpoczęło się dopiero około 200 000 lat temu (Perry i in. 2007).

Do wstępnego trawienia pokarmu *Homo erectus* mógłby używać ognia – tak jak to szeroko czyniły późniejsze osobniki rodzaju *Homo*. Na chwilę obecną nie udokumentowano jednak aktywnego wykorzystywania ognia w tym czasie. Orzechy były co prawda dostępne, ale ze względu na wysoką zawartość substancji ograniczających wykorzystanie składników odżywczych w pożywieniu (substancje przeciwodżywcze) musiałyby być wcześniej przetworzone. Jest to obecnie powszechna praktyka w „naturalnie” żyjących kulturach: surowe orzechy (lub inne pokarmy roślinne) są na przykład prażone lub przez jakiś czas przed spożyciem moczone w wodzie.

Ben-Dor i jego współpracownicy uważają to za mało prawdopodobne i dalej wyjaśniają, że energia, którą można potencjalnie uzyskać na godzinę, wynosiła

około 4000 kilodżuli w przypadku orzechów i nasion, około 4000 kilodżuli w przypadku warzyw korzeniowych i 10 razy więcej w przypadku upolowanej zwierzyny. Polowanie było więc – z energetycznego punktu widzenia – o wiele rozsądniejszą opcją. Za chwilę zobaczysz, że wygląda to zupełnie inaczej w przypadku żyjących jeszcze dziś Buszmenów z Kalahari (lud San).

Podsumowując, zdaniem autorów, *Homo erectus* pozyskiwał około 30–40% swojej energii z konsumpcji roślin. Spożycie białka było najprawdopodobniej bardzo wysokie i stanowiło około 30–35% całkowitej liczby kalorii.

➤ Przy 2500 kcal, które spożywasz dziennie, to 30–35% wynosiłoby około 750–875 kcal. Ponieważ 1 g białka dostarcza 4 kcal, odpowiada to około 190–220 g białka. Te 200 g białka znajduje się w ok. 1 kg mięsa. Dla porównania: dziennie spożywamy około 100 g białka.

Jednakże wątroba może przetwarzać tylko około 200–300 g białka dziennie. Dlatego naukowcy uważają, że ta ilość nie była przekraczana. W rezultacie duża część dostarczanej dziennie energii musiała być pokrywana przez tłuszcze zwierzęce. Autorzy obliczyli nawet konieczną do tego zawartość procentową tkanki tłuszczowej zwierząt. Musiałaby ona wynosić co najmniej 45% – a może się to w takim razie odnosić tylko do bardzo dużych zwierząt, takich jak słonie.

Niestety zamieszkujący nasze lasy słoń wymarł w wyniku intensywnych polowań. Nie było to dobre dla *Homo erectus*, ale za to dobre dla nas. Bo właśnie dlatego ewolucja wprowadziła na scenę lżejszego, zwinniejszego i inteligentniejszego przedstawiciela: *Homo sapiens*. *Homo sapiens* miał mniejsze potrzeby energetyczne i dlatego mógł przeżyć również bez słonia.

I tym sposobem dotarliśmy do nas. Około 100 000 lat temu opuściłeś Afrykę i w końcu, około 40 000 lat temu, dotarłeś do Europy. W samym środku epoki lodowcowej (por. deMenocal i Stringer 2016). W tym czasie nazywano cię człowiekiem z Cro-Magnon, wczesnym europejskim *Homo sapiens*. W tym samym czasie w Europie żył już neandertalczyk, który ewoluował tu równolegle do ciebie. Miał on znacznie mocniejszą budowę. Neandertalczyk miał dużą miednicę i krótkie, ale niezwykle mocne nogi. Tułów był bardziej zwarty. Ogólnie rzecz biorąc, osobniki neandertalczyka przy tej samej masie ciała były znacznie mniejsze od ciebie – określilibyśmy może tę posturę jako krępą.

Neandertalczyk był znacznie lepiej przystosowany do surowego klimatu niż my. Można to wywnioskować z tego, że miał bardzo duży nos. Ponadto reguła Allena mówi, że kończyny zwierząt stają się tym krótsze, im zimniejszy jest obszar, w którym zwierzę żyje. Istnieje na to matematyczne równanie zwane „crural index”. Odnosi ono długość kości piszczelowej do długości kości udowej. W oparciu o regułę Allena „crural index” u neandertalczyków jest znacznie niższy niż u *Homo sapiens*. Innymi słowy: podudzie jest wyraźnie krótsze. Zjawisko to można zaobserwować również w obrębie naszego gatunku. Tak więc Inuici mają niższy „crural index”, świadczący o przystosowaniu się do zimna niż, na przykład, Afrykanie, którzy zamieszkują bardzo ciepłe habitaty (Porter 1999).

Z jednej strony można postrzegać to jako przystosowanie się do zimna. Z drugiej jednak strony również jako adaptację do krajobrazów stepowych. Praca Steudel-Numbers i Tilkensa (2004) pokazuje, że osobniki neandertalskie były bardzo słabymi biegaczami długodystansowymi. W momencie, kiedy podudzie jest krótsze, poruszanie się staje się mniej efektywne. Mówiąc dokładniej, w bezpośrednim porównaniu ze współczesnymi ludźmi neandertalczyk inwestował 30% więcej energii w swoje poruszanie się. Jednak gdy tylko krajobraz staje się pagórkowaty i nierówny, różnica ta zostaje zniwelowana.

Dieta neandertalczyka opierała się na mięsie grubej zwierzyny łownej. Różne badania sugerują, że neandertalczycy byli tak zwanymi mięsożercami najwyższego poziomu (między innymi Richards i Trinkaus 2009). Są to myśliwi, którzy znajdują się na najwyższym poziomie łańcucha pokarmowego. Można to jednoznacznie określić na podstawie izotopów atomowych. Neandertalczyk miał wartości izotopów, które sugerują, że musiał się żywić jak hieny lub inne zwierzęta mięsożerne.

Podobne lub te same badania pokazują, że człowiek, *Homo sapiens*, miał jeszcze dużo wyższy poziom azotu niż neandertalczyk. Te jeszcze wyższe poziomy azotu nie wskazują wcale na jeszcze większe spożycie mięsa, lecz pokazują, że znaczna ilość białka pochodzi z organizmów morskich. Innymi słowy: *Homo sapiens* był lepszym rybakiem. Ogólnie rzecz biorąc, żywność pochodzenia morskiego – małże, wodorosty, ryby i tym podobne – wydaje się być ważnym źródłem różnych „kluczowych mikroelementów”, które musiały odegrać ważną rolę w ewolucji *Homo sapiens* i poprzedzających go gatunków.

Ogólnie można założyć, że dieta *Homo sapiens* charakteryzowała się większą różnorodnością niż w przypadku neandertalczyków. Istnieją jednak rów-

nież znaleziska w tym zakresie, które wskazują na znaczne spożycie żywności pochodzenia roślinnego przez neandertalczyków (Richards i Trinkaus 2009; Henry i in. 2011). Co zaskakujące, na zębach neandertalczyków badacze znaleźli ślady daktyli, fasoli i traw, których struktura chemiczna wskazuje ponadto, że były one poddawane obróbce cieplnej. Czyżby ci neandertalczycy gotowali już z użyciem węglowodanów zawierających skrobię?

Jednocześnie nie powinniśmy zapominać, że *konkretny* klimat, *konkretna* nisza ekologiczna nie istniały. Podobnie jak dzisiaj, w różnych obszarach geograficznych żyły różne osobniki. Z tego punktu widzenia istniał nie tylko bardzo zimny klimat, ale także cieplejsze obszary. Dlatego też nie istniała *konkretna* dieta paleo.

Dla ścisłości należy zauważyć, że neandertalczycy i *Homo sapiens* z całą pewnością krzyżowali się ze sobą i dlatego wszyscy żyjący dziś Europejczycy noszą w sobie około 3–5% genów neandertalskich. Nie wiadomo, czy mają one jakikolwiek wpływ na nasz metabolizm. Natomiast dobrze znana jest ich funkcja w gospodarce keratynowej. Keratyna to białko odgrywające rolę w metabolizmie włosów, paznokci i skóry (Sankararaman i in. 2014). Można więc przypuszczać, że te geny odegrały rolę w naszej zdolności radzenia sobie z klimatem panującym w tym czasie.

1.4 Lud San: dzisiejsi łowcy, zbieracze i nosiciele „najstarszych genów”

Jak to wyglądało, zanim dawno temu opuściliśmy Afrykę? Aby wyrobić sobie pojęcie na ten temat, moglibyśmy przyjrzeć się żyjącym do dziś, mniej lub bardziej dziewiczym populacjom. „Najstarsze”, a tym samym „najbardziej pierwotne” geny posiada lud San (Behar i in. 2008). Jest to grupa łowiecko-zbieracka zamieszkująca południową Afrykę.

Wygląd tych ludzi najprawdopodobniej mógłby nam najprędzej zdradzić, jak musiał kiedyś wyglądać „oryginalny *Homo sapiens*”. Zdjęcia tych ludzi możesz znaleźć w Internecie. Podobnie sposób życia tych ludzi może nam powiedzieć, jak mógł wyglądać sposób życia wczesnych ludzi.

Wszyscy buszmeni z Kalahari są stosunkowo mali. Średnio około 1,55 m wysokości i 50 kg masy. Większość Buszmenów ma wskaźnik BMI poniżej 20.

Około 25% tamtejszych kobiet ma – zgodnie z kryteriami WHO (Światowej Organizacji Zdrowia) – niedowagę. Według naszych standardów byłby to krytyczny stan odżywienia. W rzeczywistości jednak ci ludzie nie wykazują żadnych oznak niedoborów. Trudno w to uwierzyć, ale zawartość procentowa tkanki tłuszczowej w organizmie dodatkowo zmienia się w zależności od pory roku. Oznacza to, że Buszmeni i Buszmenki mogą być zdecydowanie „jeszcze chudsi”, to znaczy wychudzeni, – co dla tej populacji jest całkiem normalne (Kirchengast 1998).

Dość duża różnorodność roślin i zwierząt w Afryce, która znacznie przewyższa asortyment roślin i zwierząt jadalnych dostępnych w naszym supermarkecie, zapewnia zróżnicowaną bazę żywnościową. Mimo to podstawowym pożywieniem Buszmenów jest orzech mongongo. Średnio zjadają 250 g mięsa dziennie, co odpowiada 40 g białka. W sumie ludzie ci spożywają około 100 g białka dziennie. Dobrze 40% spożywanego białka pochodzi więc z orzecha mongongo.

Uzupełnieniem tej bazy jest spożycie niektórych roślin, co daje łącznie ok. 2200 kilokalorii, które średnio spożywa człowiek w tym rejonie. W odniesieniu do wielkości i masy ciała tych ludzi, byłaby to dieta o wysokiej zawartości białek zwierzęcych i roślinnych, wysokiej zawartości tłuszczów roślinnych i umiarkowanej zawartości węglowodanów.

Podczas gdy *Homo erectus* ze względu na ekonomiczność jeszcze bardzo intensywnie polował na grubą zwierzynę, zupełnie inaczej wygląda to w przypadku ludu San: asortyment dużej zwierzyny jest tutaj ograniczony, dlatego poluje się głównie na małe zwierzęta – z ekonomicznego punktu widzenia jest to oczywiście mniej korzystne. Okazuje się tutaj, że zbieranie roślin dostarcza około 2500 kilokalorii na godzinę, podczas gdy polowanie zapewnia tylko 1000 kilokalorii. Ponadto zbieranie roślin wiąże się z wyższym wskaźnikiem sukcesu. Z drugiej strony natomiast polowanie jest dla ludu San niepewnym sposobem pozyskiwania energii. Mimo to, a może właśnie z tego powodu, mięso jest postrzegane jako bardziej wartościowe i zawsze preferowane, gdy jest dostępne.

Wszystkie żyjące na wolności zwierzęta (my też jesteśmy zwierzętami!) dbają o zachowanie zdrowia przez całą dobę. Oczywiście nie inaczej jest w przypadku ludu San. Duża część codziennych czynności kręci się wokół pozyskiwania i przygotowywania żywności. Pracuje się jednak tylko dwa lub trzy dni w tygodniu – za każdym razem około sześciu godzin. Oznacza to około 12-18 godzin tygodniowo, podczas których się pracuje, czyli poluje, zbiera i buduje.

Kobiety zbierają w ciągu jednego dnia tyle pożywienia, że mogą nim wyżywić swoją rodzinę przez trzy dni. Mężczyźni również nie polują codziennie, lecz nieregularnie. Może więc zdarzyć się tak, że polowanie odbywa się nieprzerwanie przez cały tydzień, ale potem przez trzy tygodnie nic się nie dzieje. A co z resztą czasu? W naszym życiu byłoby to: oglądanie telewizji, wyciągnięcie nóg na fotelu i spotkania z przyjaciółmi. W języku Buszmenów jest to rozrywka (cokolwiek by to miało być), odwiedzanie innych Buszmenów i taniec. Kobiety gotują. Mężczyźni ćwiczą się w tańcach transowych. Prawie każdy Buszmen zna techniki, które pozwalają mu wejść do innego świata. Można to nawet zmierzyć za pomocą fal mózgowych. Powstające wówczas prądy nazywane są na przykład falami α (por. Lee i DeVore 1987).

Podobne badania znajdziesz na temat wielu grup łowiecko-zbierackich. Szczególnie dobrze zbadani są na przykład Hadza, Kitawa czy też Aborygeni. Ale jak przekonujące są takie badania? Z pewnością możemy doszukać się w nich filarów zdrowego stylu życia. Ale czy dotyczy to również konkretnych i szczegółowych zaleceń? Raczej niekoniecznie. Bo: nawet jeśli stwierdzimy, że łowcy z San jedzą dużo orzechów, nie oznacza to wcale, że musi to stanowić optymalną dietę dla człowieka.

Jakże to? Jak już mogłeś zobaczyć, jesteśmy potomkami roślinożernych naczelných. Ale my sami zachowaliśmy tylko kilka jego cech. Czy oznacza to, że teraz odwrotnie, powinniśmy jeść tylko mięso? Nie, raczej nie.

Do filarów takich prymitywnych form żywienia wrócimy później – pomoże nam to znaleźć odpowiednie dla nas rozwiązania. I pokaże nam to, dlaczego ludzie czerpią korzyści z tych filarów.

Literatura

- Aiello LC (1997) Brains and guts in human evolution: the expensive tissue hypothesis. *Braz J Genet* 20(1):141–148.
- Behar DM i. in. (2008) The dawn of human matrilineal diversity. *Am J Hum Genet* 82(5):1130–1140.
- Ben-Dor M i. in. (2011) Man the fat hunter: the demise of *Homo erectus* and the emergence of a new hominin lineage in the Middle Pleistocene (ca. 400 kyr) Levant. *PLoS One* 6(12):e28689

- deMenocal P, Stringer C (2016) Human migration: climate and the peopling of the world. *Nature* 538:49–50.
- Henry AG, Brooks AS, Piperno DR (2011) Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proc Natl Acad Sci U S A* 108(2):486–491.
- Kimbel WH, Deleuzene LK (2009) A review of research on *Australopithecus afarensis*. *Am J Phys Anthr* 140(S 49):2–48.
- Kirchengast S (1998) Weight status of adult!Kung San and Kavango people from northern Namibia. *Ann Hum Biol* 25(6):541–551.
- Kuman K, Clarke RJ (2000) Stratigraphy, artefact industries and hominid associations for Sterkfontein, Member 5. *J Hum Evol* 38(6):827–847.
- Lee RB, DeVore I (Hrsg) (1987) *Man the hunter*. Aldine de Gruyter, Hawthorne
- Leonard W, Snodgrass J, Robertson M (2010) Evolutionary perspectives on fat ingestion and metabolism in humans. In: *Fat detection: taste, texture, and post ingestive effects*. CRC Press, Boca Raton, S 3–18.
- McPherron SP i. in. (2010) Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia. *Nature* 466(7308):857–860.
- Milton K (1999) Nutritional characteristics of wild primate foods: do the diets of our closest living relatives have lessons for us? *Nutrition* 15(6):488–498.
- Milton K (2003) Micronutrient intakes of wild primates: are humans different? *Comparative biochemistry and physiology part A. Mol Integr Physiol* 136(1):47–59.
- Perry GH i. in. (2007) Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nat Genet* 39(10):1256–1260.
- Popovich DG i. in. (1997) The western lowland gorilla diet has implications for the health of humans and other hominoids. *J Nutr* 127(10):2000–2005.
- Porter AMW (1999) Modern human, early modern human and Neanderthal limb proportions. *Int J Osteoarchaeol* 9(1):54–67.
- Richards MP, Trinkaus E (2009) Isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106(38):16034–16039.
- Sankararaman S i. in. (2014) The genomic landscape of Neanderthal ancestry in present-day humans. *Nature* 507(7492):354–357.
- Studel-Numbers KL, Tilkens MJ (2004) The effect of lower limb length on the energetic cost of locomotion: implications for fossil hominins. *J Hum Evol* 47(1):95–109.