

Sportovní výživa jako vědecká disciplína

Michal Kumstát

Masarykova univerzita
Brno 2018

Recenzenti

PhDr. Iva Klimešová, Ph.D.

doc. MUDr. Pavel Stejskal, CSc.

© 2018 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-210-9162-7

ISBN 978-80-210-9163-4 (online : pdf)

Obsah

Přemluva	7
Úvod	8
1. ČÁST	11
1 Postavení sportovní výživy ve vědách o sportu	11
1.1 Historický úvod do studia sportovní výživy	11
1.2 Sportovní výživa jako vědecká disciplína	13
1.3 Sportovní výživa na Web of Science	15
2 Souborné vědecké práce se vztahem ke sportovní výživě	19
2.1 Americká společnost sportovní medicíny	20
2.2 Lékařská a vědecká komise Mezinárodního olympijského výboru	21
2.3 Mezinárodní společnost sportovní výživy	23
2.4 Analýza souborných prací „Nutrition and athletic performance“ z let 2000, 2009 a 2016	25
2.5 Shrnutí	30
2. ČÁST	31
3 Energetická potřeba sportovců – nové pohledy	31
3.1 Energetická dostupnost	31
3.2 Relativní energetická nedostatečnost ve sportu	34
3.3 Shrnutí	37
4 Dostupnost sacharidů ve vytrvalostním sportu – nová doporučení	41
4.1 Exogenní a endogenní dostupnost sacharidů	41
4.2 Příjem sacharidů během zatížení	45
4.3 Role glykogenu ve světle nových poznatků	46
4.4 Dostupnost sacharidů v praxi vrcholového sportu	49
4.5 Shrnutí	50
5 Snížená dostupnost sacharidů ve sportu – „když méně může být i více“	51
5.1 Manipulace s dostupností sacharidů v tréninkové praxi	51
5.2 Adaptace jako pozitivní důsledek snížené dostupnosti sacharidů	53
5.3 Snížená dostupnost sacharidů v tréninku – vybrané strategie	55
5.3.1 Dvoufázový trénink	55
5.3.2 „Sleep low“ strategie	56
5.4 Nízkosacharidová strava	60
5.4.1 Nízkosacharidová strava ve sportu	61
5.4.2 Zdravotní aspekty LCHF	64
5.4.3 Kontroverze v oblasti preskripce nízkosacharidové stravy	65
5.5 Shrnutí	66

6	Nové perspektivy v příjmu bílkovin ve sportu	71
6.1	Metodologické poznámky	71
6.2	Množství bílkovin	74
6.3	Načasování příjmu bílkovin	75
6.3.1	Význam aminokyselin	75
6.3.2	Které bílkoviny jsou nevhodnější?	76
6.4	Příjem bílkovin u starších osob	78
6.5	Vysokobílkovinná strava	80
6.6	Shrnutí	82
7	Individualizovaný příjem tekutin ve sportu	85
7.1	Evoluce novodobých doporučení v příjmu tekutin ve sportu	85
7.2	Dehydratace a sportovní výkon	86
7.3	Autonomní příjem tekutin regulovaný pocitem žízně	90
7.4	Preskribovaný příjem tekutin podle kalkulované míry pocení	93
7.5	Vybrané perspektivy v oblasti hydratace	95
7.6	Shrnutí	96
3. ČÁST		99
8	Periodizovaná výživa a nutriční trénink ve vytrvalostním sportu	99
8.1	Nutriční trénink	99
8.2	Periodizovaná výživa	103
8.2.1	Periodizace sportovní výživy ve vědeckovýzkumné praxi	107
8.3	Shrnutí	109
9	Vybrané kontroverze sportovní výživy	111
9.1	Personalizovaný přístup	111
9.1.1	Aspekt sběru biometrických dat	111
9.1.2	Aspekt antropometrický	112
9.1.3	Aspekt nutričních preferencí	113
9.1.4	Aspekt gastrointestinálních potíží ve sportu – FODMAP	115
9.2	Kontroverzní témata sportovní výživy	116
9.2.1	Bezlepková strava	116
9.2.2	Doplňky stravy	117
9.2.3	Antioxidanty ve sportovní výživě	118
9.2.4	Jednoduché sacharidy ve sportovní výživě	120
Závěry		123
Souhrn		125
Summary		126
Seznam použité literatury		128
Přílohy		153

Seznam zkratek

ACSM	Americká společnost sportovní medicíny
AK	aminokyseliny
ATP	adenosintrifosfát
B	bílkoviny
ED	energetická dostupnost
FFM	beztuková tělesná hmotnost
FODMAP	fermentovatelné (F) sacharidy ze skupin oligosacharidů (O), disacharidů (D), monosacharidů (M) a polyolů (P)
g (mg)/kg	relativní vyjádření množství živin vůči celkové tělesné hmotnosti sportovce a den, není-li uvedeno jinak
GIT	gastrointestinální trakt
HMB	beta-hydroxy-beta-metylbutyrát
IJSNEM	Mezinárodní časopis pro sportovní výživu a zátěžový metabolismus
IOC	Mezinárodní olympijský výbor
ISSN	Mezinárodní společnost pro sportovní výživu
JISSN	Časopis Mezinárodní společnosti pro sportovní výživu
LCHF	nízkosacharidová strava
LEAF-Q	dotazník k identifikaci rizika nízké energetické dostupnosti u žen
MPS	syntéza svalových bílkovin
RED-S	relativní energetická nedostatečnost ve sportu
S	sacharidy
TH	tělesná hmotnost
TJ	tréninková jednotka
TT	tzv. „time trial“, způsob testování tělesné zdatnosti; znamená absolvovat definovaný objem práce v co nejrychlejší čas
VO ₂ max	maximální příjem kyslíku
W	jednotka výkonu „watt“
WoS	online vědecká akademická služba „Web of Science“

Předmluva

Výživa je mnoha sportovci právem považována za jeden z klíčových činitelů sportovního výkonu. Sportovní trénink svou nesmírnou variabilitou dynamicky mění nároky na příjem živin. Kniha není komplexní učebnicí sportovní výživy. Cílem textu je prezentovat nové, výzkumem ověřené, poznatky sportovní výživy, otevřít a diskutovat některá (staro)nová, často kontroverzně vnímaná, témata.

Výzkumy dokazují, že např. míra využívání principů periodizované výživy, nutričního tréninku, diagnostiky nízké energetické dostupnosti nebo řízeného příjmu tekutin během vytrvalostního zatížení je kvůli jejich neznalosti mezi sportovci velmi nízká. Sám jsem se řadu let pohyboval ve vrcholovém sportu. Dnes s odstupem času vnímám, jak limitující, v podpoře náročného tréninkového programu, může sportovní výživa být. Současně z osobní zkušenosti vidím, jak se sportovci pro neznalost či nesprávnou interpretaci elementárních výživových doporučení připravují o potenciál zvýšit výkon. Limitující je transfer vědecky podložených poznatků do praxe. Mou motivací je proto zvýšit osvětu v oblasti sportovní výživy.

Kniha si zakládá na tzv. „*evidence based*“ přístupu, a prezentované poznatky jsou opřeny o odborné prameny. Seznam literatury čítá 425 zdrojů. Popsané teoretické poznatky jsou aplikovány na příkladech konkrétních tréninkových anebo závodních situací, kniha nabízí řadu číselných a slovních doporučení, ale také mnoho otázek. Většina kapitol knihy je ukončena shrnutím, které nejen formuluje závěry, ale položením nových otázek poukazuje na nové perspektivy a potenciální oblasti budoucího výzkumu sportovní výživy. Kniha *Sportovní výživa jako vědecká disciplína* předpokládá základní orientaci čtenáře v problematice sportovního tréninku, fyziologie zátěže a výživy člověka. Svě uplatnění si proto najde zejména u odborné veřejnosti, ale také u studentů vysokých škol se specializací na tělesnou výchovu a sport, u trenérů nejen vrcholových sportovců a všech zájemců o sportovní výživu.

Poděkování

Rád bych poděkoval své manželce za podporu během psaní knihy. Dále bych rád poděkoval svým rodičům za to, že mě přivedli ke sportu a umožnili mi studium vysoké školy. Tátovi děkuji za pomoc při kompletaci knihy.

Děkuji také svým studentům, kteří navštěvují mé přednášky a kladou mi mnohdy všetečné otázky. Bez otázek bychom totiž vědění nemohli nikdy rozvíjet.

Úvod

Progresivní rozvoj poznání z oblasti sportovní výživy otevírá sportovcům prostor pro implementaci nových vědecky podložených poznatků do tréninkového a závodního zatížení. Charakteristickým prvkem (nejen) současného výzkumu v oblasti sportovní výživy je orientace na výkon. Sportovní výživa však není pouze o ověřování vědeckých poznatků o vlivu nutrientů a energie na výkon sportovce. Z tréninkového hlediska je naopak důležité, aby reakce sportovce na zatížení optimalizovala adaptaci. Současné poznání významně rozšiřuje potenciál, s jakým může výživa adaptační reakce sportovců na zatížení ovlivnit, a potenciálně výkon. Interpretace vědeckých poznatků musí velmi pružně reagovat na dynamicky se měnící prostředí sportu. Objevují se nové soutěžní pohybové aktivity se specifickými tréninkovými metodami (Crossfit, Spartan race atd.). Sportovci v nich ve snaze zvýšit výkon neodborně mění své stravovací zvyklosti.

Za těchto podmínek si nemůžeme vystačit s obecnými a univerzálními postupy a doporučeními. Tyto změny jsou však o to závažnější, že víme, že sportovci a často ani jejich trenéři nemají dostatečné vzdělání k tomu, aby pochopili význam některých výživových strategií. Přestože většina sportovců dodržuje základní výživová opatření v podpoře tréninkové regenerace anebo soutěžního výkonu, pouze velmi málo z nich v tréninku uplatňuje některou z vědecky podložených strategií sportovní výživy, jako je např. periodizovaný příjem sacharidů S anebo záměrná manipulace s tréninkovou hladinou glykogenu. Samotní sportovci, trenéři, ale také mnozí odborníci ve veřejných diskusních fórech zlehčují sofistikovanost nových poznání o sportovní výživě.

Příčinou může být návrat ke zdánlivě uzavřeným výzkumným tématům a mylný pocit, že k nim již nelze co říct. Jsme tak svědky „rehabilitace“ nízkosacharidových diet (Volek, Noakes, & Phinney, 2015), je obhajován příjem tekutin regulovaný pocitem žízně (Hoffman, Cotter, Goulet, & Laursen, 2016) nebo se znovu zdůrazňuje význam příjmu S během vytrvalostního zatížení (Jeukendrup, 2014).

Jinou příčinou může být úroveň vzdělání všech aktérů ovlivňujících výživu konkrétního sportovce (samotní sportovci, trenéři, nutriční terapeut, výživový poradce, sportovní lékař, rodič atd.). Rozlišit, správně pochopit význam uplatňování některých výživových strategií a především je efektivně implementovat do tréninku je v dnešní době mnohem obtížnější, než tomu bylo dříve (Burke & Hawley et al., 2018b). Například správně interpretovat ergogenní potenciál konzumace ~ 90 g S/h během vytrvalostního zatížení vyžaduje porozumění základním aspektům fyziologie výživy, sportovního tréninku anebo záťažové fyziologie. Jen tak je možné doporučení správně implementovat v praxi. Sportovní výživa se stává elementární součástí přípravy každého vrcholového sportovce.

Kniha je rozdělena do tří základních tematických celků a celkem devíti hlavních kapitol. První část objasňuje pozici sportovní výživy jako vědecké disciplíny. Je také obsahovým východiskem druhé části knihy. K objektivní identifikaci nových poznatků v oblasti sportovní výživy byla zvolena analýza souborných prací Americké společnosti sportovní medicíny (ACSM) „Nutrition and athletic performance“ (American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, & Dietitians of Canada, 2000; Rodriguez, Di Marco, & Langley, 2009; Thomas, Erdman, & Burke, 2016). Podle bibliometrických údajů z vědeckých databází Web of Science anebo Scopus se jedná o práce s největším vědeckým ohlasem v oblasti sportovní výživy.

Druhá část nově identifikovaná témata detailně rozebírá. Je tvořena pěti hlavními kapitolami. V jednotlivých kapitolách jsou podrobně popsány změny, které analýza souborných prací ACSM přinesla. Publikace odkazuje na recentní vědecké práce. Jednotlivé kapitoly se věnují novému pojetí hodnocení energetické bilance, personalizovanému příjmu sacharidů v tréninku, roli B a novým výživovým strategiím v podpoře vytrvalostního výkonu. Je popsána řada nových termínů, jako např. energetická dostupnost (ED), relativní energetická nedostatečnost ve sportu, dostupnost S, řízený příjem tekutin, periodizovaná výživa, nutriční trénink a mnoho dalších, které jsou vysvětleny tak, aby byl zřejmý jejich význam.

Závěrečný třetí tematický celek syntetizuje vybrané výstupy z předchozích kapitol do podoby přehledného a srozumitelného výčtu výživových strategií, které mohou sportovci v tréninku využít. Mluvíme o tzv. periodizované sportovní výživě. Na závěr jsou představeny vybrané perspektivy sportovní výživy a kontroverzní oblasti, kterým sportovní výživa v současnosti čelí.

Přestože se změny v poznání v oblasti sportovní výživy mohou zdát jako nevýznamné, ve specifických tréninkových anebo závodních situacích mohou tyto změny právě naopak optimalizovat soutěžní/závodní výkon sportovce anebo podpořit adaptaci. Informace popsané v knize jsou proto nejvíce využitelné ve výkonnostním a vrcholovém sportu.

Cílem odborné knihy *Sportovní výživa jako vědecká disciplína* je prezentovat nejnovější vědecké poznatky v oblasti sportovní výživy a poukázat na významné postavení sportovní výživy ve sportovních vědách.

1. ČÁST

Cílem úvodní části knihy je představit sportovní výživu jako odbornou disciplínu.

1 Postavení sportovní výživy ve vědách o sportu

1.1 Historický úvod do studia sportovní výživy

Když byla v roce 1918 publikována práce o lidském metabolismu, autoři si jistě neuvědomili, jaký význam bude jejich přínos v oblasti odhadu klidového energetického výdeje ještě po téměř 100 letech mít (Harris & Benedict, 1918). Výživa sportovců se zjednodušeně liší od nespportovců zejména zvýšením energetických nároků. Právě kalkulace energetického výdeje pomocí prediktivních rovnic, mimo jiné Harris-Benedictovy, patří k základním anamnestickým postupům sportovního dietologa.

Identifikace vztahu mezi tělesnou zdatností a stravováním není v odborné literatuře nic nového (Brotherhood, 1984; Grandjean, 1997; Keys, 1943; Mayer & Bullen, 1960). Už před 80 lety Keys a Henschel (1942) uzavírají, že plnohodnotná výživa kompenzuje vysoké energetické nároky vojáků (odhadovaný energetický výdej souboru vojáků 3 700–4 200 kcal) pokrývá potřebné množství mikroživin. Pozorovaný příjem vitamínů sk. B a C byl ~120–170 % dnešních denních doporučených dávek (Trumbo, Schlicker, Yates, Poos, & Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies, 2002). Už tehdejší závěry se tak v mnohém shodují se závěry dnešními.

Již v r. 1943 se Keysova vědecká práce opírala o 410 referencí. Věnovala se optimální frekvenci stravování, úloze základních makroživin nebo např. alkoholu a kreatinu v podpoře tělesné zdatnosti (Keys, 1943). Studium sportovní výživy však v té době neexistovalo a práce pouze shromažďovala existující prameny relevantní tématu.

Až po druhé světové válce se práce specificky zastavovaly nad závěry z laboratoří o nových dietních doplňcích údajně pomáhajících lepšímu sportovnímu výkonu a začínají se cíleně věnovat vztahu sportovního výkonu, tréninku a výživy. Můžeme však říci, že i v tomto období převládá názor, že plnohodnotná a vyvážená strava je pro sportovce dostatečná a jakákoliv manipulace s ní výkon sportovce nezvyšuje. Již v této době si však odborníci velmi dobře uvědomovali význam zásobních zdrojů energie, tělesné hmotnosti (TH), složení těla, případně manipulace s energetickým příjmem. A tyto faktory vnímali jako velmi důležité pro dosažení optimálního výkonu a udržení vysoké tréninkové výkonnosti.

Výživa sportovce by měla být složena z potravin, na které je sportovec zvyklý a jež preferuje, tak aby nedocházelo ke změnám v TH. Jakékoliv strategie měnící hmotnost sportovce nemohou být doporučovány (Mayer & Bullen, 1960).

Objev diagnostického nástroje umožňujícího kvantifikovat změny ve svalovém glykogenu otevřel cestu ke zcela novým možnostem diagnostiky reakce lidského organismu na zatížení a výživu (Bergström, 1962). Později bylo prokázáno a podpořeno daty z biopsie v kvadriceps femoris, že celkové množství S oxidovaných během intenzivní zátěže (~75 % VO₂max) koreluje s poklesem svalového glykogenu a současně s výkonem sportovců. Bylo tak dokázáno, že obsah svalového glykogenu v pracujících svalech je klíčovou determinantou výkonu. (Bergström, Hermansen, Hultman, & Saltin, 1967).

Práce z 60. let minulého století daly vzniknout moderní, na vědeckých závěrech založené sportovní výživě. Redukce zásob glykogenu byla dlouhodobě vnímána jako limitující faktor výkonu. Sacharidy (S) byly vnímány jako klíčový zdroj energie podporující výkon, zatímco např. bílkoviny (B) byly vnímány jako nezbytná součást *tréninkové* nutriční podpory. Metoda biopsie dovolila nahlédnout do složení svalových vláken a umožnila identifikovat změny v hladinách svalového glykogenu. Již v této době bylo zřejmé, že výkony v délce trvání < 20 minut jsou dostatečně pokryty glykogenovými zásobami. To umožnilo definovat první konkrétní doporučení, definující načasování a množství živin. Vzhledem k omezeným zásobám zejména jaterního glykogenu hrozí jeho deplece a riziko hypoglykémie s vlivem na centrální nervový systém. Proto bylo sportovcům doporučováno zaměřit se na vysokosacharidovou dietu ve dny předcházející soutěži. Byl formulován postup, kterým sportovci své zásoby zvýší, tzv. sacharidová superkompenzační dieta (Bergström & Hultman, 1972). Přestože byla později mnohokrát modifikována (Bussau, Fairchild, Rao, Steele, & Fournier, 2002; Sherman, Costill, Fink, & Miller, 1981), její základní smysl superkompenzovat glykogenové rezervy zůstal stejný a je součástí doporučení strategicky zvyšovat dostupnost S pro zatížení. Dnešní odborná literatura však přichází s poznáním, které zakořeněné teze o vztahu výživy bohaté na S, svalového glykogenu a sportovního zatížení korigují.

Právě výrazné změny v poznání sportovní výživy dovolily formulovat přesnější doporučení (Brotherhood, 1984). Např. role glykogenu je definitivně vnímána jako základní aspekt ovlivňující vytrvalostní sportovní výkon, tréninkovou kapacitu a přispívající k rozvoji únavy, ale ne jako prostředek podpory adaptace. Bílkoviny není třeba suplementovat, přestože minimální potřeba B u sportovců je mnohem vyšší než u nesportovců. Autoři dále uvádí, že pravidelná pohybová aktivita není příčinou zvýšených potřeb vitamínů. Protože výživové zvyklosti sportovců jsou špatné, měla by být vitamínům věnována zvýšená pozornost. Ukázalo se, že příjem jednoduchých cukrů před výkonem vede k dramatickému poklesu glykémie v čase zahájení výkonu (Hargreaves,

Costill, Fink, King, & Fielding, 1987). Po vymezení pojmu glykemický index v r. 1980 se proto výrazně rozšiřuje pohled na různé druhy S a začíná se používat termín „*komplexní formy*“ (Rutherford, 1990).

Historický vývoj sportovní výživy v období před uveřejněním prvních souborných prací ACSM shrnuje Grandjean (1997) a předpovídá směřování sportovní výživy do oblasti genetiky a fyziologie s otázkou, jak nejlépe vztah reakce sportovce na zátěž využít v podpoře sportovního výkonu. První souborná práce, ve které se na jednom místě objevují komplexní shrnutí poznatků založených tzv. na důkazech z oblasti sportovní výživy, obsahujících konkrétní a číselná doporučení, je publikována Americkou společností sportovní medicíny v roce 2000 (American College of Sports Medicine et al., 2000). Dokument byl v letech 2009 a 2016 revidován (Rodriguez et al., 2009; Thomas et al., 2016) a v současnosti patří mezi výchozí zdroj současných informací o sportovní výživě (Kumstát, 2016a).

Nejvýznamnějším prvkem současného výzkumu v oblasti sportovní výživy je snaha o konkrétní propojení tréninkového zatížení a výživy. Právě variability sportovního zatížení (délka trvání, intenzita zatížení konkrétní tréninkové jednotky anebo v rámci celého tréninkového makrocycly) je využíváno v kombinaci se záměrnou manipulací s příjmem živin před, během a po zatížení s cílem ovlivnit dostupnost a utilizaci živin, k podpoře adaptační reakce a potenciálnímu zvýšení výkonu. Nikdy dříve nebyla role sportovní výživy vnímána v tak přímé vazbě na tréninkové zatížení (Thomas et al., 2016; Jeukendrup, 2017a; Burke & Hawley et al., 2018b).

1.2 Sportovní výživa jako vědecká disciplína

Sportovní výživa je součástí sportovních věd. Je to vědní disciplína využívající výživové postupy podporující zdraví, tréninkovou regeneraci a adaptaci s cílem optimalizovat přípravu sportovce na sportovní výkon. Sportovní vědy zahrnují různé oblasti, např. zátěžovou fyziologii, sportovní trénink, sportovní psychologii, sociologii, sportovní medicínu. Sportovní výživa patří mezi novější disciplíny sportovních věd, ovšem dynamicky se rozvíjející. „Vědeckost“ a dynamický rozvoj sportovní výživy je možné dokumentovat na mnoha příkladech. Např. v jednom z nejcitovanějších periodik z oblasti sportovních věd *Medicine science in sport and exercise*¹ vycházejícím od r. 1969 bylo v roce 2017 15 % příspěvků věnováno problematice sportovní výživy.

Bibliometrické údaje shromažďované prostřednictvím tzv. citačních databází nám dovolují „*měřit a analyzovat vědecké výstupy*“ ve formě vědeckých článků, ale také periodik, ve kterých jsou články otištěny. Můžeme tedy tvrdit, že sportovní výživa je vědecká

¹ Podle metrických ukazatelů vědecké databáze Web of Science (WoS) v r. 2017 měl časopis přes 30 000 citací; druhý nejvyšší počet citací ze všech časopisů na WoS v oblasti sportovních věd.

disciplína už jen proto, že existuje v dané oblasti výzkum, který je publikován prostřednictvím odborných článků. Měřítkem kvality odborného článku může být např. tzv. citační ohlas (tedy jiný odborník si výsledky výzkumu přečte a ve své práci se na zdroj informace odkáže, práci tzv. cituje). Hodnocení odborných časopisů a odborných výstupů (publikací) s informacemi o tom, kolik citací článek nebo časopis získal, v jakém periodiku a v jakém článku se citace objevila, je realizováno prostřednictvím tzv. citačních databází (citační rejstříky). Vědecké databáze jsou jakousi vstupní branou k nejnovějším poznatkům.

Mezi nejvýznamnější online databáze patří Web of Science (WoS) a Scopus. WoS a Scopus zaručují evidenci kvalitních odborných publikací, které procházejí recenzním řízením. Práce indexované v databázích WoS nebo Scopus jsou posuzovány podle přesně definovaných kritérií a pravidel a na jejich základě je možné podle zvolených kritérií vybrané časopisy, konkrétní články nebo autory hodnotit.

V následující části bude detailně charakterizována pozice sportovní výživy ve zmiňovaných databázích.

Web of Science

Web of Science je online akademickou službou, která nabízí integrovaný přístup k citačním indexům a užitečným matematickým nástrojům, jako je například *Journal Citation Reports*, *Essential Science Indicators* nebo *InCites*, analyzujícím jednak kvalitu vědeckých časopisů, ale také jednotlivých publikací. Web of Science excerpuje 12 271 vědeckých časopisů rozdělených do 235 vědních disciplín. Jádrem WoS tvoří tzv. *Web of Science Core Collection*. Jedná se o internetovou akademickou službu založenou společností Thomson Reuters. Jednotlivá akademická pracoviště a výzkumná oddělení obvykle nabízejí po autorizaci prostřednictvím portálu *Web of Knowledge* přístup k nejnovějším vědeckým článkům, ale také k publikacím starším, a to až zpětně do r. 1945. Kvalita časopisů excerpovaných v databázi WoS je měřena takzvaným Impakt faktorem (IF), ten se vztahuje vždy ke konkrétnímu časovému období.

Impakt faktor představuje průměrný počet citací průměrné publikace v daném vědeckém či odborném časopisu. Impakt faktor za rok je potom kalkulován jako poměr mezi počtem citací článků publikovaných v předcházejících dvou letech dělený počtem vydaných článků. Vysoký IF časopisu nutně neznamená vysokou úroveň konkrétní publikace. V oblasti sportovních věd nejsou mezi časopisy takové rozdíly a vyšší IF při relativně nízkém počtu publikací (citovatelných záznamů) vypovídá o zájmu vědecké komunity o dané periodikum a úrovni publikovaných textů (Kratochvíl, Sejk, Eliášová, & Stehlík, 2011).

Scopus

Databáze Scopus pracuje od r. 2016 s tzv. „CiteScore metrics“. Hlavními sledovanými indikátory jsou „SCImago Journal Rank“ (SJR), „Source Normalized Impact per Paper“ (SNIP) a „CiteScore“ (citační skóre). Citační skóre je obdoba IF u WoS. Jedná se o průměrnou citaci přijatou na jeden dokument a je kalkulováno jako počet citací obdržených časopisem za rok na dokumenty publikované v daném časopise ve třech předchozích letech dělený všemi dokumenty indexovanými v databázi Scopus, které vyšly ve třech předchozích letech.

1.3 Sportovní výživa na Web of Science

Zadáním výrazu „*sport nutrition*“ do internetového vyhledávače, bez jiných kritériálních omezení, získáme celkem 2 386 záznamů. Z nichž 1 086 je zařazeno v kategorii „sportovní vědy“ a 757 v kategorii „výživa a dietetika“. Většina (80 %) všech identifikovaných záznamů je zařazena současně v obou kategoriích. Z toho vyplývá, že majoritním zdrojem informací o sportovní výživě jsou publikace a periodika zařazená právě v kategorii sportovní vědy. Přes 90 % všech záznamů z kategorie sportovní vědy bylo publikováno po roce 2000, a to nejčastěji ve formě původních vědeckých článků (n = 1 139) nebo souborných sdělení, takzvaných review (n = 212). Zbytek tvořily konferenční příspěvky, abstrakta a kapitoly knih.

Nejrozsáhlejšími zdroji informací v oblasti sportovní výživy (podle počtu identifikovaných záznamů) jsou časopisy *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* (IJSNEM), *Journal of the International Society of Sports Nutrition* (JISSN) a *Medicine and Science in Sports and Exercise* (MSSE). Časopisy IJSNEM a JISSN jsou jedinými vědeckými periodiky s výlučnou specializací na sportovní výživu ze všech periodik indexovaných na WoS. Vedle uvedených tří periodik mezi další nejvýznamnější patří *British Journal of Sports Medicine*, *Journal of Sport Sciences*, *Journal of Strength and Conditioning Research*, *Sports Medicine*, *Nutrients* a *Journal of the American Dietetic Association*.

Význam uvedených periodik potvrzuje také fakt, že nejcitovanějším dokumentem z oblasti sportovní výživy posledních 10 let (ale také historicky od r. 1945) je souborný text Americké společnosti sportovní medicíny (ACSM) s názvem „*Nutrition and athletic performance*“ (Rodriguez, Di Marco, & Langley, 2009) publikovaný v MSSE s celkovým počtem 622 citací a publikace JISSN „*JISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations*“ (Kreider et al., 2010) se 101 citacemi².

Mezi nejcitovanější autory patří L. M. Burke, L. M. Castell, S. J. Stear, B. Kreider, A. Jeukendrup, T. Stellingwerf, R. Moore a R. Maughan. Např. prof. Burke není jen vědeckou kapacitou, ale je součástí programu přípravy vrcholových sportovců Australského institutu

² Web of Science [webpage]. <https://login.webofknowledge.com> [cit. 23. 7. 2018]

sportu. Podobně také A. Jeukendrup je spoluautorem projektu modelování závodní sportovní výživy vytrvalostních sportovců počítačovou aplikací s využitím vědecky podložených dat³, nebo připravuje infografické materiály⁴, ve kterých vědecké poznatky srozumitelně prezentuje a interpretuje. Jde o příklady tlumočení vědeckých poznatků do praxe a účinné moderní prostředky, jak popsanou bariéru mezi vědeckým výzkumem v oblasti sportovních věd a aplikační oblastí překonat (Eisenmann, 2017).

K r. 2017 bylo v kategorii sportovních věd na WoS evidováno 81 časopisů, publikováno bylo 9 527 článků s celkovým počtem > 300 000 citací.

Všechny časopisy dané kategorie (např. sportovní vědy) jsou podle dosaženého IF seřazeny a dále rozděleny do čtyř kvartilů (Q1 až Q4). Zařazení časopisu v daném kvartilu dále upřesňuje význam časopisu v dané kategorii. V Q1 jsou zařazeny nejvýznamnější časopisy v dané vědní kategorii (např. v kategorii sportovní vědy je IF posledního zařazeného časopisu 2,6). Kategorie sportovních věd je s 81 zařazenými časopisy devadesátou největší odbornou kategorií z celkového počtu 235. Např. nejvíce časopisů (235) je indexováno v kategorii ekonomika.

Mezi jednotlivými obory existují obrovské rozdíly. Obory se vzájemně odlišují charakterem výstupů (nejčastěji jde o původní práce – vědecké studie, review, metaanalýzy, souborná sdělení...), počtem periodik a výstupů v dané časové periodě (frekvence vydávání jednotlivých čísel časopisu), počtem uváděných referencí, zvyklostmi při citování autorů napříč periodiky. Publikace některých periodik vykazují zcela odlišné počty citací, které jsou parametrem výpočtu IF. Pro zajímavost časopis *CA: A Cancer Journal for Clinicians* má impakt Faktor 244,5 (r. 2017). Střední hodnota IF časopisů kategorie sportovních věd v r. 2017 byla 1,863. Ještě v roce 2005 medián nedosáhl ani jedné celé (0,955). Nejvyšší IF (7,462) v kategorii sportovních věd má *British Journal of Sport Medicine*. Dalším příkladem interoborové nevyrovnanosti může být časopis *The New England Journal of Medicine* (IF 79) s 322 000 citacemi v roce 2017. Stejné množství citací ve stejném období získalo dohromady všech 81 evidovaných časopisů v kategorii sportovních věd.

Srovnávat jednotlivé vědní disciplíny podle kritérií WoS je proto nemožné. Metriky Scopusu zohledňující v kalkulaci citačního skóre všechny indexované záznamy jsou transparentnější a rozdíly mezi časopisy nejsou tak velké. Objektivní pohled na postavení časopisů specializujících se na sportovní výživu získáme interní analýzou záznamů WoS v kategorii sportovní vědy, kam problematika sportovní výživa spadá (tab. 1).

³ *Fuelthecore [webpage]. <https://www.fuelthecore.com/> [cit. 15. 5. 2018]*

⁴ *Mysportscience [webpage]. <http://www.mysportscience.com> [cit. 10. 7. 2018]*

Tab. 1 Srovnání bibliometrických údajů nejvýznamnějších periodik z oblasti sportovní výživy a sportovních věd

Časopis	WoS (81 časopisů)			Scopus (237 časopisů) ²			
	Pětiletý IF	Pořadí ¹ (n = 81)	IF 2017/kvartil	Citační skóre 2017/kvartil	Pořadí (n = 237)	Citace (2017)/počet dokumentů (2014–2016)	SNIP
IJSNEM	2,616	24./48.	2,489/2	2,26/2	46.	458/203	0,938
JISSN	2,898	13./32.	3,135/1	2,08/2	51.	427/205	1,092
MSSE	4,727	7./—	4,291/1	4,09/1	7.	3 893/952	1,68
BJSM	7,867	1./—	7,462/1	4,84/1	6.	5 150/1 065	2,637

Vysvětlivky: Pořadí: WoS –¹ za lomítkem kategorie sportovní vědy/výživa a dietetika; v kategorii sportovní vědy 81 časopisů, výživa a dietetika 81 časopisů (MSSE a BJSM nejsou v kategorii zařazeny); ² Scopus – 237 časopisů v kategorii ortopedie a sportovní medicína, JISSN zařazen pouze v kategorii výživa a dietetika (112 časopisů).

Jak progresivně rozvíjející je oblast sportovní výživy, můžeme demonstrovat na postupu časopisu Mezinárodní společnosti sportovní výživy JISSN. V r. 2017 je časopis zařazen v prvním kvartilu s 13. nejvyšším IF 3,135 z kategorie sportovní vědy a v druhém kvartilu v kategorii dietetika a výživa. Časopis měl ještě v roce 2013 39. nejvyšší IF (1,5) a byl evidován v 2. kvartilu. Časopis byl již v r. 2009, pouhých pět let od založení, hodnocen impakt faktorem.

Shrnutí

Analýza bibliometrických údajů vědeckých databází svědčí o významném postavení sportovní výživy v kategorii sportovní vědy. Přesto ve srovnání s jinými disciplínami můžeme tvrdit, že existuje stále velmi málo periodik zaměřených na oblast sportovní medicíny a současně přímo specializované na sportovní výživu.

2 Souborné vědecké práce se vztahem ke sportovní výživě

Vědecký časopis je nejběžnějším místem publikace výsledků výzkumu ve vědě. Nejčastější podobou publikací ve sportovní výživě jsou původní vědecké práce („*original research*“) uveřejňující výsledky výzkumných studií. Publikace ve vědeckých časopisech procházejí kontrolou zejména metodologické správnosti (jedno z kritérií hodnocení v rámci tzv. „*peer review*“ procesu¹).

Mezi další obvyklé typy prací vědeckých patří souborné/přehledové práce (angl. „*review*“), případové studie, metaanalýzy, komentáře odborníků, dopisy editorům. Elektronicky (na internetu) přístupné odborné články jsou např. prostřednictvím vědeckého vyhledávání Google Scholar dostupným zdrojem aktuálních informací. Řada periodik vychází v tzv. „*open access*“ režimu a jsou volně dostupná (nejen akademické obci). Obrovský počet článků, který každoročně vychází (v oblasti sportovní výživy > 2000/rok), ale znemožňuje jejich vyhodnocení. Trvalé sledování nejnovějších vědeckých poznatků je podmíněno dostupností publikací, vyžaduje expertizu čtenáře, je náročné na čas. S využitím stovek referencí přehledové práce shrnují stav aktuálních vědeckých poznatků v dané oblasti.

Tzv. souborná anebo konsenzuální sdělení renomovaných institucí (angl. „*consensus statements*“ anebo „*position stands*“), organizací, ale také odborných časopisů jsou příkladem přehledového článku, který splňuje aspekt vědecké publikace a současně má charakter vzdělávacího textu. Mezi nejvýznamnější celosvětově respektované odborné společnosti v oblasti sportovní medicíny, pravidelně vydávající stanoviska k tématům souvisejícím se sportovní výživou, patří Americká společnost sportovní medicíny (ACSM), Lékařská a vědecká komise Mezinárodního olympijského výboru (IOC) a Mezinárodní společnost sportovní výživy (International society of sport nutrition, ISSN). ACSM a ISSN vydávají svá stanoviska prostřednictvím vlastních odborných časopisů (JISSN, MSSE). Význam obou časopisů dokumentuje jejich vysoký IF, který je řadí mezi nejvýznamnější časopisy kategorie sportovních věd na WoS (jsou zařazeny do prvního kvartilu). Závěry konsenzuálních sdělení IOC jsou obvykle prezentovány samostatnými vědeckými kongresy. Např. konsenzuálnímu stanovisku z r. 2010 předcházela vědecká konference v sídle IOC Lausanne.

Nejnovější poznatky sportovní výživy, které jsou ověřeny vědeckými studiemi a prokazují pozitivní souvislosti mezi výživou, pohybovou aktivitou a zdravím člověka, by měly být prezentovány srozumitelně, tak aby se mohly stát součástí tréninkových a soutěžních výživových praktik každého sportovce. Přehledové práce ACSM, ISSN a IOC splňují tyto požadavky. V odborné literatuře existuje pouze jeden text, který závěry uvedených tří společností podobným způsobem syntetizoval (Potgieter, 2013).

¹ Anonymní hodnocení několika posuzovateli s odborností odpovídající tématu článku předloženého k publikaci.

V následující části budou přehledně sumarizovány a stručně analyzovány všechny dosud publikované souborné texty ACSM, IOC a ISSN se vztahem k problematice sportovní výživy (včetně jejich starších verzí v případě, že prošly pozdější revizí).

2.1 Americká společnost sportovní medicíny

Americká společnost sportovní medicíny je celosvětově uznávanou organizací, která vydává oficiální konsenzuální stanoviska společnosti „*position stands*“. Veřejně přístupná stanoviska² respektují metodologické principy medicíny založené tzv. na důkazech (tzv. „*evidence based*“ přístup). Hlavním smyslem ACSM je poskytovat zdravotně-preventivní a pohybovou osvětu s významným celospolečenským a interdisciplinárním přesahem. Také proto jsou vydávány ve spolupráci s jinou organizací nebo agenturami (např. text „*Nutrition and athletic performance*“ byl připraven ve spolupráci s *Academy of Nutrition and Dietetics a Dietitians of Canada*). Některé z konsenzuálních prací jsou překládány také do světových jazyků.

Tabulka 2 sumarizuje všechny vydané publikace se vztahem ke sportovní výživě.

Tab. 2 Konsenzuální dokumenty vydané ACSM v letech 1996–2016

Název	Reference	Charakteristika
„ <i>Exercise and fluid replacement</i> “	Convertino et al., 1996; Sawka et al., 2007	Komplexní dokument detailně popisující teoretická východiska a formulující praktická doporučení příjmu tekutin v kontextu pohybového zatížení; nejcitovanější dokument regulující obecná doporučení hydratace (dohromady přes 1 000 citací na WoS); zdrojem současných oficiálních doporučení.
„ <i>Nutrition and athletic performance</i> “	American College of Sports Medicine et al., 2000; Rodriguez et al., 2009; Thomas et al., 2016	Komplexní dokument shrnující stav aktuálních poznatků v oblasti sportovní výživy k danému období (např. text z r. 2016 je rešerší publikací z let 2006–2014); zaměřený především na praktická doporučení a jejich konkrétní kvantitativní (číselné), kvalitativní vyjádření; zdrojem oficiálních doporučení.
„ <i>The female athlete triad</i> “	Otis, Drinkwater, & Johnson, 1997; Nattiv et al., 2007; Joy et al., 2014	V r. 1997 poprvé definován pojem ženské sportovní triády; v r. 2007 korekce definice sportovní triády a poprvé v oficiálním dokumentu zmíněna tzv. „energetická dostupnost“ (ED); poslední revize textu v r. 2014 je dále aktualizovaná o klinické pokyny pro lékaře, trenéry a další poskytovatele zdravotní péče zahrnující metodiku screeningu, diagnostiku a léčbu triády a poskytující jasná doporučení pro návrat sportovce do sportovního života.

² *Official Positions [webpage]. American College of Sport Medicine.*
<https://www.acsm.org/acsm-positions-policy/official-positions> [cit. 10. 7. 2018]

Nejvýznamnějším dokumentem je „*Nutrition and athletic performance*“. Podrobná analýza změn v dokumentu je uvedena v samostatné kapitole a je základem koncepce celé práce. Vedle ucelených textů o sportovní výživě ACSM vydala také „*The female athlete triad*“ definující ženskou sportovní triádu a dokument „*Exercise and fluid replacement*“. Oba texty spadají obsahově do oblasti sportovní výživy, proto jsou v souhrnu zařazeny.

Vedle ACSM vydává od r. 2005 souborná sdělení také Lékařská a vědecká komise IOC.

2.2 Lékařská a vědecká komise Mezinárodního olympijského výboru

Lékařská a vědecká komise IOC vydává od r. 2005 pravidelně veřejná konsenzuální stanoviska, doporučení, metodické příručky pro sportovní svazy, trenéry, sportovce nebo sportovní lékaře. Hlavním smyslem a posláním veřejně dostupných konsenzuálních vyjádření je poskytnout národním sportovním organizacím odborná doporučení a postupy, které budou nejen zabezpečovat trénink a soutěžní výživu sportovců podle nejnovějších poznatků, ale také maximálně chránit zdraví sportovců.

Předkládané dokumenty jsou orientovány zejména na vrcholový sport, ale posláním publikovaných stanovisek je také jejich využití na poli rekreačního sportu. Celospolečenská role a tradiční postavení IOC v oblasti sportu, složení lékařské a vědecké komise jsou zárukou vysoké odbornosti publikovaných výstupů. Všechny výstupy ctí, podobně jako výstupy ACSM, zásady poznatků založených na důkazech. Členy komise jsou mimo jiné prof. Burke, prof. Maughan, prof. Phillips nebo prof. van Loon, kteří podle bibliometrických údajů patří mezi nejvýznamnější vědecké osobnosti sportovní výživy (> 200 publikací s min. 10 citacemi; h-index³ > 80)⁴. IOC vydává svá konsenzuální sdělení také v tištěných brožurách, které jsou určeny sportovcům, trenérům a jsou psány srozumitelně a se zaměřením na praktické využití. Příručka sportovní výživy *Nutrition for Athletes* poprvé vydaná IOC v r. 2003 prochází pravidelnou aktualizací (poslední proběhl před olympijskými hrami v Riu de Janeiro v 6/2016) (International Olympic Comitee, 2016).

Nutriční podporu potřebují nejen zdraví sportovci, ale také s handicapem. V reakci na nedostatek vědecky podložených doporučení v oblasti sportovní výživy handicapovaných sportovců vydala IOC v r. 2012 přepracované vydání textu *Nutrition for Athletes* specificky zaměřené na paralympijské sportovce (*Nutrition for paralympians*).

³ H-index je udáván číslem h, které je množstvím prací, jež byly nejméně h-krát citovány.

Jde o jeden z indexů citačního ohlasu vědeckých článků, publikovaných jedním vědeckým pracovníkem.

⁴ Profily. [webpage]. Google Scholar <https://scholar.google.cz/> [cit. 24. 7. 2018]

Tabulka 3 sumarizuje všechny vydané publikace se vztahem ke sportovní výživě.

Tab. 3 Konsenzuální dokumenty IOC vydané v letech 2005–2018

Název	Rok vydání, reference	Zaměření práce
<i>„Consensus statement on the female athlete triad“</i>	2005	Snahou lékařské komise IOC je chránit zdraví sportovců. Vzájemný vztah narušených stravovacích zvyklostí, menstruačních dysfunkcí a nízké kostní denzity.
<i>„Consensus meeting on fasting and sport“</i>	2009	Jednostránkový report se snahou lékařské komise upozornit na praktiky sportovců a jejich inklinaci k alternativním stravovacím směrům (vynechávání jídel, skupin potravin).
<i>„Consensus statement on sports nutrition“</i>	2010	Dvoustránkový konsensus shrnující aktuální vědecky podložené poznatky o sportovní výživě; zdrojová data v podobě samostatných odborných článků otištěna v r. 2011 v samostatném vydání časopisu Journal of Sports Science.
<i>„Consensus statement on body composition health and performance in sport“</i>	2012	Analýza metod k hodnocení tělesné kompozice. Neexistuje zlatý standard, doporučován je multikomponentní model založený na antropometrických datech. Popsána je metodika, limity jednotlivých metod. Z laboratorních metod je doporučena celotělová denzitometrie (DEXA), v praxi jsou vhodná antropometrická měření (př. kaliperace).
<i>„Consensus Statement On Relative Energy Deficiency In Sport (Red-S), Beyond The Female Athlete Triad“; „International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update (2018)“</i>	Mountjoy et al., 2018, 2014, 2015b	Konstrukce nového diagnostického nástroje k identifikaci zdravotních a výkonových rizik sportovců s manifestovanou nízkou energetickou dostupností, tzv. relativní energetická nedostatečnost ve sportu (RED-S); v r. 2015 revize první verze z r. 2014.
<i>„Consensus Meeting On Dietary Supplements And The High-Performance Athlete“</i>	Maughan et al., 2018a	Přiměřené použití některých doplňků může být přínosem pro sportovce, ale jiné mohou poškodit zdraví, výkonnost a/nebo pověst sportovce (pokud dojde k porušení dopingových pravidel). Rozhodnutí o suplementaci by mělo být založeno na kompletní nutriční anamnéze sportovce a informovaném rozhodovacím procesu každého sportovce (tzv. „decision tree guide“).

Konsenzuální zprávy IOC nejsou většinou publikovány odbornými periodiky. Proto není u všech dokumentů časopisecká reference. Výjimku tvoří konsenzuální zpráva ke sportovní výživě z r. 2010, která byla výsledkem konference pořádané IOC v Lausanne (Maughan & Shirreffs, 2011). V samostatném čísle *Journal of Sport Science* vydané v r. 2011 jako supplement 1, vol. 29, byly otištěny všechny plné příspěvky, ze kterých byly hlavní závěry zařazeny v konsenzuálním vydání. Dále byla publikována sdělení nově definující pojem RED-S (Mountjoy et al., 2014) a výsledky rešerše literatury a teoretických východisek pro praxi shrnuté do *Consensus statement on body composition health and performance in sport* (Ackland et al., 2012).

Dodnes patří některé práce IOC mezi nejcitovanější texty sportovní výživy. Nejčtenějším textem podle metrik časopisu je práce *Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling* (Jeukendrup, 2011). Právě tento dokument formálně ustanovil v současnosti platná doporučení v oblasti příjmu S. Revidovaná doporučení se týkala množství příjmu S během zatížení (~90 g/h), jejich forem (kombinovaný příjem monosacharidů) a načasování příjmu (konkrétní pravidla před, během i po zatížení). Právě tento text otevřel prostor pro v současnosti upřednostňovaný individualizovaný přístup v příjmu S.

Samostatný konsenzus k doplňkům stravy již není natolik konzervativní, jako je tvrzení z r. 2010, ve kterém byly doplňky stravy sportovcům prezentovány jako rizikové a nedoporučené prostředky sportovní výživy. Autoři si uvědomují výhody, které u vrcholových sportovců některé suplementy mají.

Není bez zajímavosti, že např. IAAF („*Nutrition for athletics: The 2007 IAAF Consensus Statement*“) nebo FIFA („*Nutrition for football*“) ve spolupráci s IOC vydaly svá upravená doporučení (Maughan, Burke, & Kirkendall, 2005; Burke, Maughan, & Shirreffs, 2007).

2.3 Mezinárodní společnost sportovní výživy

Mezinárodní společnost sportovní výživy byla založena v roce 2003 a od roku 2004 vydává vlastní odborný časopis (JISSN) se specifickým zaměřením na sportovní výživu. Vydávaná souborná sdělení ISSN na rozdíl od ACSM nebo IOC se zaměřují pouze na výživové aspekty sportu. Doporučení ISSN se orientují na silové sporty, příjem B a doplňky stravy. První souborný dokument o použití kreatinu ve sportu z r. 2007 patří mezi nejcitovanější práce JISSN s 95 citacemi na WoS (7/2018). V roce 2017 byla publikována čtyři nová souborná sdělení. Dokumenty ISSN patří dle metrik WoS a Scopus k nejvyhledávanějším a nejcitovanějším publikacím s významným dopadem na akademickou i širokou sportovní veřejnost. Podobně jako výstupy ACSM a IOC jsou také souborné texty ISSN veřejně přístupné na stránkách odborného časopisu JISSN⁵.

⁵ *International Society of Sports Nutrition position stands [webpage]. International Society of Sports Nutrition <https://www.biomedcentral.com/collections/issnosp> [cit. 17. 7. 2018]*

Tabulka 4 sumarizuje všechny vydané publikace se vztahem ke sportovní výživě.

Tab. 4 Konsenzuální dokumenty ISSN vydané v letech 2004–2018

Název	Reference	Zaměření práce
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: creatine supplementation and exercise“	Buford et al., 2007; Kreider et al., 2017	Shrnující stav teoretických poznatků v oblasti užívání, bezpečnosti suplementace kreatinem ve sportu; formulována jasná a praktická doporučení.
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise“	Campbell et al., 2007; Jäger et al., 2017	Shrnující stav teoretických poznatků v oblasti B a zejména jejich suplementace ve sportu s důrazem na silové disciplíny; formulována jasná a praktická doporučení rozdělená do 13 hlavních bodů.
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutrient timing“	Kerksick et al., 2008; Kerksick et al., 2017	Podrobný text přehledně vymezující aspekt příjmu makroživin před, během a po zatížení v podpoře regenerace, tréninkové adaptace a sportovního výkonu; formulována jasná a praktická doporučení rozdělená do 12 shrnujících bodů.
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: caffeine and performance“	Goldstein et al., 2010	Shrnující stav teoretických poznatků v oblasti užívání, bezpečnosti suplementace kofeinem ve sportu; formulována jasná a praktická doporučení.
„ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations“; „ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations“	Kerksick et al., 2018; Kreider et al., 2004, 2010	Teoreticky zaměřený dokument formátu review. Dokument primárně zaměřený na význam doplňků stravy v podpoře sportovního výkonu a růstu svalové hmoty a redukce TH. Revize v roce 2018 již neuvádí kategorii doplňků stravy podporující redukci hmotnosti. Neobsahuje praktická doporučení.
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: meal frequency“	Bounty et al., 2011	Vliv distribuce, frekvence a složení stravy na TH, tréninkovou adaptaci, výkonnost a aspekty zdraví. Práce není zaměřená na sportovce (trénovanou populaci).
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: energy drink“	Campbell et al., 2013	Teoretická analýza. Literární rešerše problematiky energetických nápojů a energetických shotů; práce popisuje jednotlivé složky nápojů a jejich efekt na sportovní výkon.
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB)“	Wilson et al., 2013	Shrnující stav teoretických poznatků v oblasti užívání, bezpečnosti suplementace HMB (beta-hydroxy-beta-metylbutyrát) ve sportu; formulována jasná a praktická doporučení.
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: Beta-Alanine“	Trexler et al., 2015	Shrnující stav teoretických poznatků v oblasti užívání, bezpečnosti suplementace beta-alaninu ve sportu; formulována jasná a praktická doporučení.
„International Society of Sports Nutrition Position Stand: diets and body composition“	Aragon et al., 2017	Kritická analýza literatury o účincích manipulace s poměrem makroživin, formátem stravování a jejich vlivu na složení těla.

Problematika doplňků stravy je jednou z hlavních oblastí, na kterou se ISSN zaměřuje (souborné práce na téma kreatinu, kofeinu, HMB, beta-alaninu). Souborná práce o kreatinu z r. 2007 např. uvádí bezpečnost dlouhodobé suplementace kreatinem až po dobu 5 let v množství 3 g denně. Doporučení konzumovat celoživotně 3 g kreatinu však může být vnímáno velmi kontroverzně, nakolik jde o složku přirozeně se vyskytující ve stravě (maso).

Dokument o kofeinu z r. 2010 ve svých závěrech uvádí řadu informací, které již dnes nejsou platné. Příkladem může být např. doporučené množství kofeinu 3–6 mg/kg. Podle novějších poznatků je stejného ergogenního efektu dosaženo podáním 1–3 mg/kg (Maughan et al., 2018a).

Nejnovější dokument „*ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations*“ z r. 2017 na 57 stranách s využitím 738 referencí rozděluje doplňky stravy podle účinnosti, vychází z jasně definované metodiky a kritérií založených na vědeckých důkazech. V práci je podrobně analyzováno přes 50 doplňků stravy kategorizovaných v oblastech podpory růstu svalové hmoty a podpoře výkonnosti. ISSN vymezuje tři úrovně účinnosti: A) pro které je dostatečné množství studií s konzistentními závěry podporujícími účinnost a současně jde o doplňky stravy bezpečné, B) doplňky stravy s nedostatečnou nebo nekonzistentní odbornou podporou a C) malá nebo neexistující odborná evidence. Podobná taxonomie doplňků stravy podle vědecky ověřené účinnosti je dlouhodobě využívána také Australským institutem sportu (zde jsou čtyři úrovně A–D)⁶.

Souborné konsenzuální dokumenty ACSM, IOC a ISSN patří mezi dostupné, komplexní a relevantní zdroje informací o sportovní výživě poskytující vědecky podložené závěry.

2.4 Analýza souborných prací „Nutrition and athletic performance“ z let 2000, 2009 a 2016

Z analýzy postavení sportovní výživy ve vědeckých databázích, z objektivních bibliometrických údajů vyplývá, že přehledová práce ACSM „*Nutrition and athletic performance*“ je dokumentem s největším vědeckým ohlasem v oblasti sportovní výživy (kapitola 1.3). Oprávněně můžeme tvrdit, že text má zásadní vědecký dopad. V následující kapitole budou analyzovány jeho tři verze publikované v letech 2000, 2009 a 2016. Výsledné obsahové rozdíly objektivně reprezentují vývoj poznání za posledních 20 let a identifikované změny v poslední verzi tvoří základní rámec celé práce.

Americká společnost sportovní medicíny v r. 2000 vydala první verzi, ve které se pokusila strukturovaně a uceleně shrnout stav tehdejších poznatků z oblasti sportovní výživy. Byl to první komplexní text svého druhu, který formuloval na základě teoretické analýzy odborné literatury (> 150 referencí) jasná doporučení. Dokument byl následně v letech

⁶ *Supplements classification [webpage]. Australian Institute of Sport. https://www.aisport.gov.au/ais/sports_nutrition/supplements/classification [cit. 10. 5. 2017]*

2009 a 2016 revidován a stal se jedním z odborných pilířů vědecké disciplíny sportovní výživy. Texty z let 2000 a 2009 se obsahově téměř neliší, s výjimkou detailně popsané metodiky v r. 2009, na základě které byly strukturovaně (tematicky) formulovány závěry. Výrazné obsahové změny v textu z roku 2016 prokazují, jak se poznání v oblasti sportovní výživy rozšiřuje.

Strukturální rozdíly

Dokumenty z let 2000 a 2009 jsou strukturované podobně jako učebnice sportovní výživy. Jsou rozděleny do oblastí, které zahrnují energetickou potřebu sportovce, antropometrické ukazatele, význam S, tuků a B v denní výživě sportovce. Dále se věnují úloze vitamínů a minerálních látek, hydrataci sportovce, popisují výživové potřeby sportovce před, během a po zatížení s důrazem na výkon sportovce. Všechny texty se stručně věnují rovněž alternativním směrům výživy u sportovců a rizikům, která z nich pro sportovce vyplývají.

Dokument z r. 2016 je důkazem výrazného posunu ve vnímání sportovní výživy jako vědní disciplíny. Struktura textu nemá „učebnicový“ formát. Text více respektuje variabilitu sportovního tréninku a s důrazem na charakter, délku trvání a intenzitu zátěže modifikuje doporučení. Hlavními rozdílovými tématy je oddělení tréninkového a soutěžního pohledu na výživu sportovce (např. rozdílné metabolické nároky zatížení), výživa v podpoře regenerace a výkonu (např. principy periodizované výživy). Práce v 11 bodech formuluje nové perspektivy sportovní výživy, které ve srovnání s předchozími verzemi dokumentu identifikují zcela nové, v předchozích verzích nepopsané pohledy na sportovní výživu.

Obsahová shoda

- V pohledu na manipulaci s TH sportovce. Všechny tři dokumenty zdůrazňují, že tělesná kompozice a TH jsou individuální záležitostí sportovce a sportovní disciplíny. Záleží na celé řadě faktorů, které je nutné při posuzování změn TH anebo tělesného složení zohlednit. Interpretaci je třeba uvažovat s ohledem na specifika sportovní disciplíny, cíle sportovce, fáze ročního tréninkového cyklu, nebo např. zvolenou metodiku a standardizaci měření. Jakákoliv snaha manipulovat s TH anebo s podílem tukové tkáně by měla být směřována mimo soutěžní či závodní období sportovce.
- V souvislosti s příjmem tuků se všechny dokumenty zaměřují na minimální denní podíl tuku na energetickém příjmu ($\geq 20\%$), a to zejména pro zvýšené riziko nedostatečného přísunu esenciálních mastných kyselin a vitamínů. Všechny tři verze dokumentu konstatují, že pro vysokotukové-nízkosacharidové formy stravování (LCHF, z angl. *low carbohydrate high fat*) neexistují v odborné literatuře důkazy prokazující vliv na výkon a sportovcům není doporučována.
- Potřeba vitamínů a minerálních látek je dlouhodobě vnímána velmi konzervativně. V závěrech se nemění tvrzení o tom, že naplňovat příjem všech mikroživin je možné

v případě, že energetický příjem sportovce není dlouhodobě nízký, vyhýbá se dietám a konzumuje všechny potravinové skupiny.

Zcela nové nebo revidované informace vyplývající z dokumentu (2016)

Za nové anebo revidované informace je považována číselná úprava, nebo doplnění konkrétních nutričních doporučení, nebo nově formulované pojmy (s uvedením definice) či tematické zaměření (popsaný nový tréninkový/výživový koncept). Každé identifikované oblasti se věnuje podrobně jedna kapitola ve druhé části knihy.

1. **Energetická potřeba.** Zatímco texty z let 2009 pouze zdůrazňují úlohu dostatečného energetického příjmu nutného pro udržení a podporu tréninkového a závodního zatížení, v roce 2016 se v textu výraz „nízký energetický příjem“ nahrazuje termínem „nízká energetická dostupnost“ se zcela odlišným významem. Energetická bilance je obtížně měřitelná, zvláště u sportovců s vysokým denním energetickým obrátem. Koncept energetické dostupnosti dovoluje pomocí objektivních nástrojů *klasifikovat* energetický příjem sportovce s ohledem na tréninkový/závodní energetický výdej nezávisle na energetické bilanci (blíže v kapitole 3).
2. Více prostoru je věnováno optimální **synchronizaci výživy s tréninkovým a závodním programem sportovce** (periodizace výživy). Např. velmi podobné nutriční strategie (manipulující s dostupností S) mohou sportovci usnadnit a urychlit jeho regeneraci (vysoká dostupnost S), ale také mohou být využity v podpoře tréninkové adaptace (nízká dostupnost S). Odpadá paušální snaha o superkompenzaci glykogenu před vytrvalostní soutěží a je zdůrazněna především snaha o maximální exogenní dostupnost S s ohledem na sportovní disciplínu a cíle sportovce (blíže v kapitole 8).
3. Rok 2016 výrazně mění pohled na **význam S** pro sportovce. Zatímco do roku 2009 se opakovaně uváděla doporučení denního příjmu S pro sportovce v rozmezí 6–10 g/kg, nejnovější dokument doporučení rozšiřuje na 3–12 g/kg. Vysvětlení pro tak vysokou variabilitu v denním příjmu sportovce hledejme v obrovské diverzitě sportu, který se liší svým charakterem (intenzita, délka trvání, cíle tréninkové jednotky, tréninkový cyklus atd.). Důležité je individualizovat příjem S nejen v rámci tréninkového makrocycly, ale rovněž v rámci kratších tréninkových období tak, aby byl v souladu s aktuálními energetickými požadavky sportovce, tréninkovými (adaptace) a výkonnostními cíli, popř. snahou sportovce manipulovat s TH (blíže v kapitolách 4 a 5).
4. Bílkoviny jsou vnímány jako nezbytná živina pro vytrvalostně i silově trénující sportovce. **Nově je popsána úloha B** v podpoře regenerace nejen svalové tkáně, ale také glykogenu, a to v konkrétních dávkách a s konkrétním načasováním. Příjem B by měl být sportovcem vedle plnění denního množství korigován **s ohledem na distribuci příjmu B během dne, množství přijímané v jednorázových dávkách a především v návaznosti na trénink**. Tímto se dokument z roku 2016 liší od těch předchozích (blíže v kapitole 6).

-
5. Zatímco dokument z roku 2000 pouze stručně konstatuje, jaké vlastnosti by měla mít strava před zatížením a jaký je její cíl, pozdější texty a zejména ten poslední výrazně rozšiřují informace o **aspekty načasování příjmu, množství živin, kombinaci živin a individualizaci** (doporučení jsou vyjádřena relativně k TH sportovce) (blíže v kapitolách 4 a 6).
 6. Dochází k **rozšíření doporučení pro konzumaci S v akutní podpoře výkonu anebo regenerace po zatížení**. Aktualizovaná doporučení přesněji rozlišují úlohu podávaných S v podpoře sportovního výkonu zejména podle délky zatížení. Energetická role S (metabolický pohled) dominantně uvažovaná v dřívějších doporučeních je na základě nejnovějších poznatků doplněná o roli centrální (podpora výkonu u kratších intenzivních výkonů < 60 minut nezávislá na oxidaci podaných S). Dále u vytrvalostních výkonů s délkou trvání > 2,5 h jsou doporučení horního příjmu S zvýšena z 60 na 90 g/h (blíže v kapitole 4).

Přestože je v dokumentu z r. 2016 (proti předchozím verzím) zdůrazněno individualizovat praktiky příjmu tekutin během zatížení, není podrobněji specifikováno, co příjem tekutin „individualizovat“ znamená. Z uvedeného důvodu je téma hydratace zařazeno, neboť přístup sportovců založený a) na monitorování změn ukazatelů hydratace (hmotnost, ukazatele moči) anebo b) na autonomním modelu příjmu (příjem regulovaný pocitem žízně) je v současné literatuře podroben rozsáhlé diskusi (blíže v kapitole 7). Změny v pohledu na příjem tekutin během zatížení jsou ACSM interpretovány velmi opatrně a doporučení eliminovat dehydrataci indukovanou zatížením zůstává nezměněna. Ovšem ještě do roku 2009 ACSM uvádí, že sportovec by se měl snažit příjmem tekutin kompenzovat ztráty. V roce 2016 je již dokument více tolerantní a sportovec by měl svým *individualizovaným* plánem příjmu tekutin kontrolovat míru dehydratace, která nebude mít negativní dopad na výkon.

Tabulka 5 shrnuje nové informace a rozšířená doporučení pro sportovce. Srovnáním tří dokumentů je možné doložit změny v základních oblastech sportovní výživy (energetická potřeba, potřeba makroživin, hydratace).

Z analýzy prací z let 2000–2016 vyplývá šest hlavních průřezových témat (makrooblastí). V rámci průřezových témat jsou identifikovány nové poznatky, které byly publikovány pouze v poslední verzi dokumentu v r. 2016. Na základě těchto poznatků je možné objektivně hovořit o revizi stávajících doporučení a nových výživových postupech ve sportu. **Nejzásadnější změnou je ale orientace na záměrné a strategické periodizování (manipulace) příjmu živin v přímé návaznosti na tréninkové zatížení a využití v podpoře závodního/soutěžního výkonu.**

Tab. 5 Analýza prací ACSM „Nutrition and athletic performance“ z let 2000, 2009 a 2016

Průřezová témata	Nově identifikované poznatky	Nová/revidovaná doporučení/nutriční strategie
Energetická potřeba	Energetická dostupnost (ED)	↑ zdravotní rizika a ↓ výkonnosti při ED ≤ 30 kcal/kg/FFM
	Relativní energetická nedostatečnost ve sportu (RED-S)	„Ženská atletická triáda“ revidována komplexnějším termínem – RED-S zohledňujícím i mužské sportovce
Dostupnost sacharidů ve sportovní výživě	↑ rozptyl denního příjmu S podle specifík sportovního odvětví	Denní příjem 3–12 g S/kg
	Ergogenní efekt S s centrálním mechanismem účinku při krátkém kontaktu S s ústy (výplach úst „mouth rinse“)	„Výplach úst“ roztokem S v průběhu ~ 45–60 min submax. zatížení (kontakt po dobu 10 s každých 5–10 minut)
	Kombinovaný příjem glukózy, fruktózy a sacharózy zvyšuje prostřednictvím účinnější intestinální absorpce exogenní zátěžovou oxidaci S z 1 g/min (v případě izoenergetického podání jedné složky S) na 1,5–1,7 g/min	↑ příjem S během intenzivního souvislého vytrvalostního zatížení > 2,5 h (metabolický mechanismus účinku) na 60–90 g/h, ergogenní potenciál
	Několikatýdenní manipulace s dostupností S v tréninku (↓ hladina glykogenu, ↓ příjem S) zesiluje adaptační reakce organismu	Strategický a záměrně redukováný tréninkový příjem S anebo hladina glykogenu – formulování konceptů „train-low, compete-high“ a „sleep low“
Význam bílkovin	Distribuce příjmu B a jednorázové množství B v návaznosti na tréninkové zatížení optimálně stimulují syntézu svalových B	Denní příjem v rozmezí 1,2–2,0 g/kg by měl být distribuován v 4–5 dávkách s jednorázovým množstvím 0,3–0,4 g/kg
Tréninková a závodní/soutěžní výživa sportovce	Řízená interakce výživy a zatížení – variabilita závodního a tréninkového zatížení determinuje uplatňování nutričních postupů sportovce (periodizace výživy, nutriční trénink)	Manipulace s dostupností a optimálním načasováním příjmu živin (B, S, AK) pro trénink v různých fázích ročního tréninkového cyklu za účelem maximalizace adaptace (metabolické, morfologické, biochemické) = nutriční trénink; snahou je eliminovat faktory vedoucí k poklesu výkonu během závodního zatížení (např. GIT obtíže)
Periodizovaná výživa	Přizpůsobení množství, složení potravin a tekutin a načasování příjmu specifických živin individuálním nutričním preferencím, nutričnímu stavu, reakci a cílům sportovce	Individualizovaný plán příjmu B, S, tekutin, sodíku a ergogenních látek (manipulace s poměrem makroživin s ohledem na nutriční preference sportovce)
Příjem tekutin	Důraz na individualizovaný příjem tekutin během zatížení	Uplatňování dvou odlišných strategií příjmu tekutin během zatížení, autonomní vs. preskribovaný příjem tekutin

Vysvětlivky: AK, aminokyseliny; FFM, z angl. fat free mass, beztuková tělesná hmota; GIT, gastrointestinální trakt.

Pro význam posledního vydání „*Nutrition and athletic performance*“ z r. 2016 svědčí komentář prof. Burkeové (2017a). Autorka v reflexi nových (rozdílových) témat, která se v textu podobného významu poprvé objevila, poukazuje na výraznou proměnu sportovní výživy. Práce ACSM zdůrazňuje implementaci nových poznatků do praxe sportovců, protože právě nové tréninkové strategie patří mezi potenciální prostředky podpory výkonu.

2.5 Shrnutí

Důležitým kritériem hodnocení každé vědecké práce je metodologie. Metody standardizace výživových zvyklostí před a v průběhu výzkumu jsou kriticky důležité při interpretaci závěrů studií, srovnávání výsledků jednotlivých výzkumů nebo při statistické syntéze výsledků studií příbuzných (tzv. metaanalytický postup) (Jeacocke & Burke, 2010; Magkos & Yannakoulia, 2003). Kapitola 2 uceleně shrnula dosud publikované přehledové práce ACSM, ISSN a IOC, které mají vysoký odborný a edukační význam. Všechny publikace při syntéze poznatků postupovaly s vědomím důležitosti metodologie vědecké práce a zejména texty ACSM a ISSN obsahují jasný popis použité metodiky.

Analýza dokumentu „*Nutrition and athletic performance*“ z r. 2016 ukázala, v čem se recentní poznání oproti dřívějším souborným textům odlišují a kam sportovní výživa směřuje. Druhá část knihy identifikované oblasti současného odborného zájmu detailně rozebere (kapitoly 3–7).

2. ČÁST

Druhá část práce popisuje nově identifikované odborné poznatky v oblasti sportovní výživy. Je rozdělena do pěti kapitol se zaměřením na energetickou potřebu sportovců, nové role S, B a hydrataci.

3 Energetická potřeba sportovců – nové pohledy

Energetická bilance je klasický koncept posuzující vztah mezi přijatou a vydanou energií. Sportovci upravují příjem i poměr přijatých makroživin (energie) v různých obdobích ročního tréninkového cyklu podle tréninkových a výkonnostních cílů. Obvykle jde o snahu prostřednictvím zvýšeného/sníženého energetického příjmu manipulovat s TH anebo tělesným složením za účelem dosažení optimální výkonnosti.

Obrovská interindividuální (různá sportovní odvětví) a intraindividuální (fluktuační v tréninkovém objemu) variabilita v tréninkovém a závodním zatížení koresponduje s rozdíly v energetickém výdeji, energetickém příjmu a tělesné kompozici sportovců. To zvyšuje nutnost periodizovat sportovní výživu a přizpůsobit ji aktuální tréninkové zátěži a energetickým a tělesným cílům (Heydenreich, Kayser, Schutz, & Melzer, 2017).

Primárním cílem sportovce proto nemůže být udržování vyrovnané energetické bilance (Loucks, 2004). Vysoký a variabilní denní energetický výdej zejména vrcholových sportovců a odpovídající energetický příjem (daný specifickými sportovními cíli) je nově posuzován pomocí tzv. energetické dostupnosti (ED) („*energy availability*“).

3.1 Energetická dostupnost

Energetická dostupnost je množství energie, která organismu sportovce zbývá, odečteme-li tréninkový a/nebo závodem indukovaný energetický výdej od denního energetického příjmu (Loucks, Kiens, & Wright, 2011). Výsledná ED může být vyjádřena v kcal nebo kJ a je vztažena na beztukovou tělesnou hmotnost (FFM) sportovce:

$$ED \text{ (kcal/kg FFM)} = \text{energetický příjem za den (kcal)} - \text{energie vydaná na tréninkovou a/nebo soutěžní (závodní) pohybovou aktivitu za jeden den (kcal)}/\text{FFM(kg)}$$

Energetická dostupnost je chápána jako energie, kterou organismus disponuje k energetickému pokrytí elementárních fyziologických procesů (termoregulace, růst, reprodukce, buněčná biosyntéza, imunitní děje) a všech zbývajících habituálních netréninkových aktivit. Změny v ED jsou nejčastěji odrazem záměrné a/nebo neodborné manipulace s energetickým příjmem (např. přísná a/nebo opakovaná energetická restrikce)

a energetickým výdejem (např. zvýšení tréninkového objemu), nebo kombinací obou faktorů. V oficiálních doporučeních IOC je termín ED poprvé použit v r. 2010 („*IOC consensus statement on sports nutrition 2010*“, 2011).

Podle současných poznatků dlouhodobě nízká ED negativně ovlivňuje výkonnost sportovce, potlačuje jeho regenerační schopnosti, snižuje obranyschopnost a ovlivňuje správný vývoj a růst sportujících dětí a adolescentů. Za nízkou ED je považována hranice 30 kcal/kg FFM/den. Neuroendokrinní regulační mechanismy udržující homeostázu vnitřního prostředí selhávají po pěti dnech a $ED < 30$ kcal/kg FFM. Výsledkem je zvýšená ketogeneze, lipolýza, jaterní glukoneogeneze a proteolýza zabezpečující alternativní energetické substráty (Maughan, 2014, s. 76–79). Optimální ED u žen je ~ 45 kcal/kg/FFM/den (Ackerman et al., 2018). U mužů je pravděpodobně nižší, 40 kcal/kg/FFM (Koehler et al., 2016). Reakcí organismu na dlouhodobě nízkou ED je suprese klidového energetického výdeje (KEV). Významnou determinantou KEV je podíl FFM na TH sportovce. Beztuková tělesná hmotnost proto sehrává významnou roli v kalkulaci ED (Loucks, Kiens, & Wright, 2011).

Limitující aspekty kalkulace ED

Ze studií využívajících metodu záznamu výživových zvyklostí vyplývá, že sportovci podhodnocují energetický příjem až do výše 10–45 % celkového denního energetického výdeje (Magkos & Yannakoulia, 2003). Jde o typický metodologický limit přesného hodnocení energetické bilance, kterým se obvykle vysvětluje mnohdy extrémní denní energetický deficit sportovců ($> 1\,500$ – $2\,000$ kcal) (Heydenreich et al., 2017).

Dalším limitujícím faktorem použití konceptu ED je výpočet energetického výdeje při konkrétní pohybové aktivitě. Existuje řada způsobů, jak energetický výdej odhadnout či změřit, jejich přesnost je rozporuplná. Všechny výpočty klidového energetického výdeje a následné predikce např. celkového denního energetického výdeje, a to i za pomoci nejpřesnějších metod, nebudou nikdy dokonalé (Johnstone, Murison, Duncan, Rance, & Speakman, 2005). Přestože existují rozsáhlé databáze energetických nároků různých aktivit (Ainsworth, Haskell, Herrmann, Meckes, Bassett, Tudor-Locke, Greer, Vezina, Whitt-Glover, & Leon, 2011) a v experimentální praxi jsou využívány např. metody s využitím „*dvojitě značené vody*“ (Trappe, Gastaldelli, Jozsi, Troup, & Wolfe, 1997), odhady energetických nároků v průběhu nově rozšířených sportovních aktivit, ve kterých dominuje intermitentní typ zatížení (CrossFit, Spartan Race), chybí (Schubert & Palumbo, 2018).

V současné době neexistuje jednotný postup při odhadu energetického výdeje pro účely kalkulace ED. Chceme-li znát energetický výdej během těchto aktivit, musíme se spolehnout na odhad energetického výdeje získaný např. měřiči tepové frekvence. Jejich přesnost se ukazuje být dostatečná u kontinuálního běžeckého zatížení submaximální intenzity (Parak, Uuskoski, Machek, & Korhonen, 2017), nikoliv však při cyklistice nebo tréninku se střídavou intenzitou (silový trénink) (Boudreaux et al., 2018).

Z uvedených limitů hodnocení ED vyplývá, že přestože nízká ED je obvyklejší u žen než u mužů, informace o prevalenci nízké ED mohou být nepřesné a jde stále o odhady (Burke, Lundy, Fahrenholtz, & Melin, 2018c).

IOC ve svých praktických doporučeních sportovcům navrhuje kalkulovat ED z údajů *průměrného* energetického výdeje při pohybovém zatížení ve sledovaném období (například mikrocycklus jednoho týdne), a tomu odpovídajícího *průměrného* denního energetického příjmu za stejné období. Tento postup respektuje vysokou diurnální variabilitu. Příklad využití ED nalezneme v příloze 1.

Dotazník nízké energetické dostupnosti (LEAF-Q)

V důsledku snahy o kontrolu TH jsou jednou z hlavních příčin nízké ED u sportovců narušené stravovací zvyklosti (angl. „*disordered eating*“). Abnormální a zdraví ovlivňující nutriční chování za účelem snížení TH a/nebo udržení nižší než ideální hmotnosti. Jejich detekce a odhalení v praxi není jednoduché a pro rozsah proměnných (časté změny hmotnosti, zaujetí hmotností a vzhledem, dietování, binge eating, zvracení, zneužívání diuretik, abúzus doplňků stravy k redukci hmotnosti) svědčících pro narušené stravovací zvyklosti vyžaduje odbornou expertizu.

Existuje řada validovaných dotazníkových nástrojů umožňujících detekovat anebo vyloučit přítomnost narušených stravovacích zvyklostí anebo závažnějšího klinického stavu, poruch příjmu potravy (angl. „*eating disorders*“) u běžné („*eating disorder examination questionnaire*“) i sportující ženské populace („*female athlete screening tool*“, „*brief eating disorder athlete questionnaire*“) (Martinsen, Holme, Pensgaard, Torstveit, & Sundgot-Borgen, 2014; Melin et al., 2014). Prevalence narušených stravovacích zvyklostí (v některých sportovních disciplínách i více než 3/4 sportovců) je vyšší u žen než u mužů a je založena spíše na odhadech než validních datech. Příčinou je diagnostický problém, personální kompetence ke správné diagnostice – trenér, lékař, rodina, škola, ale také metodický aspekt (Loucks et al., 2011).

Až do r. 2014 neexistoval žádný validovaný nástroj identifikující nízkou energetickou dostupnost bez nutnosti její kalkulace. V r. 2014 byl vytvořen „*Low Energy Availability in Females Questionnaire*“ (LEAF-Q) a dnes patří mezi nejvyužívanější dotazníky konstruované na základě energetické dostupnosti (Melin et al., 2014). Dotazník obsahuje 25 položek, s otázkami kategorizovanými do oblastí sportovních zranění, gastrointestinálních a menstruačních funkcí. Byl validován na souboru 84 sportovkyň (18–39 let) trénujících > 5× týdně a s vysokou mírou senzitivity (78 %) a specificity (90 %) a dovoluje správně odhadnout ED, menstruační dysfunkce a úroveň kostní denzity (Melin et al., 2014). Mutace LEAF-Q pro muže se v současnosti připravuje (Mountjoy et al., 2018).

Dotazník LEAF-Q se stal využívaným spolehlivým diagnostickým nástrojem identifikace rizik vyplývajících z nízké energetické dostupnosti zejména u vytrvalostních sportovců (Melin et al., 2015; Heikura et al., 2018) a koordinačně estetických sportů (Staal, Sjödin, Fahrenholtz, Bonnesen, & Melin, 2018; Robertson & Mountjoy, 2018). V praxi se ukazuje být využití dotazníku velmi slibné. Výsledky získané z LEAF-Q dotazníku korespondují s objektivními změnami menstruačních funkcí, koncentrací regulačních hormonů v krvi (T3, pohlavní hormony), přítomností zranění (únavové zlomeniny), denzitou kostní tkáně a energetickým příjmem. LEAF-Q tak může nahradit časově náročnější a k chybě náchylnější nutriční a tréninkovou analýzu nezbytnou ke kalkulaci energetické dostupnosti (Heikura et al., 2018).

Nejen vrcholoví sportovci, ale také ti rekreační mohou kalkulaci ED využít při diagnostice své přípravy. Přestože objem a intenzita jejich tréninku nejsou srovnatelné s vrcholovými sportovci, Vanata a Steed (2013) ve výsledcích své studie, která zahrnovala 142 sportovkyň, uvádějí, že 63 % záměrně manipuluje s energetickým příjmem za účelem redukce hmotnosti, 27 % prodělalo únavovou zlomeninu a 30 % trpí sekundární amenoreou (> 3 měsíce vynechání menstruačního cyklu). Z dostupné literatury vyplývá, že handicapovaní sportovci rovněž vykazují rizikové faktory nízké energetické dostupnosti. Prevalence odchylek zahrnutých do obrazu ženské sportovní triády u paralympijských sportovců není známa (Blauwet et al., 2017).

3.2 Relativní energetická nedostatečnost ve sportu

Koncept ED ve sportu byl primárně vyvinut na základě studia tzv. ženské sportovní triády. Syndrom ženské sportovní triády se podle dřívějších definic z r. 1997 a 2005 manifestoval poruchami příjmu potravy, amenoreou a osteoporózou (Nattiv et al., 2007). V současnosti je syndrom definován jako kombinace poruchy menstruačního cyklu, nízké kostní denzity (BMD) a nízké ED (Barrack, Ackerman, & Gibbs, 2013).

Definice sportovní triády (vzájemný vztah tří faktorů) ignoruje mnohem komplexnější dopady nízké ED na organismus sportovce, které jsou v současnosti popsány. Sportovní triáda ve své podstatě zahrnuje pouze ženské sportovce, přestože nízká energetická dostupnost a z ní vyplývající negativa postihují také mužské sportovce (Tenforde, Barrack, Nattiv, & Fredericson, 2016; Slater, Brown, McLay-Cooke, & Black, 2017). Proto IOC ve svém recentním konsenzuálním vyjádření navrhuje termín sportovní triády revidovat a přichází s novým konceptem, tzv. **relativní energetickou nedostatečností ve sportu** (RED-S; v angl. *relative energy deficiency in sport*) (Mountjoy et al., 2014, 2018). Nový model RED-S však otevírá v odborné literatuře kontroverzní diskusi nad existencí ženské sportovní triády (Marcason, 2016). Zatímco IOC ženskou sportovní triádu „schovala“ pod RED-S, původní autoři ženské sportovní triády tento krok kritizují a RED-S odmítají (De Souza et al., 2014).

Výkonnostní a zdravotní dopady syndromu RED-S

V čase geneze ženské sportovní triády v r. 1997 se o dopadech nízké ED „nevědělo“. Nyní je kauzalita mezi ED a dílčími složkami sportovní triády zdokumentována a základní etiopatogenetickou složkou syndromu RED-S zůstává stejně jako v případě ženské sportovní triády nízká ED.

Nízká ED se manifestuje i v situaci vyrovnané energetické bilance. V důsledku suprese klidového energetického výdeje (kompenzační reakce organismu na dlouhodobý deficit energie např. v případě energeticky restriktivní diety) dochází k nastolení nové (nižší) úrovně celkového denního energetického výdeje, ovšem při nezměněném tréninkovém energetickém výdeji (Staal et al., 2018). Vzniklý relativní energetický deficit v bilanci mezi příjmem energie a zátěžovým energetickým výdejem prokazatelně narušuje zdraví a výkonnost sportovců.

Komplexní obraz RED-S uvádí tab. 6.

Tab. 6 Výkonnostní a zdravotní dopady syndromu RED-S a vybraná diagnostická kritéria

Zdravotní	<ul style="list-style-type: none">• imunologické• menstruační• ortopedické (denista kostní tkáně)• endokrinní• metabolické• hematologické• růst a vývoj• psychologické (podrážděnost, deprese)• kardiovaskulární• gastrointestinální• muskuloskeletální (zvýšené riziko zranění)
Výkonové	<ul style="list-style-type: none">• snížení vytrvalostních schopností• redukce glykogenových rezerv• pokles svalové síly• zhoršená adaptabilita (reakce na trénink)• snížená reakční schopnost, koordinace a koncentrace
Vybraná kritéria a příklady diagnostických nástrojů	<ul style="list-style-type: none">• rozhodující kritérium: nízká ED (< 30 kcal/kg FFM), kalkulace rovnicí nebo využití dotazníku LEAF-Q• diagnostika narušených stravovacích zvyklostí a poruch příjmu potravy (využití dotazníků)• menstruační dysfunkce (primární amenorea – první menstruace po 15. roku věku, nebo sekundární amenorea – ≥ tři měsíce vynechání menstruace nebo oligomenorea – prodloužení menstruační periody > 35 dní)• historie anebo přítomnost únavové zlomeniny• častá infekční onemocnění• BMI < 17,5• prudký pokles hmotnosti (↓ o 10 % za měsíc)• laboratorní vyšetření (lačná glykémie < 4 mmol/l, feritin < 25 uq/l, vit. D, T3 < 3,5 pmol/l, LDL > 3,0 mmol/l)• poměr změřené a predikované hodnoty KEV < 0,9• KEV < 29 kcal/kg/FFM• denzita kostní tkáně – T-skóre > – 1,0 g/cm²

Konsenzuální vyjádření IOC z r. 2014 přehledně popisuje diagnostická kritéria RED-S, doporučené postupy v prevenci a nápravě RED-S. Přestože odhadovaná prevalence nízké ED je u žen vyšší než u mužů, rozsah a délka trvání nízké ED u mužů vedoucí k rozvoji RED-S zůstává předmětem výzkumů. Typickým příkladem dopadu nízké ED na organismus sportovců-mužů jsou endokrinní poruchy regulačních hormonů (IGF-1, inzulin, somatotropin, tyreoidální hormony, kortizol a další) nebo potlačená svalová proteosyntéza (MPS, z angl. *muscle protein synthesis*) (Fagerberg, 2018).

Ackerman et al. (2018) na souboru 1 000 žen (15–30 let) dokumentuje komplexitu negativních konsekvencí nízké ED. Potvrzen byl příčinný vztah nízké ED a menstruačních dysfunkcí, špatného stavu kostí a metabolických problémů. Nízká ED dále souvisí se zvýšeným zdravotním rizikem (3× vyšší pravděpodobnost poruch metabolismu, 2,4× vyšší pravděpodobnost psychických poruch, 1,5× vyšší pravděpodobnost GIT obtíží) a výkonnostními ukazateli (zhoršená regenerace, zhoršená koordinace, snížená vytrvalost). Nízká ED je provázána s komplexem zdravotních a výkonnostních potíží zařazených do modelu RED-S. Dalším zajímavým zjištěním bylo, že průměrné BMI žen bylo na ED nezávislé. Jedinci s nízkou ED měli dokonce BMI mírně vyšší. Odhadnout přítomnost syndromu RED-S (popř. sportovní triády) pouze na základě hodnocení změn TH je proto obtížné. Podobné závěry uvádí Fagerberg (2018) u mužských kulturistů.

Diagnostika RED-S

K hodnocení výživového stavu zejména v praxi vrcholových sportovců by mělo sloužit plánované a strategické zařazení analýzy biomarkerů z krve nebo moči, ale podle některých také identifikace individuálních genetikou podmíněných odlišností v reakci na látky přijímané v potravě (Lee et al., 2017). Biomarkery by měly být monitorovány systematicky, a ne izolovaně, jednorázově a bez konceptu. Důležité pro správnou interpretaci výsledků analýzy biomarkerů je jejich přímá vazba na fázi ročního tréninkového cyklu sportovce (RTC) (např. před přípravným obdobím a na jeho konci, v závodním období před a po tréninkové jednotce, anebo před/po soutěži) a volba dostatečně senzitivních biomarkerů (Lee et al., 2017). Existují např. insuficience Fe zodpovědné za svalovou únavu a snížení aerobní kapacity, u kterých není manifestována anémie, a koncentrace hemoglobinu se nacházejí v referenčním rozmezí. U sportovců se odhaduje výskyt subklinické deficience Fe až ve 25–50 % (Lee & Nieman, 2012). Součástí zdravotnického týmu pečujícího o sportovce rekreační i vrcholové by proto měl být také nutriční terapeut schopný odhalit insuficience mikroživin (Hvorecká, 2017).

V r. 2015 byl podle tzv. „Return to play“ modelu (Creighton, Shrier, Shultz, Meeuwisse, & Matheson, 2010) vytvořen **klinický diagnostický postup, tzv. RED-S CAT™** asistující sportovním lékařům při identifikaci symptomů RED-S (Mountjoy, Sundgot-Borgen, Burke, Carter, Constantini, Lebrun, Meyer, Sherman, Steffen, Budgett, & Ljungqvist et al., 2015a).

Sportovci jsou na základě klinického hodnocení klasifikováni podle míry rizika do tří skupin:

- červená s vysokým rizikem – dočasné přerušení sportovního tréninku,
- žlutá s mírným rizikem – úprava tréninkové zátěže snížením intenzity anebo redukcí počtu tréninkových jednotek (TJ) a monitoring sportovce,
- zelená – plná sportovní příprava bez omezení.

Sportovci identifikovaní v červené nebo žluté kategorii by měli podstoupit lékařské vyšetření (identifikace poruch příjmu potravy, změny tělesné kompozice, hormonální profil, kostní denzita...).

Nástroj RED-S CAT™ je možné využít např. v rámci periodických lékařských prohlídek sportovců. Výhodou je jednoduchost a implementace do reálného prostředí sportovce. IOC doporučují, aby diagnostický postup RED-S CAT™ byl začleněn do edukativních programů přístupů v oblasti výživy, neboť nabízejí příležitost pro sportovce a trenéry pochopit širokou škálu otázek souvisejících s optimální stravovací praxí. Podobný diagnostický postup je již v klinické praxi sportovních lékařů využíván u sportovců s komočí mozku (Downey, Hutchison, & Comper, 2018).

Diagnostika RED-S je založena na klinickém a laboratorním hodnocení stavu sportovce. Měla by proto být prováděna sportovním lékařem. Např. k hodnocení denzity kostní tkáň, která je jednou z klíčových složek nízké ED a součástí identifikace ženské sportovní triády, resp. RED-S, je třeba indikace lékařem. Je otázka, zda by na základě RED-S CAT™ nebylo vhodné u vrcholových sportovců (koordinčně estetických sportů, vytrvalostních disciplín) zařadit v rámci periodických sportovních lékařských prohlídek rutinní vyšetření celotělovou denzitometrií (DEXA). Náprava poruch syndromu RED-S vyžaduje nutriční a lékařskou intervenci. Důležitou prevencí rozvoje RED-S a dlouhodobých konsekvencí je včasný záchyt narušených stravovacích zvyklostí širokým okolím sportovce (sportovci, trenér, rodina, sportovní lékař). Česká společnost tělovýchovného lékařství (ČSTL) na svých webových stránkách informuje o revizi sportovní triády a vzniku RED-S¹.

Bez systémového zařazení RED-S CAT™ do ročních zdravotních prohlídek sportovců a intenzivnější komunikace problematiky se sportovními lékaři bude však nástroj v praxi jen stěží využíván.

3.3 Shrnutí

Koncept ED je spojovacím prvkem řady negativních zdravotních a výkonových dopadů, které můžeme pozorovat mezi mužskými i ženskými sportovci. Hlavní příčinou je restriktivní energetický příjem, nadměrný trénink anebo kombinace obou faktorů.

¹ Česká společnost tělovýchovného lékařství, další zdroje.
[webpage] <http://www.cstl.cz/odborne/dalsi-zdroje/> [cit. 31. 8. 2018]

Riziko nízké ED je zvýšené mezi vytrvalostními sporty, koordinačně estetickými nebo úpolovými sporty. Rozsah ED a délka trvání nízké ED se velmi liší. Mezi rizikové faktory patří snaha opakovaně měnit cílovou TH a tělesné složení či vysoký energetický výdej v některých fázích tréninkového cyklu. Svou roli však sehrávají také faktory edukace sportovce při výběru a volbě potravin nebo dostupné finanční prostředky na sportovní výživu. Jednotlivé úrovně ED poskytují objektivní údaje o závažnosti nízkého energetického příjmu a vyplývajících rizicích pro sportovce a slouží jako pomůcka vědecky podloženého monitorování tréninkového období. Limitujícím aspektem využití ED je odhad energetického výdeje a energetického příjmu jako klíčových složek kalkulace ED. Existují značné interindividuální rozdíly a aktuálně kalkulovaná hodnota ED nemusí vypovídat o rizikovém stavu, protože nemusí reprezentovat dlouhodobé praktiky sportovců. Důležité je proto vnímat ED v kontextu diurnální variability v energetické bilanci sportovců (Burke & Lundy et al., 2018c). Významným limitem je absence výzkumných dat o prevalenci, dopadech a hraničních hodnotách ED u mužů (Tenforde et al., 2016).

Nízká ED je klíčový etiologický faktor nově formulovaného syndromu RED-S (Burke & Close et al., 2018a). Relativní energetickou nedostatečností ve sportu jsou komplexně vyjádřeny negativní fyziologické dopady a komplikace pozorované u mužských a ženských sportovců, jejichž energetický příjem nedostatečně pokrývá funkční potřeby organismu poté, co je odečten tréninkový energetický výdej. Nízká ED je obvykle nechtěným důsledkem neschopnosti kompenzovat vysoký energetický výdej doprovázející náročný trénink sportovce nebo důsledkem patologického výživového chování anebo přílišné sebekontroly TH a záměrné snahy ji snižovat. Uvedené problémy se týkají všech sportovců bez rozdílu pohlaví a věku a přispívají k rozvoji syndromu RED-S. IOC vytvořila diagnostický postup odhalení RED-S, tzv. RED-S CAT™.

Snaha o dosažení ideální TH energetickou restrikcí nebo zvýšením tréninkového energetického výdeje může vyvolat syndrom tzv. „*relativní energetické nedostatečnosti ve sportu*“, který komplexně ovlivňuje zdravotní i výkonové parametry sportovce. Sledování relativní energetické nedostatečnosti ve sportu může v budoucnu sloužit jako preventivní diagnostický nástroj hodnocení energetických potřeb sportujících mužů i žen a doplňuje klasický koncept ženské sportovní triády. Klíčovou složkou etiopatogeneze RED-S ve sportu je nízká ED sportovce.

Energetická dostupnost patří mezi diagnostický i intervenční nástroj umožňující sportovcům objektivně posuzovat adekvátnost energetického příjmu s ohledem na fyziologické potřeby organismu poté, co je odečten tréninkový energetický výdej. Kalkulace energetické dostupnosti dnes kompletně nahradila základní koncept denní energetické bilance. Není však dobře prozkoumán vliv nízké energetické dostupnosti u mužů. Optimální, resp. hraniční hodnota ED není podle pilotních studií u mužů stej-

ná jako pro ženy a to limituje její využití v praxi. Obtížné je také kalkulovat ED při vysoké diurnální variabilitě tréninkového zatížení.

Ze syntézy nových poznatků o energetické potřebě sportovců vyplývají následující otázky do praxe:

- Jaká je prevalence nízké ED mezi mužskými sportovci a kde leží hranice optimální ED pro muže?
- Jak standardizovat postup k odhadu energetického výdeje? V případě intermitentního zatížení, kolektivních sportů anebo technických sportů s vysokým objemem zatížení a nízkou intenzitou jsou odhady nepřesné a je tím zvýšené riziko chybné kalkulace ED.
- Jaké je uplatnění ED u rekreačních sportovců? Existuje minimální týdenní objem tréninku, kdy je vhodné nástroj ED doporučit?

4 Dostupnost sacharidů ve vytrvalostním sportu – nová doporučení

Fakt, že příjem S je pro sportovce důležitý, patří mezi základní teze sportovní výživy. Exogenní příjem, ale také endogenní zásoby se v různé míře samostatně anebo v kombinaci spolupodílejí na podpoře tréninkového zatížení nebo závodního výkonu. Současná literatura proto hovoří o tzv. dostupnosti S (podle původu glukózy, která je během zatížení různé intenzity a délky využívána). Např. dostupnost S v podobě příjmu S před, v průběhu a po skončení tréninkového zatížení je nezbytnou podporou efektivity intenzivního, především vytrvalostního tréninku, ale také dlouhodobé regenerace, protože udržuje dostatečné zdroje glykogenu. Pojem exogenní dostupnost S reprezentuje příjem S před a během a po zatížení a okamžité zapojení přijatých S do energetického metabolismu, ale také schopnost bezprostředně po zatížení vytvářet pohotovostní zásoby.

Celkový denní příjem S je naopak nezbytný pro zajištění vysoké endogenní dostupnosti S v podobě stabilních glykogenových rezerv. Doporučení denního příjmu S pro sportovce jsou dobře definovaná. Sportovci je nedodržují, což může být problém u vytrvalostních sportů (Masson & Lamarche, 2016), ale také ostatních sportovních disciplín (Burke, Cox, Cummings, & Desbrow, 2001). Ze studie 533 holandských sportovců vyplývá, že 50–80 % přijímá S v množství 3–5 g/kg bez ohledu na sportovní disciplínu. S ohledem na tréninkové zatížení ~ 100 min/den je pozorované množství S pod hranicí současných doporučení (Wardenaar et al., 2017). Přestože se v uvedených výzkumech liší metodika zjišťování výživových zvyklostí (nejčastěji frekvenční dotazník nebo 24hodinový recall), závěry svědčí pro nesoulad v praktickém dodržování konsenzuálních doporučení. To naznačuje snahy sportovců manipulovat s příjmem, neschopnost plnění, nebo že průměrné požadavky na S vyžadují přehodnocení.

Cílem kapitoly je představit termín „dostupnost S“ ve sportu a související revidovaná doporučení pro příjem S během zatížení.

4.1 Exogenní a endogenní dostupnost sacharidů

Dostupnost S ve sportu je chápána jako akutní anebo chronická energetická (sacharidová) dispozice organismu pro tréninkové nebo závodní zatížení. Rozlišujeme vysokou a nízkou dostupnost S ovlivněnou výživou nebo tréninkem. Podmínky vysoké dostupnosti S pro konkrétní zatížení zajistíme příjmem S před a během zatížení, nebo dostatečnou zásobou glykogenu anebo kombinací obou situací. Nízká dostupnost S zjednodušeně znamená opak, tedy absenci exogenního příjmu anebo nedostatečnou zásobu glykogenu. Optimální dostupnost S je determinována především konkrétními požadavky zatížení (délka, intenzita) a cíli sportovce (tréninkové vs. závodní

zatížení). Zejména pro tréninkové zatížení neplatí, že cílem sportovce musí být vždy vysoká dostupnost S.

Zvýšená dostupnost S z endogenních (glykogen) nebo exogenních zdrojů (příjem S stravou) optimalizuje výkon (Burke, Hawley, Wong, & Jeukendrup, 2011). Vysokou dostupnost S je žádoucí zabezpečit především u závodního zatížení, popř. intenzivních tréninkových jednotek, a to prostřednictvím výživy uplatňované před, během a po tréninkovém zatížení.

Sacharidy patří mezi klíčové energetické substráty pro mozek a svalstvo při zátěži. Důležitou úlohu sehrává nejen celkový denní příjem S, ale zejména načasování jejich příjmu vůči sportovnímu zatížení. Intenzita a délka trvání zatížení patří mezi klíčové faktory ovlivňující celkovou spotřebu energie a poměr utilizovaných energetických substrátů. V oficiálních doporučeních se termín dostupnost S (v angl. „*carbohydrate availability*“) do r. 2000 neobjevuje (American College of Sports Medicine et al., 2000), popř. velmi okrajově (Burke et al., 2001). Od r. 2010 však termín „dostupnost S“ zcela nahrazuje předchozí terminologii vyjadřující se k potřebám S ve sportu (Burke, Hawley, Wong, & Jeukendrup, 2011).

Dostupnost sacharidů před zatížením

Víme, že glykogen sehrává klíčovou roli u zatížení s délkou trvání > 90 minut. Jakékoliv cílené zvýšení hladin glykogenu nad klidové hodnoty pro zatížení vysoké intenzity kratší 5 minut, ale také u vytrvalostního zatížení v délce 60–90 minut nemá na výkon žádný vliv. Přestože ke konci zatížení (~ 70 % VO_2 max) dosahuje redukce endogenních glykogenových rezerv 40–60 %, jde stále o dostatečné množství zajišťující vysokou výkonnost. V případě > 90 minut dlouhého zatížení ↑ klidových hladin glykogenu až o 20 % zvyšuje výkon oddálením nastupující únavy. Superkompenzace glykogenu může díky tomu představovat zvýšení výkonu o 2–3 % (Hawley, Schabort, Noakes, & Dennis, 1997).

Během vytrvalostního zatížení může glykogenolýza uhradit až 35 % celkové energetické spotřeby. Např. u běhu na 100 km to představuje 1987 kcal z celkových 5411 kcal (Stellingwerff, 2016). Zvýšený příjem S za účelem předzásobení svalovým a jaterním glykogenem několik dní před závodním vytrvalostním zatížením proto patří mezi racionální výživové postupy vytrvalostního sportovce. Princip zabezpečení vysoké dostupnosti S zajištěním vysokých hladin glykogenu v podpoře vytrvalostního výkonu je historicky popsán (Bergström et al., 1967). Současná praxe elitních sportovců odráží současná doporučení konzumovat S v množství 8–10 g/kg v čase 24–36 hodin před zatížením (tzv. předzásobení S) (Bussau et al., 2002).

Někteří sportovci mohou na začátku zatížení trpět tzv. reaktivní hypoglykemií. Jev zprostředkovaný hyperinzulinemickou reakcí s následnou potlačenou oxidací mastných kyselin po příjmu jednoduchých S 30–60 minut před zahájením výkonu může negativně ovlivnit výkon sportovce (Rutherford, 1990). Na druhé straně, jak uvádí Jeukendrup

a Killer (2010b), symptomy GIT obtíží po konzumaci S 1 hodinu před zatížením jsou zřídka doprovázeny nízkou hladinou glykémie a vynechání S naopak v některých případech může výkon negativně ovlivnit. Použití moderní diagnostiky umožňuje u senzitivního jedince individualizovat příjem S před zatížením díky kontinuální detekci změn hladin glukózy v potu a intersticiální tekutině s využitím nositelných a flexibilních snímačů umístěných epidermálně (Kim, Campbell, & Wang, 2018).

Dostupnost sacharidů během zatížení

Vysoká exogenní dostupnost S před zatížením potlačuje lipolýzu a celkovou míru oxidace plazmatických mastných kyselin a intramuskulárních triacylglycerolů (Coyle, Jeukendrup, Wagenmakers, & Saris, 1997). Jsou tak optimalizovány podmínky k využití S zejména u intenzivních zatížení s délkou trvání < 90 minut. Úroveň vytrvalostních schopností je při vysoké intenzitě determinována schopností oxidace S. Např. zatížení v délce půlmaratonu je z 83–91 % závislé na oxidaci S (zejména prostřednictvím glykogenolýzy). Záměrná suprese dostupnosti mastných kyselin (podáním kys. nikotinové) u zatížení ~ 85 minut nemění parametry oxidace živin a S zůstávají rozhodujícím energetickým substrátem (Leckey, Burke, Morton, & Hawley, 2016). Podíl oxidace S na celkovém energetickém výdeji s rostoucí délkou zatížení klesá, a to nezávisle na podávání kyseliny nikotinové. Přestože tuk je podle „crossover“ konceptu rovněž využíván jako zdroj energie, podávání kys. nikotinové během zatížení do 120 minut přes inhibovanou lipolýzu nevede k redukcí výkonu.

Výkon trvající > 2 hodiny je již podáváním supresiv lipolýzy ovlivněn (Torrens, Areta, Parr, & Hawley, 2016). Přesto ani u 6,5hodinového ultramaratonu (75 % VO₂max) neklesá u elitních vytrvalců podíl utilizovaných S na celkovém energetickém výdeji pod 75 % (Stellingwerff, 2016). Uvedené práce potvrzují dominantní úlohu S a odůvodňují snahu maximálně zvýšit jejich dostupnost ve snaze optimalizovat výkon u vytrvalostních zatížení.

Oxidace sacharidů během zatížení

Na odlišnou saturační kapacitu intestinálních transportních bílkovin GLUT5 a SGLT¹, které limitují míru intestinální absorpce S a ovlivňují oxidaci podaných S při tělesné práci, poprvé upozorňují Jeukendrup a Jentjens (2000). Po konzumaci glukózy s fruktózou se využívají obě transportní dráhy. Současná konzumace glukózy a fruktózy vede k rychlejší absorpci S než součet rychlostí absorpce samotné glukózy a fruktózy a dovoluje využít větší množství S a zvýšit oxidaci exogenně podaných S během zátěže až o 20–50 % (Jentjens, Achten, & Jeukendrup, 2004). Podobných metabolických účinků lze dosáhnout konzumací sacharózy, protože intestinální absorpce hydrolýzou sacharózy není omezena (Gonzalez, Fuchs, Betts, & van Loon, 2017).

¹ GLUT5, SGLT, bílkovinné přenašeče pro monosacharidy v tenkém střevě.

Oxidace sacharidů během zatížení a role kombinovaného příjmu různých forem sacharidů

Příjem fruktózy v kombinaci s glukózou anebo maltodextrinem v poměru 0,5–1 : 1 v množství $\geq 1,3$ g/min (~ 78 g/h) prokazatelně zvyšuje vytrvalostní výkon trvajícím 2,5–3,0 h ve srovnání s isoenergetickým příjmem monokomponentní formy S (pouze glukóza). Až 1–3% zvýšení vytrvalostního výkonu dosáhneme v případě příjmu kombinovaných forem S v množství 1,4–1,6 g/min a 4–9 % v případě příjmu 1,7 g/min. Zvýšení podílu fruktózy ve směsi s glukózou na 0,7–1 : 1 umožňuje celkovou intestinální absorpci monosacharidů dále zvýšit, ale pouze za podmínek vysokého příjmu 1,5–1,8 g/min. Kombinovaný příjem různých forem S koreluje s vysokou exogenní oxidací S a nižším výskytem GIT obtíží ve srovnání s kontrolním podáním monosacharidu (glukóza) (Rowlands et al., 2015).

Výše uvedené teoretické závěry potvrzují analýzy výživových zvyklostí např. triatlonistů ($n = 74$) s příjmem maltodextrinu nebo glukózy a fruktózy v poměru 2 : 1 v celkovém množství $78,6 \pm 6,6$ g/h (Rowlands & Houltham, 2017).

Náhrada maltodextrinu, fruktózy nebo glukózy pomalu vstřebatelnými S, například isomaltulózou, prokazatelně zesiluje riziko GIT obtíží, a zhoršuje výkon redukcí celkové zátěžové oxidace S. Isomaltulóza podaná během vytrvalostního zatížení v množství 63 g/h zvýšila plazmatickou hladinu volných mastných kyselin a oxidaci tuku srovnatelně s placebem. Ve srovnání se stejným množstvím kombinace fruktózy a maltodextrinu (0,8 : 1) vyvolal kontinuální příjem isomaltulózy silné GIT obtíže a zhoršil výkon (2 h 60 % W_{max} + 16 km TT) (Oosthuysen, Carstens, & Millen, 2015).

Na rozdíl od glukózy není fruktóza metabolizována většinou buněk. Je konvertována na glukózu intestinálními a jaterními buňkami a využita k tvorbě laktátu anebo mastných kyselin. U sportovců, vedle podpory intestinální absorpce, metabolizace fruktózy na glukózu a glukózy na laktát reprezentuje aditivní energetický substrát pro pracující sval (Tappy & Rosset, 2017). Rekreační, méně trénovaný sportovec se obvykle nepohybuje ve vysoké absolutní intenzitě zátěže, a bude mít proto také nižší zátěžovou oxidaci S, a tedy musí celkový hodinový příjem S upravit (snížit) (Jeukendrup, 2014; Maunder, Kilding, & Plews, 2018).

Příliš velké snížení příjmu S může zvýšit riziko hypoglykémie v průběhu zátěže u netrénovaných odmítajících S jako zdroje energie. Hypoglykémie je podceňovaná a příznaky jsou často přisuzované únavě. Obranné mechanismy kompenzující pokles hladiny glukózy u netrénovaného jedince nemusí být dostatečně silné a představa, že hypoglykémie se zdravých jedinců netýká, je mylná. Příjem glukózy během zatížení riziko hypoglykémie snižuje a rovněž přispívá k dokonalejší autoregulační schopnosti organismu (Cade et al., 2016).

Příjem S během zatížení prodlužuje čas do vyčerpání, udržuje normoglykémii, přestože glykogen a jeho utilizace během 3 hodin zatížení (71 % VO_{2max}) je na příjmu S pravdě-

podobně nezávislá. Během prvních 2 hodin zatížení klesá utilizace svalového glykogenu o 50 mmol/kg/h, a k dalšímu zpomalení o 23 mmol/kg/h dochází během 3. a 4. hodiny zatížení. Vysoká pozorovaná míra oxidace S u trénovaných sportovců je udržitelná díky exogenním zdrojům S i přes redukované hladiny glykogenu a související sníženou glykogenolýzu ke konci zatížení (5 mmol/kg/h) (Coyle, Coggan, Hemmert, & Ivy, 1986). Ke konci zatížení klesá rychlost glykogenolýzy na 5 mmol/kg/h s obvyklými hladinami glykogenu 25 mmol/kg (Hawley et al., 1997). Teoreticky je tedy možné nepřetržitě čerpat glykogenové zásoby během zatížení > 5 h.

4.2 Příjem sacharidů během zatížení

Na základě výše uvedených experimentů byla revidována doporučení v příjmu S během vytrvalostního zatížení. Revize se týká množství a forem S v podpoře výkonů v délce trvání ~ 1 h a ≥ 2,5 h.

Příjem sacharidů během zatížení – konkrétní doporučení

Příjem S v průběhu déletrvajícího (> 60–90 min) zatížení v množství 30–60 g/h výkon zvyšuje, zejména prostřednictvím zvýšené exogenní oxidace (Cermak & van Loon, 2013; Cox et al., 2010). Na základě výše uvedených experimentů sledujících zátěžovou exogenní oxidaci S podáváním různých forem, množství a kombinací S byla pro zatížení v délce trvání > 2,5 h revidována současná doporučení v příjmu S na 60–90 g/h (Thomas et al., 2016).

Problematické je, že vysoký příjem S v kombinaci se zatížením vyvolává GIT obtíže. Kombinovaný příjem glukózy a fruktózy (2:1) potenciálně tyto projevy mírní a „nutriční trénink“ závodních praktik je jednou z možných strategií minimalizujících riziko GIT obtíží (de Oliveira & Burini, 2014) (blíže v kapitole 8).

Absence odborné literatury z oblasti nevytrvalostních disciplín je jedním z limitů aplikace těchto doporučení (např. týmové sporty, nebo i individuální sporty s převážně intermitentním zatížením, např. tenis, ve kterých může být délka zatížení stejná jako u klasických distančních sportů) (Holway & Spriet, 2011).

„Centrální“ role sacharidů – tzv. „mouth rinse“

V roce 2004 bylo poprvé prokázáno, že u zatížení kratších (~ 60 minut) je ergogenní role S odlišná (Carter, Jeukendrup, & Jones, 2004). Výzkumy v poslední dekádě odhalily přímé působení S na centrální nervovou soustavu. Tzv. „*mouth-rinse*“ (doslova přeloženo výplach úst) představuje strategii zvyšující výkon o 1,5–11,5 % (Silva et al., 2013) prostřednictvím krátkého, intenzivního kontaktu S s dutinou ústní bez nutnosti jejich faktické konzumace (Pottier, Bouckaert, Gilis, Roels, & Derave, 2010). Velmi přesvědčivá data odhalující význam pro sportovce jsou shrnuta v mnoha review (Jeukendrup

& Chambers, 2010a; Silva et al., 2013). Ergogenní efekt „výplachu“ úst je pozorován nejen u zatížení s redukovánými glykogenovými rezervami (Kasper et al., 2015), ale také ve stavu vysoké dostupnosti S (Devenney, Collins, & Shortall, 2016).

Carter et al. (2004) vyloučili metabolický účinek S u zatížení trvajícím ~ 60 minut a dokázali, že výplach úst 6,4% roztokem maltodextrinu bez faktické konzumace S ve srovnání s placebo (voda) výkon zlepšuje. Již dříve se prokázalo, že orální podání S ani infuze do krve k podpoře kratších submaximálních výkonů nevede. Mechanismus, prostřednictvím kterého dojde ke zvýšení výkonu sportovce pouhým vypláchnutím úst roztokem S, není prokázán. Příjmem S (potravinou nebo nápoje) stimulujeme chuťové receptory uložené v ústní dutině, a to především na papilách jazyka, měkkém patře a hrtanové přiklopce. Tento vjem je přenesen prostřednictvím hlavových nervů na rozhraní prodloužené míchy a šíří se přes senzitivní jádra thalamu do primární korové chuťové oblasti, sousedící s čelním lalokem. Tento signál se rovněž dostává do sekundární chuťové oblasti nacházející se v orbitofrontálním kortexu. Tyto dvě oblasti mají další projekce do částí a struktur mozku, o kterých se domníváme, že poskytují spojení mezi chuťovými cestami a odpovídající emocionální, kognitivní a behaviorální odpovědí na tyto podněty (Jeukendrup, 2014).

Už jen samotný fakt, že podrážděním chuťových receptorů ovlivníme řadu vyšších mozkových oblastí a center, může vést k vysvětlení pozitivního vlivu strategie *mouth rinse* na sportovní výkon. Přesto konkrétní receptory přímo odpovědné za aktivaci motorických center, které by vysvětlily tento pozitivní efekt, zatím identifikovány nebyly. Díky funkční magnetické rezonanci víme, že buňky zodpovědné za vnímání sladké chuti v ústech tento efekt nezpůsobují (efekt je podmíněn přítomností S) (Chambers, Bridge, & Jones, 2009).

Ve výzkumech je nejčastěji ověřenou dobou vyplachování úst 5–10 sekund. Při aplikaci *mouth rinse* každých 6 minut je vliv na výkon na délce kontaktu (5, nebo 10 s) nezávislý (Sinclair et al., 2014). Identifikací centrálního účinku S prostřednictvím *mouth rinse* je možné vysvětlit pozitivní výsledky studií podávající S ve velmi koncertovaných množstvích (40 %) během výkonů v délce trvání < 60 minut (Below, Mora-Rodríguez, González-Alonso, & Coyle, 1995).

4.3 Role glykogenu ve světle nových poznatků

Svalový glykogen

Během zatížení > 60 % $VO_2\max$ jsou krevní glukóza a svalový glykogen primárními zdroji regenerace ATP z velké části proto, že se zvyšující se intenzitou zátěže jsou více zapojena rychlá (na glykogen bohatá) svalová vlákna (Murray & Rosenbloom, 2018). O míře zapojení glykogenu do energetického metabolismu rozhoduje také jeho lokalizace v rámci intracelulárního prostoru. Zatímco 75 % svalového glykogenu je uloženo intermyofii-

brilázně, pouze 5–15 % glykogenu je intramyofibrilární. Z experimentálních studií víme, že k úplné depleci glykogenu dochází pouze u intramyofibrilární frakce a uvažuje se, že právě úroveň intramyofibrilárního glykogenu je zodpovědná za uvolnění Ca^{2+} do sarkoplazmy a přímo se účastní regulace svalové kontrakce (Schweitzer, Kearney, & Mitten-dorfer, 2017; Gejl et al., 2017a).

Ve světle nových poznatků o úloze glykogenu se proto recentní práce zaměřují na ověřování nových metodik odhadu hladin glykogenu sportovců. Za zlatý standard je stále považována invazivní histochemická analýza svalové biopsie. Využití neinvazivních metod (magnetická rezonance, ultrazvuk, nepřímá kalorimetrie) v praxi sportovců je ale pro technickou nebo ekonomickou náročnost měření minimální. Pokrok v oblasti biotechnologie a získávání biometrických dat slibuje využití neinvazivní technologie k detekci, kvantifikaci, monitoringu různých fyziologických markerů využitelných ve sportovní praxi, mimo jiné glykogenu (Greene et al., 2017).

Nejjednodušší způsob nepřímého odhadu hladin glykogenu je množství S v dietě. Je dobře známo, že zásoby glykogenu korelují s množstvím S v dietě, objemem zatížení nebo úrovní trénovanosti. Koncentrace glykogenu v klidu nebo v reakci na zatížení různého trvání a intenzity se dynamicky mění. Neexistují však žádné normativní hodnoty klidových ani zátěžových hladin glykogenu. Metaanalýza 181 studií z roku 2018 se pokusila objektivně vymezit hranice glykogenu v závislosti na tělesné zdatnosti a denním příjmu S (dostupnosti). Klidová koncentrace glykogenu ve čtyřhlavém svalu stehenním (*Vastus lateralis*) u mužů (VO_2max 53 ml/min/kg) při denním příjmu S do 6 g/kg byla 462 ± 132 mmol/kg. Příjem S > 6 g/kg ve třech po sobě jdoucích dnech nebo 7 g/kg po dva po sobě jdoucí dny zvyšuje klidové hladiny glykogenu navíc o 100 mmol/kg. Naopak v případě nízké dostupnosti S (= LCHF dieta nebo vyčerpané hladiny glykogenu) je obsah glykogenu o 253 mmol/kg snížený. Snížená míra utilizace glykogenu byla zjištěna u žen (vs. muži), u lýtkového svalu (vs. stehenní sval) nebo např. při běhu (vs. jízda na kole). Zvýšením klidových hladin glykogenu o 200 mmol/kg zvýšíme jeho utilizaci, a to zejména ve 2. hodině výkonu (Areta & Hopkins, 2018).

Impey et al. (2016) uvádí, že denní příjem S v množství 3 g/kg po dobu tří dnů ve srovnání s 8 g/kg až o 50 % redukuje hladinu glykogenu (600 → 300 mmol/kg).

Jaterní glykogen

Během zatížení je využíván nejen svalový, ale také jaterní glykogen. Ukazuje se, že existují značné rozdíly v míře utilizace i resyntézu jaterního glykogenu vzhledem k zatížení. Odborná literatura věnuje výživovým prostředkům optimalizujícím resyntézu jaterního glykogenu spíše okrajově pozornost.

Na rozdíl od svalového glykogenu nemá na lačné hodnoty jaterního glykogenu vliv trénovanost a rozdílné hodnoty nevykazují ani diabetici ve srovnání se zdravou populací. Jaterní glykogenolýza se u vytrvalostně trénovaných sportovců v průběhu střední a vysoké intenzity zátěže od netrénovaných liší. U zatížení vysoké intenzity (2 h, 82 % VO₂max, 300 W) je glykogenolýza u trénovaných cyklistů signifikantně nižší (5,3 mmol/kg/min) ve srovnání s netrénovanými (6,9 mmol/kg/min). Jaterní glykogen u netrénovaných sportovců je tak redukován na kriticky nízké hodnoty (> než 70 % redukce) mnohem dříve (po 118 min zatížení, 80 % VO₂max), což může vést k neschopnosti udržovat normoglykémii a k předčasnému vyčerpání. Omezení dodávky exogenních zdrojů S v průběhu vytrvalostního zatížení u rekreačních sportovců tak nemá opodstatnění. Jaterní glykogenolýza u vytrvalostních sportovců přispívá k lepší výkonnosti díky potenciálu zajistit vysokou míru oxidace glukózy zejména v závěrečných fázích zatížení (Gonzalez, Fuchs, Betts, & van Loon, 2016).

Příjem S v množství 1,2–1,5 g/kg/h během první hodiny po zatížení maximalizuje rychlost svalové glykogeneze. Kombinovaný příjem glukózy a fruktózy (sacharóza) rychlost resyntézy svalového glykogenu ve srovnání s isoenergetickým podáním glukózy (polymeru) nezvyšuje. Naopak, rychlost jaterní glykogeneze je 2× vyšší u příjmu fruktózy nebo galaktózy (metabolizovány jsou primárně játry) společně s glukózou. Navíc kombinace monosacharidů je prostředkem redukce GIT obtíží, protože 1,2–1,5 g/min již překračuje absorpční kapacitu glukózy tenkého střeva.

Pokud je prioritou sportovce rychlá obnova endogenních zásob glykogenu, glukóza s fruktózou (nebo sacharózou) v množství $\geq 1,2$ g/kg/h může zvýšit rychlost glykogeneze (svalové i jaterní) a zároveň minimalizovat GIT potíže (Fuchs et al., 2016; Gonzalez et al., 2017; Gonzalez, Fuchs, Betts, & van Loon, 2017).

Pod vlivem epidemiologie obezity je vedena celosvětová diskuse nad závislostí na příjmu fruktózou (Rippe & Marcos, 2016). Vzhledem k nedostatku důkazů, které závislost na cukru podporují, je adiktologické hledisko kontroverzním argumentem pandemie obezity a začlenění závislosti na cukru do vědecké literatury a mezi legislativou přijatá doporučení je předčasné (Westwater, Fletcher, & Ziauddeen, 2016).

Ve světle současných poznatků z oblasti sportovní výživy o podpoře exogenní zátěžové oxidace podávaných S a glykogeneze v případě kombinovaného příjmu glukózy s fruktózou můžeme konstatovat, že fruktóza a glukóza (i sacharóza) mohou sportovci v případě zařazení do jídelníčku za vědecky podložených podmínek asistovat při plnění specifických nutričních a výkonnostních cílů (Wallis & Wittekind, 2013).

4.4 Dostupnost sacharidů v praxi vrcholového sportu

Vysoká dostupnost sacharidů v cyklistice

Analýza výživy profesionálního kontinentálního týmu během čtyřdenního etapového závodu okolo Andalusie (Σ 650 km, \sim 250 W/etapa) ukazuje na význam dostupnosti S u vytrvalostního zatížení. Sledování cyklisté konzumovali denně \sim 5 643 kcal (83,3 kcal/kg). Denní příjem S dosahoval téměř 13 g/kg (62 % denního energetického příjmu). Příjem tuků byl \sim 2,1 g/kg (23,2 %) a B \sim 3,0 g/kg (14,5 %) (Sanchez-Puccini, Argothy-Bucheli, Meneses-Echavez, Alejandro Lopez-Alban, & Ramirez-Velez, 2014).

Velmi podobné výsledky byly prezentovány již v r. 1989 (Saris, van Erp-Baart, Brouns, Westerterp, & ten Hoor, 1989) v první studii svého druhu mapující výživové zvyklosti u účastníků Tour de France. O téměř 30 let později popsal (Muros, Sánchez-Muñoz, Hoyos, & Zabala, 2018) stravovací zvyklosti profesionálního cyklistického týmu účastnického se Vuelty 2015. Denní příjem S \sim 12,5 g/kg (65 % denního příjmu energie) a tuků \sim 1,5 g/kg (18 %) a B \sim 3,3 g/kg (17,1 %) se od výsledků práce čtyřdenního etapového závodu nelišil. Energetický příjem byl \sim 5 400 kcal. Během etap cyklisté konzumovali \sim 90,8 g/h. Příjem S mimo úsek etapy dosahoval 7 g/kg. Etapový příjem tak představoval téměř 60 % denního příjmu S.

Ověřením plnohodnotnosti výživy během etapových závodů je stabilní TH a minimální změny tělesného složení. Vysoký denní energetický příjem společně s vysokým absolutním denním příjmem S i B a zařazením příjmu B během etap jsou strategie bránící poklesu TH a zejména svalové složky. Z obou citovaných studií shodně vyplývá, že přes velmi malý pokles TH na konci závodu (\sim o 1–1,5 kg) nedošlo ke ztrátě aktivní tělesné hmoty (svalstva). Sportovci absolvující Vueltu měli na konci o 1 kg nižší hmotnost než na začátku (69,1 \rightarrow 68,1 kg). Podíl tělesného tuku se snížil z 6,6 % \rightarrow 6,0 %, a to pouze na úkor redukce (převážně) podkožního tělesného tuku (suma 8 kožních řas se snížila ze 42,8 \rightarrow 38,3 mm).

Prezentované studie jsou svým zaměřením na výživu profesionálních cyklistů v průběhu etapových závodů naprosto ojedinělé. Jsou však o to cennější, neboť jsou přímým dokladem výživových potřeb sportovců během náročných etapových závodů, nezbytných pro podání vrcholových výkonů.

Během 19. etapy na Giro d'Italia 2018 byl denní příjem pozdějšího vítěze Chrise Frooma neuvěřitelných 18,9 g/kg. Celkový denní energetický příjem 6 663 kcal, etapový příjem S 96 g/h (14 energetických gelů) při délce etapy 5 h 12 min představoval 35 % veškeré denní energie. Regeneraci v čase 4 h po etapě zajistilo 100 g S/h. (Fordyce, 2018). Tento příklad demonstruje extrémní snahu zabezpečit vysokou dostupnost S v praxi vrcholového sportovce.

4.5 Shrnutí

Řadu let se neměnila tradiční doporučení k příjmu S během vytrvalostního zatížení (30–60 g S/h). Chceme-li optimalizovat výkon u intenzivního vytrvalostního zatížení v délce trvání > 2,5–3 hod, podle současných poznatků je nutný vyšší kontinuální příjem S (60–90 g/h). Intestinální absorpce S v uvedeném množství však překračuje fyziologické limity tenkého střeva a limitujícím faktorem se stávají tzv. „*multi transportable carbohydrates*“. Elementární podmínkou kompletní oxidace uvedeného množství S je proto kombinovaný příjem glukózy nebo maltodextrinu s fruktózou v poměru 2 : 1. Fruktóza a glukóza (i sacharóza) mohou sportovcům v případě zařazení do jídelníčku za vědecky podložených podmínek asistovat při plnění specifických nutričních a výkonnostních cílů (např. podpora výkonu anebo regenerace jaterního glykogenu).

U zatížení ~ 1 h není za podmínek dostatečných energetických zásob nutné energii v podobě S dodávat. V případě 45–75 minut intenzivního souvislého zatížení, popř. intermitentního zatížení (intervalový trénink) s vysokým energetickým výdejem, je prokázáno zvýšení výkonnosti po přísunu velmi malého množství S. V posledních letech se navíc potvrzuje, že rovněž bez faktického přísunu (konzumace) S a po pouhém kontaktu S (ne jiných makroživin) s dutinou ústní dochází ke zlepšení pracovní kapacity.

Nová doporučení dovolují individualizovat příjem S podle délky a intenzity zatížení. Doporučení jsou publikována v učebnicích sportovní výživy a v praxi uplatňovaná rovněž sportovci, především vrcholovými (Maughan, 2014, s. 102–112).

5 Snížená dostupnost sacharidů ve sportu – „když méně může být i více“

V následující kapitole bude představen koncept cílené manipulace s nízkou dostupností S v tréninku sportovců.

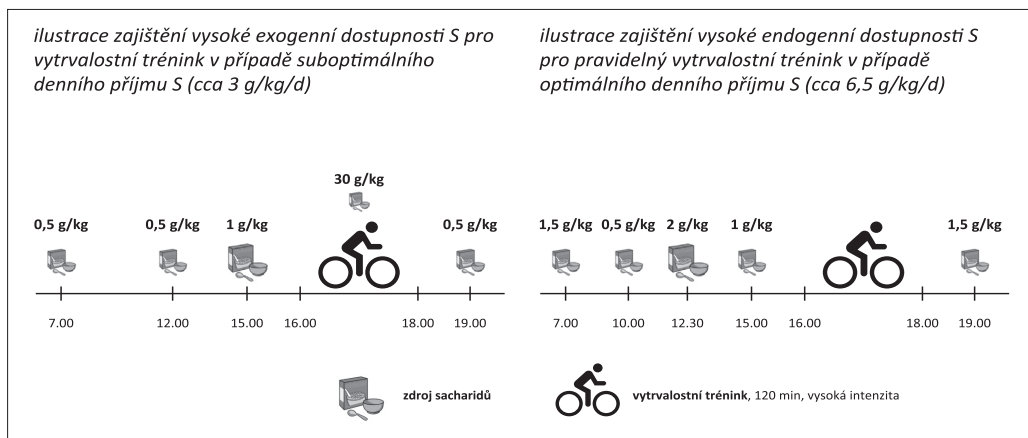
Nedávné výzkumy poukazují na výhody, které nabízí strategicky plánovaný, periodizovaný příjem S v tréninku vedoucí k jejich snížené dostupnosti. V nově koncipovaném tréninkovém přístupu nazvaném „*train-low*“ jsou vybrané tréninkové jednotky zahájeny nebo realizovány při snížených zásobách glykogenu a bez exogenních zdrojů S. Záměrná manipulace s endogenními a exogenními zdroji S potom významně podporuje tréninkovou adaptaci. Sacharidům můžeme na základě současných poznatků vedle ergogenního vlivu na sportovní výkon přisoudit rovněž regulační vliv. Snížená tréninková dostupnost S je dalším z milníků v genezi postojů k příjmu S ve vytrvalostním sportu. Strategické plánování tréninku za podmínek snížené dostupnosti S se stává pevnou součástí nových přístupů ke sportovní výživě (Kumstát, 2017a).

Glykogen je více než jen zásobní zdroj energie determinující funkční kapacitu sportovce. Odhalení regulační úlohy glykogenu ve stimulaci buněčných signálních dějů dovoluje mnohem více pracovat s tréninkovou sportovní výživou (Philp, Hargreaves, & Baar, 2012).

Recentní přehledové práce v kontrastu s dlouhodobě akceptovanými doporučeními nabízejí zcela nové pohledy na význam S ve výživě sportovce a poukazují na výhody, které nabízí strategicky plánovaný, periodizovaný trénink ve stavu snížené dostupnosti S (Bartlett, Hawley, & Morton, 2015; Knuijman, Hopman, & Mensink, 2015).

5.1 Manipulace s dostupností sacharidů v tréninkové praxi

Vysoká nebo nízká dostupnost S odráží specifickou dostupnost energetických substrátů endogenního a exogenního původu pro konkrétní zatížení. **Absolutní množství S v dietě není nutnou podmínkou zajišťující vysokou dostupnost S pro trénink. V případě, že jsou S cíleně přijímány před anebo v průběhu zatížení, i přes suboptimální denní příjem S vytvoříme optimální podmínky pro intenzivní TJ, zabezpečující vysokou dostupnost S (obrázek 1).**



Obr. 1 Ilustrace režimu vysoké tréninkové dostupnosti S přes různý denní příjem S

Aktualizovaná doporučení příjmu S/den během tréninku a soutěže respektují individuální potřeby různých sportovních disciplín. Rozsahem doporučení (3–12 g/kg) tak zdůrazňují flexibilní postoj k příjmu S vzhledem k variabilní intenzitě a délce trvání výkonu. Např. denní potřeba S pro moderní gymnastku s tréninkovým zatížením 5–6 h/den bude výrazně nižší (~ 3–4 g/kg) ve srovnání se stejně dlouhým pravidelným tréninkem triatlonisty (~ 8 g/kg), nebo účastníka etapových závodů (~ 12–13 g/kg) (Burke, 2010).

Sportovní trénink, zejména vytrvalostního charakteru, vede k redukci glykogenových zásob. Typickým příkladem je vícefázový trénink. Řada sportovců rutinně trénuje ve stavu snížené dostupnosti S, není-li po první TJ dodáno potřebné množství S k replaci glykogenu. Například čím kratší je odstup mezi dvěma TJ v jeden den, tím důležitější je časný a kontinuální příjem S (1,2 g/kg/h) po první jednotce, který optimalizuje hladiny glykogenu pro následující tréninkovou fázi (Burke et al., 2011).

Tréninkové praktiky sportovců vedoucí ke snížení dostupnosti S:

- dlouhý trénink bez příjmu S,
- absence příjmu S v období po skončení zatížení (Baar & McGee, 2008),
- chronicky nízké množství S v dietě (Kavouras, Troup, & Berning, 2004), nebo LCHF dieta,
- vícefázový trénink (Cochran et al., 2015),
- ranní trénink po nočním lačnění.

Tyto praktiky jsou příkladem tréninkové manipulace s dostupností S ovlivňující především hladiny glykogenu. Je-li sportovcem zabezpečena vysoká dostupnost S pro závodní zatížení, např. adekvátním příjmem S během výkonu, nesnižují tyto tréninkové praktiky výkonnost, a existuje proto stále silnější evidence podporující jejich integraci do tréninku (Close, Hamilton, Philp, Burke, & Morton, 2016).

Empirická sledování sportovců ale naznačují, že uvedené postupy nejsou zpravidla koordinované a jsou spíše důsledkem neznalosti elementárních poznatků (např. ergogenní význam S), neschopnosti adekvátně kompenzovat energetický výdej (např. důsledek extrémního vytrvalostního zatížení) nebo nemožnosti dodržovat doporučené sportovně-výživové postupy (např. absence podmínek pro doplnění energie z důvodu pravidel daného sportovního odvětví). Např. dotazník ke zjišťování úrovně znalostí o sportovní výživě „The nutrition for sport knowledge questionnaire (NSKQ)“ (Trakman, Forsyth, Hoyer, & Belski, 2017) obsahuje 89 otázek rozdělených do šesti kategorií (řízení hmotnosti, makronutrienty, mikroživiny, sportovní výživa, doplňky stravy a alkohol). Použití dotazníku dovoluje odborníkům analyzovat účinnost vzdělávacích programů a identifikovat mezery ve znalostech mezi sportovci/trenéry různého věku, pohlaví a výkonnostní úrovně. Autoři v reakci na nové poznatky a celkový značný rozsah (vyplňování dotazníku ~ 25 min) představili také zkrácenou verzi (37 otázek, ~ 12 min vyplňování) (Trakman, Forsyth, Hoyer, & Belski, 2018).

5.2 Adaptace jako pozitivní důsledek snížené dostupnosti sacharidů

Snížená dostupnost S se ukazuje být silným modulujícím faktorem ovlivňujícím buněčnou signalizaci a expresi genů, které regulují adaptační odpověď na vytrvalostní trénink (Hawley & Burke, 2010). Trénink je silným adaptačním stimulem. Jak dynamicky se mohou měnit podmínky pro transport glukózy (a ovlivňující dostupnost) do svalové buňky, dokládá rychlost poklesu GLUT4¹ po předchozím zvýšení. Již po sedmi dnech absence tréninkového zatížení (tzv. detréninku) se obsah GLUT4 zvýšený šestitýdenním tréninkem (výsledek adaptace) vrátil zpět k iniciálním hodnotám (Neufer, Shinebarger, & Dohm, 1992).

Experimenty dokazující příznivý vliv záměrné redukce dostupnosti S v tréninku

V posledních deseti letech bylo publikováno mnoho experimentů prokazujících benefit pro sportovce trénujícího za podmínek záměrně snížené dostupnosti S. V pilotní studii efektu tréninku v podmínkách záměrně snížené dostupnosti S (Hansen et al., 2005) zjistili pozitivní vliv dvoufázového tréninku (druhý trénink za podmínek redukováných glykogenových rezerv) na výkonnost extenzorů dolní končetiny ve srovnání s končetinou trénující obden, a tedy s možností obnovy glykogenu. Navazující intervenční studie, systematicky manipulující s endogenní nebo exogenní dostupností S po dobu 3–10 týdnů, konzistentně prokázaly, že opakovaně zahajovat nebo realizovat tréninkové zatížení při nízké dostupnosti S aktivuje buněčnou signalizaci, zvyšuje aktivitu oxidativních enzymů sukcinát dehydrogenázy, citrát syntázy, β -hydroxyacyl-CoA-dehydrogenázy a celkový

¹ GLUT4, bílkovinný přenašeč pro glukózu v kosterním svalu.

obsah proteinů cytochrom c oxidázy (Morton et al., 2009; Yeo et al., 2008). Dále zvyšuje celkovou a intramuskulární utilizaci mastných kyselin a klidové hodnoty svalového glykogenu (Hulston et al., 2010; Yeo et al., 2008). Konkrétní dopady nízké dostupnosti S na molekulární remodelaci kosterního svalstva uvádí Lane et al., 2015. Autoři srovnávali pozátěžové změny (2 hodiny na bicyklovém ergometru, ~ 60 % VO₂max, test zahájen s redukovanou hladinou glykogenu o ~ 50 %) v metylaci DNA současně s expresí metabolicky adaptabilních genů v kosterním svalstvu. Pozátěžová exprese genů (např. ↓ PGC-1α) a signálních proteinů (např. bez změn u AMPK^{Thr172} a p38MAPK^{Thr180/Tyr182}) se ukázala být velmi proměnlivá v čase (rozdíly mezi pozátěžovými vs. hodnotami 4 hodiny od skončení testu) a v závislosti na nabídce substrátů a neodpovídala změnám v metylaci DNA (např. pozátěžová ↓ metylace FABP3 vs. ↑ exprese FABP3 mRNA).

V podobně designované studii Jensena et al. (2015) neměla restrikce přijímaných S v čase zotavení (4 hodiny od skončení zatížení) po glykogen redukujícím zatížení (redukce glykogenu o 67,7 %) na expresi vybraných genů vliv (PGC-1α, TFAM, NRF-1, COX-IV, PPAR-α). Bazální hodnoty exprimovaných genů však byly významně vyšší u trénovaných jedinců.

Rovněž úloha IL-6 jako informačního signálu mezi svalovou a jaterní tkání, reagujícího na snížení intramuskulárních zásob svalového glykogenu, byla potvrzena v řadě experimentů (Chan, Carey, Watt, & Febbraio, 2004; Keller et al., 2001; Nieman et al., 2003). Redukce množství svalového glykogenu, ke které akcentovaně dochází při opakovaném tréninku v podmínkách nízké dostupnosti S, může být příčinou významně zvýšené produkce nebo uvolňování IL-6. Keller et al. (2001) uvádí, že koncentrace IL-6 po 120minutovém zatížení stoupla > 2× pouze v případě zahájení výkonu s redukovanou hladinou glykogenu. Dřívější práce dokumentují, že nízká exogenní dostupnost S u déletrvajících zátěží (tříhodinový test na běhátku, 70 % VO₂max, bez příjmu S) zvyšuje IL-6 mRNA až 35násobně proti zátěži s podanými S (Nieman et al., 2003). Vzestup plasmatické hladiny IL-6 koreluje s mírou redukce glykogenu po 75km cyklistickém zatížení, ale exprese svalové IL-6 mRNA se na redukcii svalového glykogenu ukázala být nezávislá (Nieman, Zwetsloot, Lomiwes, Meaney, & Hurst, 2016). To je v rozporu se starší prací Chana et al. (2004), který uvádí 150násobné navýšení IL-6 mRNA po 2,5 hodinách intermitentním, glykogen vyčerpávajícím zatížením. V uvedených studiích pozorovaná vysoká interindividuální variabilita exprese genů může být vysvětlením individuálního dopadu tréninku při nízké dostupnosti S. IL-6 produkovaný kontrahujícími svaly má inhibiční dopad na TNF-α, indukuje sekreci antagonisty receptoru pro IL-1, IL-10 a C-reaktivního proteinu a potencuje sekreci kortizolu (Pedersen et al., 2004). Díky uvedenému může mít také celkově protizánětlivý dopad. Protože tento účinek může být u pravidelně sportujících osob jednou z příčin redukce rizika chronických metabolických a kardiorepiračních onemocnění, je i z tohoto hlediska takový vliv snížené dostupnosti S velmi významný (Pedersen & Fischer, 2007).

Řada popsaných i dosud neznámých mechanismů ovlivňuje fenotyp kosterního svalstva. Molekulární aspekty, na základě kterých dochází k adaptačním změnám u pohybové aktivity, zůstávají předmětem rozsáhlého výzkumu (Egan & Zierath, 2013). Biogeneze na molekulární úrovni je komplexní děj, jehož výsledkem nemůže být konstatování, že zvýšení exprese specifického genu má za následek vyšší výkonnost. V současnosti stále nedisponujeme nástroji, které by přesně a citlivě identifikovaly příčinné změny ovlivňující výkon (Camera, Smiles, & Hawley, 2016).

Na základě uvedených zjištění byly navrženy tréninkové koncepty, ve kterých sportovci záměrně absolvují vybrané TJ s redukovanou dostupností S za účelem podpory tréninkové adaptace. Souhrnně lze tréninkově-výživové praktiky pojmenovat „*train low-compete high*“ (trénovat při nízkém a závodit při vysokém množství svalového glykogenu) (Burke, 2010).

Podle Philpa et al. (2012) existuje hranice glykogenu, respektive její minimální kritická hodnota indukující adaptační změny. Později Impey et al. (2018) kritickou hladinu glykogenu vymezil na 100–300 mmol/w/kg. Uvedené množství by mělo pomoci sportovcům trénovat s tím, že hladina glykogenu je dostatečně nízká na to, aby vyvolala příznivé adaptace, a současně dostatečně vysoká na to, aby nesnížila výkon sportovce. Tento přístup se odlišuje od klasického *train low* modelu, ve kterém jsou tréninky záměrně příjmem S ovlivňovány. Na základě Impeyho modelu musí být všechny intenzivní tréninky doprovázeny příjmem S a naopak u tréninků nízké intenzity S nepřijímáme. V praxi to např. pro rekreačního sportovce může znamenat absolvování všech TJ bez příjmu S.

5.3 Snížená dostupnost sacharidů v tréninku – vybrané strategie

V praxi se uplatňují dva základní postupy vedoucí ke snížení dostupnosti S. Vícefázový trénink a tzv. „*sleep low*“ strategie. Dále jsou populární různé varianty LCHF stravy, které ale nejsou založeny na periodizovaném příjmu S.

5.3.1 Dvoufázový trénink

Trénink, který je záměrně absolvovaný s redukovánými iniciálními zásobami glykogenu nebo omezenou exogenní dostupností S, je popsán nejčastěji u vytrvalostních sportovců (Stellingwerf, 2012) (Lane et al., 2015).

Zjednodušené schéma nízké dostupnosti S u dvoufázového tréninku: ranní/dopolední TJ (90–120 min) ve vysoké intenzitě → deplece glykogenu → limitovaný přísun S před odpolední/podvečerní TJ → nedostatečná replece glykogenu → odpolední TJ (střední až vysoká intenzita ≤ 90 min). Druhý trénink je absolvován cíleně v režimu nízké endogenní i exogenní dostupnosti S (obr. 2).

Na základě případových studií je možné uvažovat o potenciálu tréninku redukované dostupnosti S např. u elitních maratonských běžců (Stellingwerf, 2012). Autoři studie popisují u tří elitních maratonců (průměrný výkon 2.12 h) 16 týdnů přípravy před významným závodem. Práce dokumentuje, že ~ 2–3 TJ/týdně z celkových ~ 13 TJ/týdně bylo absolvováno za snížené dostupnosti S. Počet TJ se sníženou dostupností S se s blížícím závodem snižoval (< 1,5 TJ/týden v posledních 4 týdnech).



Obr. 2 Ilustrace tréninkové aplikace nízké dostupnosti S u dvoufázového tréninku

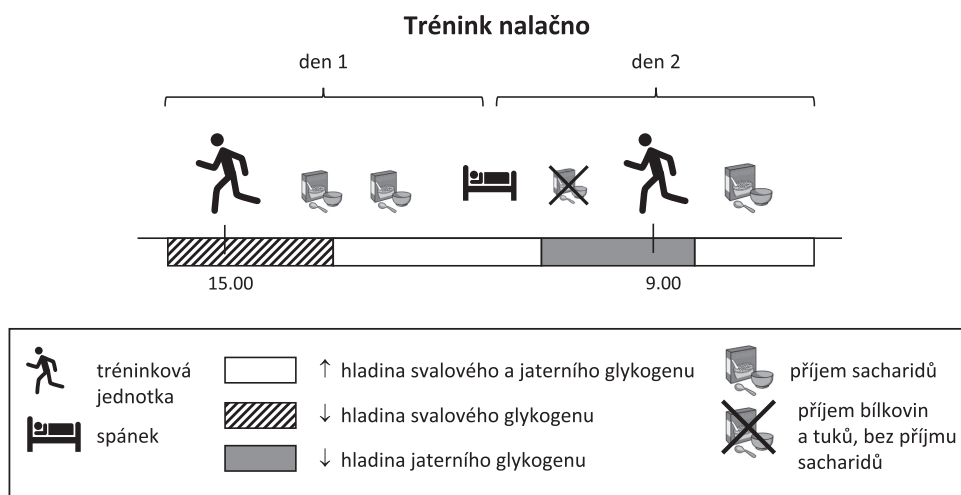
Restrikce S před a během zatížení indukuje příznivé změny na úrovni buněčné signalizace. Úplné vyloučení S v období po zatížení vyvolává přechodný energetický deficit, který je primárně zodpovědný za sníženou aktivitu klíčových proteinů regulujících biogenezi svalové tkáně, a to nezávisle na iniciálních (předzátěžových) hladinách glykogenu. Tři hodiny po skončení zatížení vede restrikce S, i přes zařazení B s optimálním množstvím leucinu ve snaze katabolické reakce kompenzovat, k supresi aktivity p70S6k (Impey et al., 2016). Příjem S by měl být podle autorů periodizován tak, že se důraz na nízkou dostupnost S soustředí především do období před a během zatížení.

5.3.2 „Sleep low“ strategie

„Sleep low“ strategie je modifikací mezi sportovci populární metody tréninku nalačno. Termín „sleep low“ byl poprvé formulovaný v r. 2015 (Lane et al., 2015). Současné pojetí tréninku nalačno manipuluje pouze exogenní dostupností S. V den předcházející tréninku nalačno není svalový glykogen vyčerpán, pokud netrénujeme nebo doplňujeme S po tréninkové jednotce v množství odpovídajícím potřebám. Trénink „nalačno“ tak nabízí dostatečnou endogenní dostupnost S ve formě svalového i jaterního glykogenu (obr. 3).

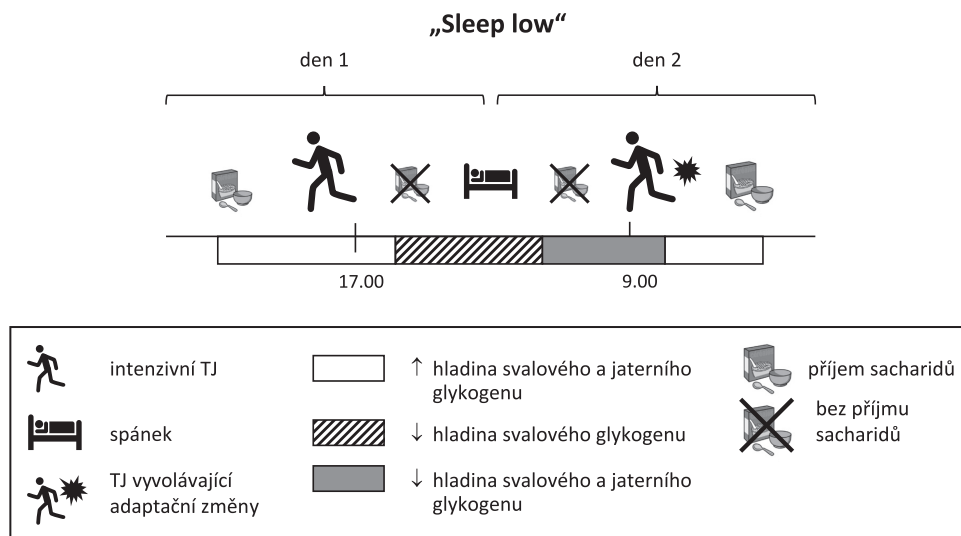
Strategie „sleep low“ podle současného pojetí kombinuje večerní intenzivní trénink za účelem vyčerpání hladin glykogenu s následnou potréninkovou absencí příjmu S ve snaze zabránit jeho regeneraci (Marquet & Brisswalter et al., 2016a).

Zjednodušené schéma nízké dostupnosti S u *sleep low* tréninku: Do první ranní/dopolední TJ (včetně) sportovec záměrně nepřijímá žádné S, popř. je trénink absolvován zcela nalačno (obr. 4). Tento postup vede k redukci jaterního, ale zejména i svalového glykogenu pro ranní/dopolední TJ. Kombinace večerního (bez následné regenerace glykogenu) a ranního tréninku „nalačno“ tak významně snižuje endogenní i exogenní dostupnost S.



Obr. 3 Ilustrace tréninku nalačno

V jedné z prvních studií byl efekt krátkodobé týdenní „*sleep low*“ strategie sledován u cyklistického dvouhodinového submaximálního zatížení s následným tzv. time-trial (TT) testem na 20 km (Marquet & Brisswalter et al., 2016b). Účastníci studie byli rozděleni do dvou skupin („*sleep low*“ a kontrolní). Tréninkový režim a denní příjem S (6 g/kg) byl u obou skupin shodný. „*Sleep low*“ skupina nepřijímala S od zahájení podvečerní intenzivní TJ (po 17. hodině) do druhého dne do skončení ranní TJ „*sleep low*“. Ve srovnání s kontrolní skupinou, u které byl příjem S řízený za účelem maximalizace dostupnosti S (především načasování příjmu S vůči TJ), došlo k průměrnému zlepšení výkonu o 3,2 %. „*Sleep low*“ strategie nezměnila zátěžovou utilizaci substrátů, koncentraci ukazatelů tukového metabolismu (glycerol, volné mastné kyseliny) a rovněž nedošlo ke změnám plazmatických hladin katecholaminů.



Obr. 4 Ilustrace tzv. „sleep low“ tréninkové metody nízké dostupnosti S

Limitující aspekty tréninku při záměrně snížené dostupnosti sacharidů

Nutriční strategie manipulující dostupností S může být při nesprávném začlenění do tréninku zásahem do tréninkových, zdravotních i výkonových ukazatelů. Zasahuje do plánované intenzity tréninku, a nezbytná je proto periodizace a návaznost na tréninky probíhající ve stejném mikrocyklu, ovšem za vysoké dostupnosti S (Stellingwerff, 2013). Příjem S během zatížení sehrává klíčovou roli ve zmírnění zatížením indukované imunosuprese (Gunzer, Konrad, & Pail, 2012). Trénink v podmínkách nízké dostupnosti S zvyšuje akutně svalovou proteolýzu a může při opakování vést k úbytku aktivní tělesné hmoty (Howarth et al., 2010). Chronická restrikce S se negativně projevuje na následné úrovni zátěžové oxidace S podaných během výkonu (Cox et al., 2010).

Z dlouhodobých intervenčních studií souhrnně vyplývá, že nízká dostupnost S zvyšuje riziko onemocnění horních cest dýchacích a jiných infekcí (Walsh et al., 2011). Krátkodobá intervence nízké dostupnosti S (třítýdenní implementace „sleep low“ strategie) však k negativním změnám v imunitních ukazatelích (leukopenie, plasmatické hladiny kortizolu a prozánětlivé cytokiny) nevede. To potvrzuje i fakt, že se u experimentální skupiny nezvýšila incidence infekcí horních cest dýchacích (Louis et al., 2016).

Sportovec musí v důsledku snížené dostupnosti S v tréninku čelit snížení tréninkové kapacity, zvýšení vnímaného úsilí a srdeční frekvence a celkové redukci výkonu např. u částí vytrvalostního zatížení, nutících provedení vysokou intenzitou (nástupy, úniky, změny tempa, cílový finiš, terénní sklon atd.) (Langfort, Zarzeczny, Pilis, Nazar, & Kaciuba-Uścitko, 1997). Vzhledem k nežádoucímu objektivnímu snížení tréninkové intenzity je možné před TJ, nebo v jejím průběhu, zařadit kofein (Silva-Cavalcante et al., 2013).

Ergogenní efekt kofeinu je nezávislý na obsahu glykogenu. Přes evidentní ergogenní potenciál však kofein v situaci redukováných glykogenových rezerv snížený výkon nekompenzuje, ale může pouze zmírnit jeho pokles (Lane et al., 2013). Tréninkové jednotky při nízké dostupnosti S by měly být plně integrovány do tréninkového programu, všech fází ročního tréninkového cyklu, a to ne izolovaně, ale v návaznosti na intenzivní, rozvíjející TJ. Počet TJ v režimu nízké dostupnosti S směrem k závodnímu období klesá. Kofein (ergogenní efekt), usrkávání nápoje se S (rovněž ergogenní strategie „*mouth rinse*“) a zvýšený příjem B mohou redukovat nevyhnutelnou míru poklesu intenzity tréninkového zatížení, eliminují riziko proteokatabolismu a snížené obranyschopnosti.

Aby bylo možné nově identifikovanou úlohu glykogenu využít v praxi, je třeba vytvořit postup, kterým bude možné neinvazivně, rychle a přesně stanovit utilizaci glykogenu během různých zatížení a znát změnu hladiny glykogenu ve svalu. Jedině tak bude mít sportovec okamžitou zpětnou vazbu o správnosti, efektivitě a průběhu tréninku nízké dostupnosti S a bude moci správně balancovat mezi tréninkem při vysoké a nízké dostupnosti S a současně tím bude eliminovat rizika poklesu výkonu, snížené adaptační reakce (tzv. „*glycogen threshold hypothesis*“) (Impey et al., 2018). Díky novým pilotním datům s využitím elektromagnetického senzoru je možné nejen predikovat hladiny svalového glykogenu v rozsahu 0–400 mmol/kg, ale také je možné kalkulovat míru svalové glykogenolýzy (Greene, Korostynska, Louis, & Mason, 2017).

Snížená dostupnost sacharidů a silový trénink

Většina studií zaměřených na efekt tréninku při nízké endogenní dostupnosti S je zaměřena na vytrvalostní typ zatížení. Bilance svalových B a remodelace svalové tkáně jsou vytrvalostním zatížením při snížené endogenní dostupnosti S negativně ovlivněny. V případě silového tréninku se zdá být dostupnost glykogenu na akutní reakci organismu (např. míra MPS) nezávislá. Camera et al. (2012) neprokázal žádné významné rozdíly v míře MPS v časné fázi regenerace (0–4 h) v případě tréninku (8 × 5 opakování leg press, 80 % jednoho maximálního opakování) s nízkými hladinami glykogenu (kontrolováno biopsií). Akutně snížená endogenní dostupnost glykogenu před zahájením tréninku nesnižuje anabolické účinky vyvolané silovým tréninkem v situaci, kdy nízká hladina glykogenu není současně doprovázena energetickým deficitem (energetická bilance v tréninkový den není negativní). V případě desetidenní energetické restriktce (–2 100 kJ/d, úbytek hmotnosti 0,5–1 kg/týden) ale došlo u 12 zdravých rekreačních sportovců k potlačení MPS o 19 %. Dusíková bilance zůstala vzhledem k vysokému příjmu B 1,5 g/kg nezměněná (Pasiakos et al., 2010). V případě silového zatížení je vhodné se vyhnout negativní energetické bilanci a zvýšit příjem B nutný ke kompenzaci MPB a podpoře MPS (Knuiman, Hopman, & Mensink, 2015).

5.4 Nízkosacharidová strava

Nízkosacharidová vysokotuková strava (LCHF) se stává populárním prostředkem redukce TH, korekce symptomů civilizačních onemocnění, snahy dosáhnout lepšího výkonu, ale také životním stylem. Cílem této kapitoly je podat základní obraz o podobách nízkosacharidového modelu výživy jako prostředku snížení dostupnosti S sportovců.

Snahou řady sportovců je manipulovat s příjmem S ve snaze vyvolat specifické adaptační změny, které mohou být pro sportovce využitelné v podpoře sportovního výkonu. Jednou z klíčových reakcí organismu na dlouhodobě sníženou dostupnost S je zvýšená oxidace tuků. Recentní souborné práce se vrací k dříve velmi populárním formám LCHF a zejména se orientují na nejpřísnější, ketogenní variantu LCHF (Volek et al., 2015). Přes jednoznačné metabolické změny potenciálně podporující zejména vytrvalostní výkony (utilizace tuků, redukce glykogenolýzy) není zlepšení výkonu podle současných (Burke, 2015) ani dřívějších prací jednoznačné (Kiens & Helge, 1998).

Vedle uplatnění ve sportu je mnohem významnější fakt, že LCHF strava příznivě ovlivňuje také zdravotní ukazatele zejména u obézních (Dashti et al., 2007), diabetiků (Yancy, Foy, Chalecki, Vernon, & Westman, 2005) nebo osob se zvýšeným kardiovaskulárním rizikem (Elhayany, Lustman, Abel, Attal-Singer, & Vinker, 2010). Některé souborné práce proto nízkosacharidové postupy prezentují jako výživové strategie s uplatněním v prevenci civilizačních onemocnění (Noakes & Windt, 2017). Feinman et al. (2015) dokonce navrhuje zařadit nízkosacharidovou stravu jako základní nutriční režimový postup u diabetiků II. typu. Premisa, že nízkosacharidové diety automaticky zlepšují kardiovaskulární profil, anebo vedou k redukci TH, není v odborné literatuře konzistentní, jak dokládají studie jedinců s nadváhou anebo obézních s/bez diabetu (Naude et al., 2014), nebo u zdravých sportujících jedinců (Wilson et al., 2017).

Definice LCHF

Jasná definice a okolnosti realizace nízkosacharidové výživy v současnosti chybí. Za nízkosacharidovou je možné považovat takovou výživu, ve které je příjem S redukován pod úroveň formálně akceptovaných doporučení.

Např. referenční dávky německy mluvících zemí (Německo, Rakousko, Švýcarsko) označované jako dávky DACH stanovují hodnotu pro příjem S pouze obecně pro dospělé, a to > 50 % denního energetického příjmu. Ve Spojených státech se pro S udává tzv. akceptovatelný příjem v rozmezí 45–65 % celkového denního příjmu energie.

Noakes a Windt (2017) rozlišují tři varianty nízkosacharidové diety podle míry sacharidové restrikce. Nízkosacharidovou stravu s mírnou restrikcí S (26–45 % z celkového denního energetického příjmu), LCHF dietu (< 26 %, nebo < 130 g S/den) a ketogenní LCHF dietu

(20–50 g S/den, nebo < 10 % denního energetického příjmu při 2 000 kcal/den). Nejprůsnější forma LCHF diety indukuje v játrech tvorbu tzv. ketolátek a rozvíjí se tzv. nutriční ketóza, při které je cirkulace ketolátek v krvi zvýšená nad bazální hladiny 0,1–0,3 mmol/l (nutriční ketóza – 0,5–8 mmol/l). Tento stav „*nutriční ketózy*“ je fyziologický a je třeba jej odlišit od diabetické ketoacidózy, kdy hladiny ketolátek překračují ~ 25 mmol/l (Noakes & Windt, 2017). Sportovci dnes mohou při snaze podpořit výkon indukovat ketózu akutním podáním exogenních ketolátek před zatížením (Evans, Cogan, & Egan, 2017).

Z názvu LCHF vyplývá, že je dieta chápána jako vysokotuková. Ad libitum LCHF strava zvyšuje pocit sytosti a potlačuje hlad, a vede tak spontánně ke snížení energetického příjmu (Boden, Sargrad, Homko, Mozzoli, & Stein, 2005). Z uvedeného důvodu i přes relativní vzestup přijímaných tuků v dietě může jejich absolutní příjem zůstat stejný. Z toho je zřejmé, že reakce na dietu se interindividuálně značně odlišují. Obavy ze zvýšeného příjmu tuků vyplývající z podstaty diety nejsou dnes tak silné jako dříve. Asociace mezi zvýšeným příjmem nasycených mastných kyselin a kardiovaskulárním rizikem není jednoznačná (Souza et al., 2015).

5.4.1 Nízkosacharidová strava ve sportu

V roce 1983 bylo pět sportovců podrobena výzkumu vlivu čtyřtýdenní LCHF ketogenní diety (< 20 g S/den) (Phinney, Bistrian, Evans, Gervino, & Blackburn, 1983). Sledovány byly metabolické a výkonové parametry. Zde bylo poprvé zdokumentováno, jak výrazné jsou dopady ketodiety na metabolismus živin při zátěži. Uvedená studie podobně jako mnoho následujících dokumentuje fakt, že LCHF dieta vede k dramatickým adaptacím podporujícím schopnosti využít tuků jako zdroje energie (↑ intramuskulární tuk, ↑ aktivita hormon-senzitivní lipázy, ↑ transportních B pro T). Nad rámec samotné adaptace sportovců na vytrvalostní trénink je až 2× zvýšena schopnost svalů oxidovat exogenní a endogenní zdroje tuků, dochází tím k šetření zásob S redukcí absolutních hodnot oxidovaných S a potlačenou glykogenolýzou během zatížení. Přes metodologické limity citované práce Phinneyho et al. (1983) (5 probandů) vedla tato pilotní studie k obrovskému rozmachu a popularitě LCHF diet, zejména u ultra-distančních typů zátěže.

Později se ukázalo, že již krátkodobý pětidenní protokol LCHF diety, při kterém dojde k omezení příjmu S a zvýšení podílu T (< 25 % S a > 60 % T z celkového denního energetického příjmu) indukuje metabolické změny příznivé pro vytrvalostní výkony. Metabolické změny ve prospěch oxidace tuků jsou po pěti dnech silné natolik, že přetrvávají a nejsou potlačeny i přes hypersacharidovou stravu v období 24–36 h před plánovaným výkonem, která vede k znovunastolení vysoké endogenní (superkompenzace glykogenu) i exogenní (příjem S) dostupnosti S. Není známo, jak dlouho tento efekt získaný LCHF dietou přetrvává (Burke, 2015).

Sportovec musí v průběhu LCHF diety v důsledku snížené dostupnosti S počítat se snížením tréninkové kapacity, zvýšením vnímaného úsilí a srdeční frekvence a s celkovou redukcí intenzivních fází výkonu. Dalším limitujícím aspektem jsou časté GIT obtíže, zejména u přísných ketogenních variant LCHF, které snižují adherenci k dietě a negativně ovlivňují i výkon sportovce (Leckey et al., 2016).

Efekt ketogenní LCHF ve sportu

Volek et al. (2016) jako první na příkladu elitních ultra-distančních triatlonistů mapuje adaptační změny dlouhodobého uplatňování LCHF režimu a změny v metabolických ukazatelích. Volek (2016) překvapivě uvádí, že chronická (9–36 měsíců) LCHF strava (~ 10 % S) nevede k redukcí klidových glykogenových rezerv, ve srovnání s konvenční vysokosacharidovou dietou (59 % S z celkového denního energetického příjmu), a není tak limitována endogenní dostupnost S (zásoby glykogenu) (Volek et al., 2016).

Využitelnost glykogenu je u LCHF diet ve srovnání s vysokosacharidovou (~ 8 g/kg) potlačením glykogenolýzy omezená, což limituje zejména vysoce intenzivní výkony, popř. fáze zatížení, ve kterých je intenzita zatížení vysoká (Chang, Borer, & Lin, 2017).

V kauzistice elitního vytrvalostního ketoadaptovaného sportovce Webster, Swart, Noakes, & Smith (2018) popisuje efekt podání S v množství 60 g/h během osmi intenzivních zatížení od sprintu po 100 km TT. Uzavírá, že během kratších (4–30 min) zatížení, ale ne u dlouhodobých (100 km TT) výkonů, je možné zvýšením dostupnosti S u ketoadaptovaných sportovců očekávat podporu výkonu.

Čtyřtýdenní ketogenní strava zhoršila u stupňovaného testu do maxima čas o 1,5 minuty, současně došlo vzhledem k redukcí hmotnosti ke zvýšení relativní spotřeby kyslíku (Cipryan, Plews, Ferretti, Maffetone, & Laursen, 2018). Právě redukovanou schopnost využít glukózu během intenzivního vytrvalostního cvičení a nezměněnou absolutní spotřebu kyslíku při nové (tréninkem získané) vyšší aerobní kapacitě VO_2max můžeme interpretovat jako zhoršení ekonomiky práce, jak dokumentuje na výzkumu elitních chodců Burke et al. (2017b).

McSwiney et al. (2018) uvádí zlepšení výkonu u devíti sportovců v cyklistickém 100km TT testu, 6s sprintu i testu kritického výkonu po aplikaci dvanáctitýdenní ketodiety s 77 % tuků a 6 % S. Během 100km TT byla přijímaná pouze voda. Beta-Hydroxybutyrát (BHB) vzrostl z 0,1 → 0,5 mmol/l. V max. 6s sprintu (W_{max}) došlo ke zlepšení +0,8 W/kg, v testu kritického výkonu +1,4 W/kg. Interpretace výsledku relativního výkonu (W/kg) je však ovlivněna průměrným poklesem hmotnosti ve sledovaném souboru o 5,9 kg. U 100 km byly rozdíly v dosaženém výkonu nevýznamné, tři z devíti sportovců se výrazně zlepšili a tím byly celkové výsledky rovněž zkresleny. Výsledky poukazují na typickou nevyrovnanost v individuální reakci na ketogenní dietu.

V praxi LCHF dietu „kupodivu“ dodržují např. zastánci crossfitu. Tedy sportovní aktivity, která z metabolického hlediska adaptace směrem k efektivnější utilizaci mastných kyselin při zátěži nijak nepomáhá. Zatížení v crossfitu dominují silově-rychlostní prvky, provozované submaximální intenzitou s převažujícím anaerobním energetickým krytím (Fernández, Solana, Moya, Marin, & Ramón, 2015). Protože LCHF strava zhoršuje úroveň silových i vytrvalostních schopností (Urbain et al., 2017), ale ne intermitentní intenzivní zátěže (Cipryan et al., 2018), uplatňování LCHF diety u činovníků crossfitu nemůže být motivováno snahou podat lepší výkon a souvisí spíše se snahou redukovat TH, případně subjektivním přesvědčením a životním stylem.

Exogenní ketolátky při ketogenní dietě

Ve světle rozmachu LCHF stravování je věnována zvýšená pozornost suplementaci ketolátkami jako prostředku indukovat ketózu nezávisle na výživovém stavu a využít potenciálu ketolátek jako významného energetického substrátu nejen pro pracující svaly. Během maximálního intenzivního zatížení dosahuje energetický výdej ~ 1 000 kcal/h. Přes vysokou míru oxidací S (1–1,5 g/min) dosáhneme max. na ~ 240–360 kcal/h. Využití ketolátek proto představuje další potenciální energetický substrát pro extrahepatální tkáň. Utilizace ketolátek kosterním svalstvem se odhaduje na ~ 16–18 % podílu na energetickém výdeji. Právě zvýšená schopnost zužitkovat ketolátky může vysvětlovat, proč osmiměsíční habituální restrikce S (~ 7 %) a zvýšení podílu T (72 % T) nevede k adaptaci glukózového metabolismu a nízká dostupnost S není v průběhu zatížení kompenzována glukoneogenezí (Webster et al., 2016).

Z dostupné literatury vyplývá, že ketolátky mohou ↑ oxidaci intramuskulárních triacylglycerolů, ↓ proteolýzu, ↑ glykogenezi (Holdsworth et al., 2017). Mezi negativa patří redukce dostupnosti S a GIT potíže. V případě zařazení exogenní suplementace může být problematická adherence z důvodu špatné GIT tolerance, chuti, absence nutričních doporučení souvisejících se suplementací ketolátkami a také její vysoké ekonomické náročnosti. (Pinckaers, Churchward-Venne, Bailey, & van Loon, 2017). Finanční náročnost suplementace ketolátkami je přibližně 300 amerických dolarů/300 g². V případě hmotnosti sportovce 75 kg a aplikaci obvykle suplementovaného množství 450 mg/kg je cena jedné 33,75g dávky přibližně 680 Kč.

Akutní zvýšení ketonémie na 5–6 mmol/l 30 minut po konzumaci esterů ketolátek v množství 300 mg/kg ve formě nápoje odpovídá úplnému hladovění v délce trvání 5 dnů (Shivva et al., 2016). Biodisponibilita exogenně podaných ketolátek je velmi vysoká. Ketonemie dosahuje vrcholových hladin cca 3 mmol/l 60–120 minut po podání 400 mg/kg esterů ketolátek. Při 600 mg/kg je stejné hladiny dosaženo za 10 minut a po

² *World's 1st Ketone Ester Drink [webpage].*
<https://www.indiegogo.com/projects/world-s-1st-ketone-ester-drink-sports#/> [cit. 10. 4. 2018]

45 minutách je hladina 6 mmol/l. Hladověním dosáhneme cca 1–2 mmol/24 h, resp. 7–10 mmol/5 dnů). Výskyt GIT potíží po konzumaci solí ketolátek je častější ve srovnání s estery ketolátek (nejčastěji BHB) (Evans et al., 2017).

Suplementace ketolátkami (573 mg/kg KE společně s maltodextrinem 20 minut před zatížením /60 min 75 % VO₂max + 30 min TT/) zvýšila o 2 % výkon ve srovnání s izoenergetickým podáním glukózy, fruktózy a dextrózy (Cox et al., 2016). Kontrastní závěry přinesla nová studie (Leckey, Ross, Quod, Hawley, & Burke, 2017). Deset profesionálních cyklistů absolvovalo 20 minut warm-up a následně ~ 31 km cyklistickou časovku (simulace cyklistického MS, Bergen 2017). Třicet minut před testem přijali 500 mg/kg esterů ketolátek (2 × 250 mg/kg) nebo placebo (cola bez cukru). Všichni sportovci v suplementované skupině trpěli GIT symptomy (nauzea, reflux). Suplementace ketolátkami snížila tepovou frekvenci o ~ 5 tepů/min, zvýšila subjektivní vnímání zátěže a vedla ke zhoršení výkonu v časovce o 2 % (+ 58 s). Podobné zhoršení výkonu o 7 % pozoroval O'Malley, Myette-Côté, Durrer a Little (2017) u deseti mužů s aerobní kapacitou 45 ml/kg/min VO₂max. Trénovanost pravděpodobně reakci na podání 300 mg/kg ketolátek 30 minut před zatížením neovlivňuje.

Dosažení úrovně ketonemie 2 mmol/l je považováno za minimální koncentraci ketolátek v krvi nutnou k vyvolání ergogenního účinku (Waldman et al., 2018). Další příčinou je odlišná farmakokinetika různých forem ketolátek (acetoacetátu a esterů BHB) a zejména silné GIT potíže, které vyvolávají acetoacetát a diestery ketolátek (Stubbs et al., 2017).

Rozsah regulace bioenergetiky kosterního svalstva a metabolismu ostatních energetických substrátů během vytrvalostního zatížení s různou intenzitou a trváním není dostatečně známý. V současné době nejsou k dispozici studie, které by přesvědčivě prokázaly, že použití ketolátek během zatížení zvyšuje výkon sportovců v podmínkách, kdy jsou vhodně používány nutriční strategie založené na důkazech (Evans, 2017).

5.4.2 Zdravotní aspekty LCHF

Nízkosacharidovou stravu je možné zařadit mezi efektivní nástroje kontroly hmotnosti u obézních pacientů. Zařadit ketogenní LCHF dietu jako terapeutický nástroj u diabetu mellitu 2. typu, sice v doporučeních mezinárodních diabetologických organizací chybí, na základě závěrů vyplývajících z dostupné literatury ale není možné tuto strategii ignorovat (Feinman et al., 2015; Yancy et al., 2005).

Stejně jako věda je mnohdy ve svých závěrech konzervativní je třeba si uvědomit, že stále není známý především rozsah sacharidové restriktce zodpovědný za pozitivní účinky LCHF a měnit doporučení by bylo nezodpovědné a předčasné (Fenton & Fenton, 2016).

LCHF dietu uplatňovanou jedinci můžeme zařadit mezi alternativní výživové směry. Dochází totiž k záměrnému vylučování potravin s obsahem S, bez objektivního důvodu, jakým může být např. sekundární/terciární prevence zdraví, nebo podpora sportovního výkonu u sportovců. A paradoxně právě mezi zdravými jedinci, často pohybově aktivními s normální hmotností je o LCHF diety zřejmý rostoucí zájem. Výzkumy potvrzující efektivitu v redukci hmotnosti, úpravě lipidového spektra nebo kontrole glykémie byly prokázány u skupin, ve kterých se vyskytovala některá z komorbidit doprovázejících nadváhu anebo obezitu (inzulinová rezistence, prediabetes, diabetes mellitus 2. typu, dyslipidemie atd.). Závěry těchto výzkumů proto ani nemohou být „překvapivé“. Naopak u zdravých jedinců ketogenní LCHF strava ukazatele lipidového spektra nebo glykémii ve srovnání s kontrolními dietami neovlivňuje (Brehm, Seeley, Daniels, & D’Alessio, 2003; Wilson et al., 2017).

Schopnost nejrůznějších komunikačních kanálů (např. sociální sítě, odborníci-propagátoři LCHF diety, populárně-naučné knihy atd.) tlumočit účinky LCHF diet široké veřejnosti přispívá k její popularizaci.

Potenciální zdravotní benefity LCHF shrnuje tab. 7.

Tab. 7 Nejčastější diskutované zdravotní aspekty LCHF diety (Kumstát, 2017c)

<p>Redukce tělesné hmotnosti</p> <p>↑ pocit nasycení vede k „nevědomému“ omezení energetického příjmu bez přítomnosti hladu díky:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zvýšenému příjmu B a související dietou indukovanou termogenezí (zapojení B do glukoneogeneze?); • nutriční ketóza pravděpodobně potlačuje chuť k jídlu; ↑ ztráty energie exkrecí ketoláték močí a potem; • snížení výskytu reaktivní (rebound) hypoglykémie zesilující pocit hladu; • metabolickým změnám podporujícím redukci tukové tkáně (↑ lipolýza, ↓ lipogeneze).
<p>Management diabetu 2. typu</p> <p>Zlepšená glykemická kontrola u pacientů s diabetem 2. typu a prediabetem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • snížení lačné i postprandiální glykémie a glykovaného hemoglobinu; • redukce TH; zlepšení glykemická kontroly dojde i bez redukce TH; • eliminace nebo zastavení medikace; u LCHF nejsou známy nežádoucí vedlejší účinky tak jako u farmakologické léčby.
<p>Rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění</p> <ul style="list-style-type: none"> • snížení systolického tlaku, diastolického tlaku, plasmatických triacylglycerolů, glykovaného hemoglobinu, inzulinu a abdominální obezity.

Vysvětlivky: DM II, diabetes mellitus 2. typu; TAG, triacylglycerol; HbA1c, glykovaný hemoglobin

5.4.3 Kontroverze v oblasti preskripce nízkosacharidové stravy

Pro inkonzistentní závěry odborné literatury můžeme v souvislosti s LCHF dietou formulovat následující, v mnohém kontroverzní, poznámky:

1. Cíle, motivace laické (= převážně prostředek k redukci hmotnosti), odborné (= snaha o objektivní korekci narušeného glukózového metabolismu u osob s prediabetem) a sportovní veřejnosti (= snaha o podporu výkonu) k dodržování nízkosacharidových variant stravování se liší. Paušální zhodnocení potenciálního přínosu proto vyžaduje podrobnou anamnézu (zejména nutriční, pohybovou, zdravotní).

-
2. Cílem LCHF uplatňované sportovci by mělo být především vytěžít maximum z adaptačního potenciálu metabolického přesmyku směrem k využívání T, a ne celková energetická restrikce (jak je často chybně vnímáno mezi rekreačními sportovci a laickou veřejností). Nemělo by ani docházet ke změnám v podílu přijímaných B (~ 1,5 g/kg).
 3. Uplatňování LCHF diety u pacientů-diabetiků vyžaduje spolupráci s diabetology. V současnosti ale žádná exaktně definovaná doporučení pro LCHF, podle kterých by se diabetologové řídili, neexistují. Jejich doporučení mohou být opřena pouze o zkušenosti s individuálními případy a kazuistikami. Standardy České diabetologické společnosti (Jirkovská, Pelikánová, & Anděl, 2012) ani Mezinárodní diabetologická federace (2012), Americká diabetologická asociace (2017) termín „nízkosacharidový“ neobsahují. Jimi přijatá nutriční doporučení korespondují s obecně platnými výživovými doporučeními pro denní zastoupení živin – S 45–60 % a T 20–35 %.
 4. Kontrola úrovně ketonemie (sledování rizika ketoacidóza) anebo využití exogenní suplementace ketolátkami jsou objektivní důvody k využití monitorů ketonemie a glykémie.
 5. Kvalitativní stránka výživy se dostává do pozadí. Zaměření diety primárně vede ke sledování poměru přijímaných makroživin. Absence jakýchkoliv doporučení zvyšuje rizika insuficiencí esenciálních živin u rizikových skupin (děti, senioři). Jaké jsou dlouhodobé dopady snížené nutriční denzity stravy na zdraví?
 6. Odborná literatura zaměřená na sport i zdraví je soustředěna kolem úzké skupiny renomovaných odborníků – „*propagátorů*“ diety. Trpí tím objektivita prezentovaných závěrů.

5.5 Shrnutí

Současná odborná literatura vztah S k pohybové aktivitě nazývá téměř výlučně „*dostupností S*“. Pojem komplexně vystihuje endogenní (glykogen) i exogenní (příjem) zdroje S. Strategické a periodizované změny v příjmu S měnící endogenní a/nebo exogenní dostupnost S zesilují tréninkem – indukované adaptace kosterního svalstva, jako např. exprese genů účastnících se regulace adaptačních procesů, zvyšují aktivitu oxidativních enzymů a intramuskulární oxidaci T.

Řada recentních experimentů a intervenčních studií prokazuje, že v případě koordinovaného (plánovaného) začlenění TJ se záměrně sníženou hladinou glykogenu dochází ke zvýšení adaptace na zátěž nad rámec běžné adaptace získané pravidelným tréninkem. Výsledkem jsou konkrétní využitelné tréninkové modely optimalizující tréninkovou odpověď.

Novou otázkou ale je, jak tyto praktiky správně, strategicky implementovat do stávajícího tréninku...

Neřízený a strategicky neplánovaný trénink v podmínkách redukováných glykogenových rezerv nebo omezeného příjmu S je realizován na úkor absolutní intenzity, nega-

tivně ovlivňuje rychlost regenerace, potencuje zatížením vyvolanou sníženou obranyschopnost organismu atd. (Burke, 2010). Přes tato rizika je prokázáno, že trénink při snížené dostupnosti S vede k rozsáhlým adaptačním změnám, jejichž projevy mohou vysvětlovat vysokou výkonnost sportovců.

Přes vzrůstající evidenci, že „méně S může znamenat více“, není strategie záměrné manipulace s dostupností S integrována do stávajících doporučení sportovní výživy. Je možné očekávat, že se řízený trénink při nízké dostupnosti S brzy stane pevnou součástí doporučení ve sportovní výživě. Americká společnost sportovní medicíny se k tomuto modelu přípravy sportovce vyjadřuje poprvé až v nejnovějším souborném textu. V předchozích vyjádřeních z let 2000 a 2009 zmínka o významu dostupnosti S není (Thomas, Erdman, & Burke, 2016). Tréninkový přístup (tzv. „*train-low*“ koncept), ve kterém jsou vybrané TJ záměrně započaty a realizovány za snížené dostupnosti S, a soutěžní zatížení za vysoké dostupnosti S se ukazuje být dalším z milníků v genezi postojů k příjmu S ve vytrvalostním sportu. Stěžejní význam má především nízká endogenní dostupnost S během tréninkového zatížení. Tréninková strategie snížené dostupnosti S je realizována prostřednictvím záměrné manipulace s endogenními a exogenními zdroji S za účelem podpory tréninkové adaptace. Konkrétním příkladem může být modifikace tréninku nalačno, tzv. „*sleep low*“ strategie, vícefázový trénink nebo nízkosacharidové přístupy.

Strategické plánování tréninku za podmínek snížené dostupnosti S je pevnou součástí nejnovějších přístupů ke sportovní výživě. Zcela nezbytná v realizaci tréninku nízké dostupnosti S je úzká spolupráce mezi sportovcem, trenérem a dietologem při plánování a periodizaci tréninku. Přímá možnost sportovního dietologa zasahovat do koncepce tréninkového procesu je otázkou budoucnosti sportovní výživy.

Uplatňování LCHF diety znamená výrazný odklon od zakořeněného paradigmatu o potřebě S ve výživě člověka. Na základě současných poznatků můžeme zopakovat, že LCHF strava ve srovnání se stravou, zabezpečující vysokou dostupnost S pro intenzivní tréninkové anebo závodní zatížení, nevede ke zvýšení sportovního výkonu. Mezi zastánci nízkosacharidových diet nalezneme převážně aktéry ultradistančních závodů, u kterých je možné vzhledem k výrazné dominanci oxidativního tukového metabolismu očekávat (individuální) profit. Optimální praktické LCHF strategie, s výjimkou krátkodobého pětidenního protokolu, však v současnosti nejsou formálně popsány a neexistují pro ně žádná doporučení. Nízkosacharidová strava patří pro popsání vliv na redukci hmotnosti mezi populární alternativní směry výživy také u nesportující populace bez zdravotních oslabení. Řadou studií je však doloženo, že nízkosacharidový režim má nejprospěšnější účinky zejména u obézních diabetiků, ale také příznivě ovlivňuje řadu rizikových faktorů kardiovaskulárních onemocnění. Vzhledem k interindividuálně variabilní toleranci nízkosacharidové stravy by měl každý zvážit objektivní důvody pro její realizaci (Burke, 2015; Volek et al., 2015).

Přes všechny zdokumentované metabolické výhody, které pro vytrvalostního sportovce LCHF diety představují, není tato strategie pro zvýšenou relativní spotřebu kyslíku (ekonomiky práce) během submaximálního zatížení mezi elitními, vrcholovými ultradistančními běžci nebo plavci využívána (Kumstát, Rybářová, Thomas, & Novotný, 2016b; Stellingwerff, 2016). Přestože nízkosacharidový přístup je v kontrastu s cílem maximalizovat výkon u elitních vytrvalostních sportovců, může být bez negativních dopadů na výkon a zdraví sportovce uplatněn rekreačními sportovci (Urbain et al., 2017). Řada ultradistančních běžců na rekreační i vrcholové úrovni aplikuje ketogenní dietu. Vzhledem k výrazné dominanci oxidativního tukového metabolismu je právě u těchto sportovců *možné* očekávat (individuální) profit (Maunder et al., 2018). Optimální praktické strategie však v současnosti nejsou známy ani popsány a interpretace současných poznatků musí být individualizována a přizpůsobena samotnému sportovci.

Ze syntézy poznatků tematického celku dostupnosti S vyplývají následující otázky, na které nelze v současnosti odpovědět:

Nízkosacharidové modely stravování

- Jak dlouho po ukončení neketogenní LCHF přetrvává redukováná oxidace S? Je možné přes realimentaci S (návrat k vysoké oxidaci S) částečně zachovat adaptace a profitovat z potenciálu zvýšené utilizace T?
- Během LCHF diety, jaká je hranice relativní intenzity zatížení, při které již dochází k signifikantnímu ovlivnění vytrvalostních schopností a závodního výkonu (jako důsledek redukové kapacity k oxidaci S)?
- Zvyšují dlouhodobé adaptace na ketogenní LCHF dietu výkon? Jak dlouho výkonostní efekt přetrvává?
- Jaké jsou dopady akutního/přechodného zvýšení exogenní dostupnosti S podáním S během zatížení za současné realizace ketogenní LCHF?
- Jaké jsou metabolické, zdravotní a výkonové účinky dlouhodobé expozice zvýšené ketonemii? Jaká je minimální hranice ketonemie vyvolávající tyto změny a je možné potenciálních účinků dosáhnout exogenním podáním ketolátetek?
- Jaké je optimální načasování, množství a forma přijímaných tuků před, během a po zatížení? Žádná konkrétní doporučení neexistují.
- Může manipulace s příjmem tuků u ketoadaptovaných jedinců dále měnit adaptační reakce na zatížení?

Dostupnost sacharidů a její manipulace v tréninku

- Jak se liší energetické nároky, míra utilizace glykogenu a potřebný příjem S během variabilního tréninkového zatížení sportovců?

-
- Existují nějaké nutriční prostředky vedoucí ke zvýšení zásob glykogenu přes optimální příjem S (odpovídající doporučením) anebo v situaci dlouhodobě nízké dostupnosti S?
 - Existuje minimální/hraniční obsah svalového glykogenu před zahájením a v čase zá-
těže vyvolávající příznivé adaptační reakce? A jaké je minimální „zbytkové“ množství
glykogenu po skončení zatížení podporující pozátěžovou adaptační reakci?
 - Jaké jsou rozdíly v reakci trénovaných elitních a netrénovaných sportovců na mani-
pulaci s dostupností S?
 - Jaký je optimální poměr, frekvence, druh a způsob integrace strategií manipulují-
cích s nízkou a vysokou dostupností S zvyšující efektivitu tréninku v rámci konkré-
tního tréninkového období? (Tj. např. kolik tréninkových jednotek při nízké dostup-
nosti S, v jakém poměru k tréninkům s vysokou dostupností S si může sportovec do-
volit absolvovat?)
 - Jak optimálně začlenit TJ vysoké dostupnosti S do tréninkové praxe sportovců v pří-
pravě na soutěž? Jaký je optimální poměr, frekvence takových TJ?
 - Jaké jsou bezprostřední (potréninkové) a dlouhodobé dopady chronické expozice
nízké tréninkové dostupnosti S na zdraví sportovců?

6 Nové perspektivy v příjmu bílkovin ve sportu

Je známo, že pravidelná pohybová aktivita zvyšuje potřebu B ve výživě sportovce (Lemon, 1998). Dle současných doporučení by měly být B ve výživě dospělého člověka přijímány v denním množství 0,8 g/kg. Denní potřebu dále determinují zejména tréninkové (objem, intenzita zatížení, charakter tréninku), nutriční ukazatele (zdroje B, zastoupení AK), ale také frekvence příjmu B, distribuce příjmu a načasování vůči zatížení. Roli sehrává také věk, složení těla, trénovanost. Doporučený příjem B sportovců je proto vyšší (1,2–2,0 g/kg) (Thomas, 2016). Podle recentní metaanalýzy se jako optimální denní množství B podporující zvyšování svalové hmoty a síly indukované odporovým tréninkem u trénovaných sportovců jeví 1,62 g/kg. Vyšší příjem B v kombinaci s tréninkem dále parametry FFM signifikantně nemění (Morton et al., 2018). Z pozorování sportovců vyplývá, že sportovci s plněním příjmu B problém nemají a 1,2 g/kg přijímá 90 % sportovců (ze souboru 544 sportovců různých sportovních disciplín a zatížení) přibližně 100 minut denně (Wardenaar, 2017). Mezi sportovci silových disciplín je běžně > 2,6 g/kg (Antonio et al., 2016).

Následující kapitola rozšíří klasický pohled na množství, zdroje, kvalitu a načasování příjmu B ve sportu o současná témata denní distribuce (Areta et al., 2013), příjem B u seniorů (Naseeb & Volpe, 2017) nebo vysokobílkovinnou dietu, tak jak jsou nově uvedena v konsenzuálních dokumentech ACSM, a zejména ISSN (Jäger et al., 2017). Kapitola je svým obsahem více orientovaná na silově zaměřené sportovní disciplíny.

6.1 Metodologické poznámky

Pohybová (in)aktivita a výživa mají vliv na adaptační mechanismy. Adaptabilita svalové tkáně je determinována s rozdílným vlivem silovým a/nebo vytrvalostním zatížením. Pohybová aktivita společně s příjmem B, resp. AK reprezentují anabolický stimulus (syntéza bílkovin), který vede k adaptačním změnám (svalová hypertrofie, ↑ svalová síla, ↑ oxidativní kapacita svalu).

Výzkum efektivity příjmu B ve sportu čelí řadě metodologických limitů, a za nejčastější se považuje otázka, zda je možné akutními změnami ve svalové tkáni po jednorázovém zatížení dostatečně predikovat dlouhodobé adaptační změny. Z metodologického hlediska jsou akutní pozátěžové projevy pozorované ve svalové tkáni po příjmu živin, jako jsou zvýšená MPS, genová exprese, transkripční a translační procesy, považovány za indikátory adaptačního potenciálu, a tedy za indikátory dlouhodobé svalové adaptace (Hawley, Tipton, & Millard-Stafford, 2006). Uvedené akutní reakce organismu dostatečně predikují dlouhodobé adaptační změny (Hartman et al., 2007; Wilkinson et al., 2007). Podle Hawleyho et al. (2006) platí v případě, že je podnět (tréninkové zatížení

a příjem B) dlouhodobý, opakovaný a nepřerušovaný, a přes minimální jednorázovou depozici a ztrátu svalových bílkovin po zatížení, že kumulace těchto malých změn se v dlouhodobém měřítku (několik týdnů) projevuje vyšší oxidativní kapacitou nebo svalovou hypertrofií.

Podle jiných ale měřítko okamžité odpovědi organismu v podobě MPS není dostatečným prediktivním nástrojem svalové hypertrofie a pozátěžová (1–6 h) míra MPS nekoreluje se svalovou hypertrofií indukovanou šestnáctitýdenním odporovým tréninkem. Interindividuální reakce jednotlivců jsou značně geneticky determinované a k jejich identifikaci by bylo nutné využít poznatků z proteomiky, genomiky nebo transkriptomiky (Mitchell et al., 2014).

Bilance bílkovin svalové tkáně

Proteosyntéza je proces představující novotvorbu bílkovin tělu vlastních. Jde o komplikovaný několikastupňový proces, který začíná v momentě, kdy organismus dostane určitý podnět k jeho spuštění. Tímto podnětem může být například příjem specifických živin, hormonální aktivita, svalová práce či energetický stav buňky daný aktivitou AMP-kinázy a dalších enzymů či metabolických drah (Holeček, 2016, s. 147).

Proces degradace kompletních bílkovin na jejich jednodušší složky (AK či peptidové řetězce) označujeme jako proteolýza (Holeček, s. 147). Ke svalové proteolýze může docházet v postresorpčním období metabolismu, u patologických stavů (infekce, trauma, popáleniny...), hladovění nebo v důsledku tělesné zátěže. Ve sportu je proces proteolýzy spojený hlavně s katabolismem bílkovin kosterního svalstva. Jedním z častých indikátorů katabolismu svalové tkáně je 3-MH. Podání S anebo AK katabolismus bílkovin indukovaný stresovou reakcí organismu a vyplavení kortizolu výrazně zmírní (Bird, Tarpennig, & Marino, 2006). Vzájemná bilance mezi mírou syntézy (MPS) a odbourávání (MPB, z angl. *muscle protein breakdown*) svalových bílkovin je vyjadřovaná jako „čistá bilance bílkovin“. K nárůstu svalové hmoty (svalové hypertrofii) potom dochází v období, ve kterém délka trvání a rozsah pozitivní bilance bílkovin budou převažovat nad obdobím negativní bilance (Phillips, Tipton, Aarsland, Wolf, & Wolfe, 1997).

Je prokázáno, že odporový trénink významně podporuje hypertrofii svalové tkáně (Schoenfeld, 2010). Příjem B ve správném množství a ve správném čase po odporovém zatížení MPS dále potencuje (Moore et al., 2009).

Snaha o novotvorbu svalových bílkovin by neměla být stěžejní strategií sportovce ve snaze dosáhnout hypertrofie zatěžovaných svalů. Sportovci lpí na maximální stimulaci MPS, ačkoliv k dosažení pozitivní bílkovinné bilance může dojít i prostou redukcí MPB bez výrazných změn v míře MPS, jak dokládají práce se sportovci po zranění, imobilizaci (Burke, 2009).

Role pohybové aktivity

Proteosyntézu ve svalové tkáni můžeme vnímat z pohledu syntézy základních frakcí přítomných bílkovin zodpovědných za kontraktilní a metabolické vlastnosti svalu – mitochondriální, myofibrilární. Jednorázové zatížení zvyšuje míru MPS o 34 %, resp. 65 % až po 48 h, resp. 24 h. V čase 3 hodiny po zatížení je MPS o 112 % vyšší než za bazálních klimatických podmínek. Zatížení zvyšuje také MPB. Míra MPB je ale nižší než v případě syntézy, což vede ke zlepšení proteinové bilance, která přetrvává ~ 24–48 h (Burd et al., 2011; Phillips et al., 1997).

Příjem B potencuje akutní vliv pohybové aktivity silového (Borsheim, Aarsland, & Wolfe, 2004) i vytrvalostního (Howarth, Moreau, Phillips, & Gibala, 2009) charakteru na MPS.

Synergie mezi cvičením a potréninkovou stravou vede ke stimulaci míry syntézy bílkovin a zejména opakované tréninkové zatížení odporového charakteru za těchto podmínek vede ke svalové hypertrofii. Jak přesně využít tento prostor k optimalizaci dietního režimu v období po skončení tréninku, zůstává stále nezodpovězenou otázkou. Recentní práce se shodují na nutnosti rovnoměrné distribuce v příjmu B do čtyř dávek s odstupem tří hodin v případě snahy maximalizovat MPS (Areta et al., 2013).

Akutní změny bilance svalových bílkovin vyvolané zatížením je možné dokumentovat např. ovlivněním signálních cest a expresí genů. Výsledkem je biosyntéza mitochondriální, myofibrilární a sarkoplazmatické frakce bílkovin. Dosažení svalové hypertrofie patří mezi primární cíle např. kulturistů, ale již ne vzpěračů, diskařů apod., přestože převažuje charakter silového tréninku. Odlišná míra syntézy je pozorována v reakci na silový/vytrvalostní charakter tréninku. Silový trénink vede převážně k syntéze myofibrilárních B, vytrvalostní trénink stimuluje syntézu B zodpovědných za oxidativní kapacitu svalu (mitochondriální frakce B). Deplece lokálních glykogenových rezerv má vliv na MPS, resp. ↑ MPB (Phillips et al., 1997).

Svalová hypertrofie

Svalová hypertrofie neboli zvětšení příčného průřezu svalového vlákna je přirozený adaptační fyziologický proces doprovázený změnami jak na buněčné, tak i mimobuněčné úrovni. Z těchto změn můžeme jmenovat například zvětšení objemu sarkoplazmy, novotvorbu nebo zvětšení objemu kontraktilních proteinů aktinu a myozinu (Burd et al., 2011), či v neposlední řadě syntézu nekontraktilních pojivových tkání (Schoenfeld, 2010). Z hlediska hypertrofické odpovědi různých typů svalových vláken je pozorována největší citlivost vůči odporovému tréninku u svalových vláken II (Deschenes & Kraemer, 2002).

Je nutná suplementace doplňky stravy? Efekt suplementace B ve snaze dosáhnout svalové hypertrofie je zpochybňován zejména u netrénovaných, resp. rekreačně trénujících sportovců s frekvencí 3 TJ týdně. Z výsledků studií vyplývá, že přes podávání biologicky

hodnotných B v optimálním množství 20–25 g po zatížení, je celkový denní příjem B v rozsahu 1,2–1,6 g/kg dostatečný a cílená suplementace B po tréninku nemá žádný aditivní význam (Morton et al., 2018).

Pozorované příznivé výkonnostní změny v případě intervenčních studií (obvykle 12 týdnů, 3 TJ/týden) jsou proto spíše projevem tzv. tréninkového efektu zejména proto, že soubor bývá tvořen rekreačními sportovci (Reidy et al., 2016, 2017).

6.2 Množství bílkovin

Míra MPS v čase čtyři hodiny po zatížení je přímo úměrná zvyšujícímu se množství konzumovaných B (0, 5, 10, 20, 40 g B). Příjem 40 g vaječné B v porovnání s 20 g (~ 8,6 g esenciálních AK) již vedl k signifikantně vyšší oxidaci leucinu. Syntéza svalových B dosáhla plató hranice při příjmu 20 g. Na základě uvedené studie se za optimální množství jednorázově zkonsumovaných plnohodnotných B se zastoupením esenciálních AK považuje 20–25 g (Moore et al., 2009).

Relativní formát doporučení v g/kg více odráží novější data, která za dávku maximalizující MPS považují spíše vyšší dávku, a to 30–40 g (Macnaughton et al., 2016). Schoenfeld a Aragon (2018) za hraniční „využitelné“ jednorázové množství B považují 0,4 g/kg. Z práce Macnaughtona et al. (2016) dále vyplývá, že příjem 40 g B stimuloval MPS (0–300 min postprandiálně) více než 20 g B. Ne však více než o 20 %, a to i přes dvojnásobné množství. Z výsledků také vyplynulo, že míra MPS je na podílu FFM nezávislá při současně dostatečném habituálním denním příjmu B (shodná míra MPS při FFM < 65 kg anebo > 70 kg a příjmu 1,9, resp. 2,0 g/kg). Neplatí tedy, že čím větší podíl svalové tkáně, tím větší potřeba B. Rozhodujícími nutričními faktory MPS zůstává jednorázové množství B a zejména celkový denní příjem B. Zajímavý je nízký příjem S 3,2, resp. 3,5 g/kg u skupiny s vyšším množstvím FFM. Jako další významný, nenutriční aspekt, který moduluje výslednou MPS, je charakter silového tréninku. Spíše než celkové množství svalstva, které jednotlivec má, je rozhodujícím faktorem stimulace MPS jejich zapojení (celotělový trénink vs. trénink izolovaných partií).

Nejen načasování ve vztahu k tréninku, ale distribuce příjmu B během dne je také velmi důležitá. Areta et al. (2013) v unikátním experimentu sledoval vliv třech odlišných strategií distribuce B podaných v průběhu 12 hodin po odporovém tréninku (příjem 8 × 10 g B každých 90 minut, 4 × 20 g B každé 3 h a 2 × 40 g B každých 6 h). Syntéza kontraktálních bílkovin dosahovala maxima při podávání 20 g B s odstupem 3 h. To koreponduje s postprandiálním vzestupem hladin esenciálních AK i leucinu, který přetrvává až 180 min od podání 20 g syrovátkového hydrolyzátu (Tang, Moore, Kujbida, Tarnopolsky, & Phillips, 2009). Pravidelné dávkování B tak minimalizuje exogenní oxidaci AK (ztráty) a naopak maximalizuje MPS.

6.3 Načasování příjmu bílkovin

Jeden z prvních experimentů s cílem zjistit optimální načasování příjmu B po zatížení prokázal, že MPS se po příjmu esenciálních AK (6 g) v kombinaci se 35 g sacharózy při konzumaci 1 h nebo 3 h po skončení zatížení nemění (Rasmussen, Tipton, Miller, Wolf, & Wolfe, 2000). Cribb a Hayes (2006) ve své longitudinální studii demonstrovali, že příjem směsi S, B a kreatinu bezprostředně před a ihned po ukončení odporové zátěže vede k signifikantním změnám antropometrických parametrů ve srovnání s izoenergetickým a izonitrogenním množstvím B konzumovaných mimo časovou blízkost odporového tréninku. V současnosti existuje konsenzus v minimálním rozdílu v míře MPS při podání 20 g B před nebo 1 h po zatížení (Tipton et al., 2007).

Trénovanost je důležitým faktorem, který ovlivňuje dopad načasování příjmu B na dusíkovou bilanci (Mori, 2014). Během posledních tří dnů jedenáctidenního tréninkového bloku s denním příjmem B 1,5 g/kg byla hodnocena dusíková bilance u skupiny přijímající B (0,3 g/kg) ihned nebo s 6h odstupem od tréninku. Příjem B v čase ihned po skončení tréninku vedl k vyšší pozitivní dusíkové bilanci pouze u trénovaných jedinců. Při rekreačním tréninku (frekvenci celotělového tréninku 3× týdně) a habituálním příjmu B 1,3 g/kg nemá suplementace 22 g B po zatížení na ukazatele syntézy svalových bílkovin žádný vliv (Reidy et al., 2017). Při tréninku s nízkým objemem zatížení a dostatečným denním příjmem B suplementace ani načasování příjmu B adaptační nebo funkční změny nepodporuje.

Zkombinujeme-li denní množství B (1,6 g/kg) optimalizující MPS (Morton et al., 2018) s jednorázovým množstvím (0,3–0,4 g/kg) (Schoenfeld & Aragon, 2018) a ideální distribucí (odstup 3 h mezi jídly) v rámci 16 h aktivní části dne (Areta et. al, 2013), při příjmu 0,3 g B/kg/jídlo je optimálních 5 jídel/den. Při 0,4 g B/kg/jídlo to jsou čtyři jídla/den. Pro 80kg muže se jedná o 32 g B/jídlo a 128 g B/den.

6.3.1 Význam aminokyselin

Klíčovou roli v podpoře MPS hrají nejen samotné B, ale především zastoupené AK (Hulmi, Lockwood, & Stout, 2010). Podle současných poznatků esenciální a neesenciální AK působí na úroveň MPS rozdílně. Výsledky studií jasně ukazují, že rozhodující roli při stimulaci MPS hrají esenciální AK. MPS je po podání neesenciálních AK, ve srovnání s izoenergetickým a izonitrogenním množstvím esenciálních AK, snížena (Tipton, Ferrando, Phillips, Doyle, & Wolfe, 1999).

Podmínkou efektivní stimulace proteosyntézy je dostupnost AK v podobě vzestupu plazmatických hladin AK (aminoacidémie) (West et al., 2011). Aminoacidémie sehrává klíčovou roli v odpovědi organismu na příjem B. Kinetika aminoacidémie v krevním řečišti po příjmu stejného množství B, ale různých forem, se liší (Tang et al., 2009). Bohé,

Low, Wolfe a Rennie (2003) uvádějí, že existuje pozitivní závislost mezi extracelulární koncentrací AK a mírou MPS. Intracelulární koncentrace AK míru MPS neovlivňuje. Po příjmu B se během pěti hodin ~ 55 % resorbovaných AK objevuje v krevním oběhu. Asi 20 % z nich je vychytáno kosterním svalstvem a přímo ovlivňuje rychlost MPS a stává se prekurzory syntézy proteinů de novo (Groen et al., 2015). Rychlost vzestupu, vrcholová hodnota i celkový rozsah aminoacidémie anebo leucinémie jsou nejvyšší po příjmu syrovátkové B. Sывátka proto patří mezi nejefektivnější zdroj B ve studiích hodnotících míru MPS (Jäger et al., 2017).

Leucin

Za nejdůležitější AK se v oblasti ovlivnění míry MPS považuje esenciální AK – leucin (Koopman et al., 2005; Norton & Layman, 2006). Leucin dokáže nezávisle na jiných faktorech spouštět svalovou proteosyntézu stimulací molekuly mTOR. Proteinkináza mTOR dále působí na tzv. iniciační faktory, například eIF4E či p70S6K, které jsou zodpovědné za translaci genetické informace při proteosyntéze (Norton et al., 2009).

Ze studií na zvířatech je možné usoudit, že přítomnost leucinu v dietě anebo hladina leucinémie jsou limitující faktory míry MPS (Norton, Wilson, Layman, Moulton, & Garglick, 2012). Přidáním 2,5 g leucinu k 20 g plnohodnotných B zvýšíme o 22 % míru MPS v období 6 h postprandiálně (Wall et al., 2013).

Isonitrogenní (20 g B, 10 g esenciálních AK) podání syrovátkové B vede k signifikantně vyšší aminoacidémii i leucineimii ve srovnání s kaseinem (Tang et al., 2009). V případě netrénovaných jedinců s příjmem vyšším než 1,1–1,3 g/kg a navýšeným energetickým příjmem o 600–800 kcal/d však ani podání 3 g leucinu 2× denně samostatně nebo jako součást hydrolyzátu a koncentráту syrovátky nebo koncentráту sójové B k antropometrickým změnám (růst FFM) nevede (Mobley et al., 2017).

6.3.2 Které bílkoviny jsou nejvhodnější?

Nejen množství a načasování příjmu B vůči zatížení, ale také kvalita B determinují výslednou synergickou odezvu organismu na příjem B a zátěž.

Sывátka

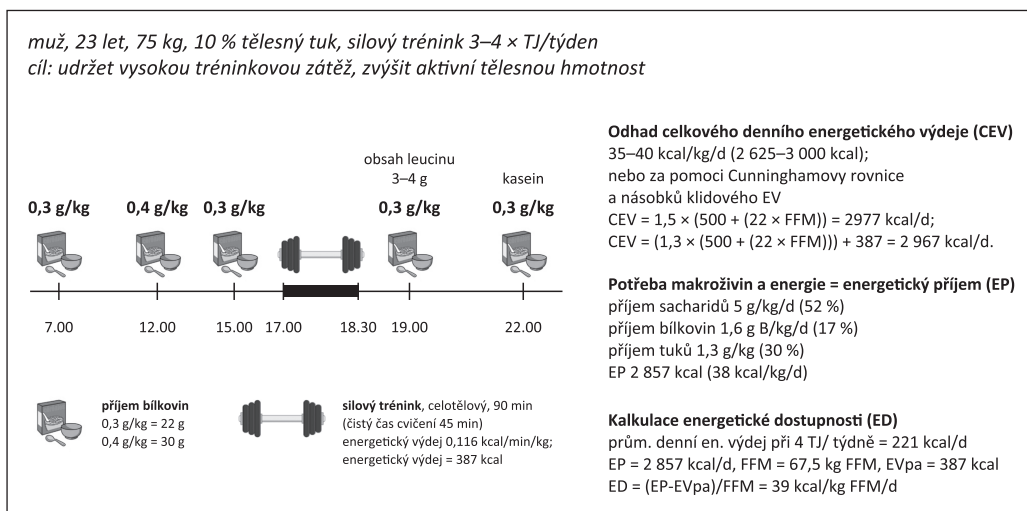
Základní frakce mléčných B, sывátka a kasein, jsou považovány na základě pozorovaných anabolických vlastností za výhodný zdroj B. Míra MPS po příjmu sывátky a po skončení silového tréninku je významně vyšší ve srovnání s jinými zdroji B uplatňovanými ve sportovní výživě (kasein, sója) (Pennings et al., 2011). Rozdíly v anabolické odpovědi organismu na příjem sывátkové B a jiných zdrojů B je dán vysokým zastoupením esenciálních AK s nejvyšším podílem leucinu a biodisponibilitou obsažených AK vedoucích k rychlé hyperaminoacidémii (West et al., 2011; Devries & Phillips, 2015).

Konzumace 25 g směsi B (syrovátka a micelární kasein v poměru 1 : 1) aminoacidémií i MPS dále zvyšuje ve srovnání s isonitrogenním podáním syrovátky. Do jaké míry kombinovaný příjem syrovátky a kaseinu ovlivňují MPS v iniciální postprandiální fázi (0–2 h) a později (3–6 h), však není dosud známo (Traylor et al., 2018).

Kasein

Kinetika vzestupu AK po příjmu kaseinu je ve srovnání se syrovátkou odlišná především délkou trvání zvýšené aminoacidémie (Hall, Millward, Long, & Morgan, 2003). Výsledným efektem je prodloužení doby, po kterou je MPS stimulována. K maximalizaci MPS je ale třeba vyššího příjmu kaseinu, 30–40 g. Silový trénink předcházející příjmu kaseinu míru MPS dále o ~ 30 % zvyšuje (Holwerda et al., 2016). V praxi sportovce, jehož cílem je maximalizace hypertrofie svalové tkáně je proto možné doporučit večerní odporový trénink s následným příjmem 30–40 g kaseinu (Trommelen et al., 2017).

Z důvodů zmírnění negativní bilance bílkovin, ke které během noci dochází, je strategie příjmu kaseinu využitelná rovněž v situaci, kdy snahou sportovce je zmírnit dopady redukované míry MPS po zranění nebo během nemoci (Abbott, Brett, Cockburn, & Clifford, 2018; Milsom, Barreira, Burgess, Iqbal, & Morton, 2014).



Obr. 5 Příklad optimální distribuce B během dne v kontextu energetického příjmu a výdeje

Díky vysoké dostupnosti esenciálních AK je mléko, jako zdroj kaseinu i syrovátky, ideálním prostředkem podpory MPS (Hartman et al., 2007).

Podání rýžové B (48 g) ve srovnání s isonitrogenním množstvím syrovátkového isolátu vyvolalo obdobnou aminoacidémií (–6,7 %) s vrcholovou hladinou esenciálních aminokyselin v krevním řečišti po 67 minutách (syrovátka) a 87 minutách (rýže). Uvedená studie ovšem hodnotila změny ráno v postabsorpčním stavu po 12 hodinách lačnění. Tedy ne v situaci simulující tréninkové zatížení (Jäger et al., 2013). Hodnotíme-li dopad

isoenergetického a isonitrogeního příjmu 48 g rýžové nebo syrovátkové B po tréninku na výkonové a antropometrické ukazatele (Joy et al., 2013) během osmi týdnů (3 TJ/týden), výsledky jsou rovněž slibné. Klíčovou roli pravděpodobně ukazatele změn tělesné vysoké množství leucinu (3,8 g) v rýžovém suplementu. Výsledné ukazatele změn tělesné kompozice a výkonu se po osmi týdnech nelišily. Limitem práce je absence kontrolní skupiny a nemožnost efektivitu rýžové B objektivně posoudit (Joy et al., 2013).

Kombinace bílkovin se sacharidy?

Recentní práce potvrzují, že kombinovaný příjem S dále B (20–25 g) s obsahem esenciálních aminokyselin (9–12 g) a leucinu (3 g) kombinovaný příjem S dále MPS pozorovanou po zatížení nezvyšuje (Staples et al., 2011).

6.4 Příjem bílkovin u starších osob

Význam pohybové aktivity a příjmu B (nad rámec doporučených denních dávek) v zachování a udržení aktivní tělesné hmoty je velmi důležitý aspekt prevence sarkopenie u starších jedinců (Makanae & Fujita, 2015). V současnosti se nutriční doporučení prevence sarkopenie v mnoha klíčových oblastech týkajících se množství, načasování a kvality přijímaných B shodují s doporučeními sportovní výživy. **V pokročilém věku (> 65 let) dochází u mužů i žen k tzv. anabolické rezistenci. V reakci na pohybový podnět (silový trénink) je u starších jedinců redukována aktivita mTORC1 dráhy a MPS během prvních 24 hodin po zatížení ve srovnání s mladšími jedinci. Snížená citlivost reakce starších osob na trénink i příjem B (dosud neznámý mechanismus) výrazně přispívá k rozvoji sarkopenie** (Naseeb & Volpe, 2017; Walker et al., 2011). Anabolická odpověď u mladších osob „kulminuje“ při podání nižších dávek B (20 g) než u starších osob (40 g) (Moore et al., 2015).

Příjem B a esenciálních AK s dostatečným množstvím leucinu je podle současných poznatků klíčový pro kompenzaci snížené postprandiální syntézy svalových B, maximalizaci MPS pro udržení nebo zvýšení svalové hmoty u seniorů (Moore et al., 2015), starších pacientů, imobilizovaných nebo hypokinetických (Cholewa et al., 2017). Význam leucinu ve schopnosti podněcovat MPS u seniorů potvrzuje i nedávná studie McDonalda et al. (2016). Jedinci, jejichž strava v posledních šesti letech obsahovala nejvyšší množství leucinu a dostatečné množství B 1,25 g/kg, ztratili signifikantně méně svalové hmoty ve srovnání se skupinou s nízkým dietním zastoupením leucinu. Udržení svalové hmoty bylo pozorováno u skupiny > 65 let při konzumaci ~ 7,1 g leucinu denně.

Gorissen et al. (2016) podával 35–60 g kaseinu nebo syrovátky mužům (~ 71 let) a překvapivě přes shodný obsah leucinu (4,4 g) kasein efektivněji stimuloval myofibrilární MPS. Nejvyšší míra MPS, ale také oxidace, byla pozorována při dávce 60 g syrovátkového hydrolyzátu. Vysoká míra oxidace AK vysvětluje vyšší leucinemii v případě 35 g B ve srovnání s 60 g. V praxi je ovšem příjem 60 g B téměř nemožný.

Vhodným načasováním a zvýšením jednorázové dávky B můžeme sníženou senzitivitu u seniorů korigovat. Již dříve Esmarck et al. (2001) u starších jedinců prokázal, že příjem AK (jako součást 10 g B) ihned po ukončení tréninku stimuluje MPS více než při podání dvě hodiny po tréninku. Ekvivalentní odpovědi MPS jako u mladších jedinců dosáhneme u seniorů podáním ~ 25–40 g plnohodnotných B (Breen & Phillips, 2011) s minimálně 3 g leucinu (Bukhari et al., 2015).

Pohybový stimulus je výrazný podnět pro satelitní buňky (buňky schopné obnovovat poškozené nebo opotřebované části a udržovat homeostázu organismu). Aktivita satelitních buněk v reakci na adekvátní příjem B po zatížení dále ovlivňuje biogenezi specifických mitochondriálních a sarkoplazmatických frakcí bílkovin svalové tkáně. Takových, které jsou důležité v podpoře metabolických vlastností svalu v průběhu stárnutí (Burd & De Lisio, 2017).

V prevenci atrofie a redukci progresu sarkopenie u seniorů zůstávají otevřené otázky účinnosti a bezpečnosti denního příjmu B 1,4 g/kg, suplementace AK (leucinem), zdrojů a načasování anebo denní distribuce příjmu B. Závěrem lze shrnout, že k udržení svalové síly, zmírnění projevu sarkopenie však podle výsledků dostupných studií u seniorů dochází za podmínek, které jsou velmi blízké sportovcům (Naseeb & Volpe, 2017).

Minimální potřebný denní příjem B pro osoby starší 65 let ve snaze zmírnit progresi ztrát FFM je > 1,25 g/kg a měl by obsahovat ~ 7 g leucinu/d (přibližně 2,3–2,4 g/hlavní jídlo). Vysoký jednorázový příjem ~ 30–40 g B po tréninku dále kompenzuje redukovanou míru MPS.

Příjem bílkovin v rekonvalescenci sportovce – transfer poznatků ze studií se seniory

Vzhledem k potenciálu mírnit atrofii svalové tkáně u sportovců v rehabilitaci po zranění anebo u seniorů v důsledku sarkopenie je příjem B nejen zdravých mladých sportovců věnována pozornost. Zadák, Hyšpler & Tichá (2012) hovoří v souvislosti s leucinem o renesanci použití nejen leucinu (i ostatních rozvětvených aminokyselin) u pacientů s vysokým rizikem katabolismu svalových bílkovin. Leucin jako prekurzor HMB je podle nich významným metabolicko-nutričním faktorem nezbytným k udržení energetické rovnováhy i svalové hmoty u pacientů.

Nutriční přístupy v časně fázi rehabilitace (u nesportujícího jedince) po sportovním zranění korespondují s nejnovějším doporučením pro příjem B (u sportujícího jedince) a zdůrazňují dostatečné denní množství (1,6–2,5 g/kg), distribuci a načasování (4–6 jídel/den s odstupem 3–4 h v jednorázovém množství 20–40 g a dostatečným podílem leucinu), a také kvalitu (biologicky hodnotné, vstřebatelné B). Mezi potenciálně prospěšné doplňky stravy vedle kaseinu, HMB nebo kreatinu patří např. rybí tuk (Wall, Morton, & Loon, 2015b).

Příčiny zvýšené potřeby B u sportovců v rehabilitaci vycházejí z obav o ztrátu svalové tkáně v důsledku atrofie svalové tkáně vyvolané redukovanou mírou MPS během imobilizace anebo při omezeném tréninku. Milsom, Barreira, Burgess, Iqbal a Morton (2014) na příkladu kazuistiky fotbalistů uvádějí rozdíly v jídelníčku během imobilizace a následně ve fázi rehabilitace po poranění předního zkříženého vazy kolene. Jídelníček se lišil svým energetickým obsahem (1 970 vs. 3 170 kcal/d) ve fázi imobilizace, resp. rehabilitace, ale ne množstvím B (195 vs. 190 g/d). Díky dietní intervenci došlo během osmi týdnů imobilizace přes pokles hmotnosti o 5 kg k zachování FFM. Zajímavostí může být množství suplementovaných doplňků stravy v celkem 12 dávkách/den (multivitamin, vit. C, 2× HMB, 3× rybí tuk, 2× kreatin, 2× syrovátková B, 1× kasein).

6.5 Vysokobílkovinná strava

Mezinárodní společnost sportovní výživy ve svém posledním souborném sdělení poprvé formálně „akceptuje“ vysoké denní dávky B > 3,0 g/kg proti standardním doporučeným denním dávkám, a to na základě série studií publikovaných v letech 2014–2016 (Jäger et al., 2017). Celkové denní množství B je častým tématem výzkumů. Již dříve bylo v klasické práci Lemona (1998) prokázáno, že zvýšení příjmu B z 1,35 → 2,62 g/kg na dobu 1 měsíce nevede k antropometrickým ani výkonnostním změnám.

V r. 2000 jsme považovali za vysokobílkovinnou dietu 2 g/kg a tato hodnota byla vnímána jako horní hranice příjmu (Juraschek, Appel, Anderson, & Miller, 2013). Vyšší příjem B (~ 25 % denního energetického příjmu) po dobu šesti týdnů ve srovnání s 15 % u nesportovců s manifestovanou prehypertenzí nebo hypertenzí 1. stupně a obézních jedinců (BMI > 30) vedl ke zvýšení odhadované glomerulární filtrace. Dopady dlouhodobé expozice ve vysokobílkovinné dietě a potenciální nežádoucí vliv na renální onemocnění v té době nebyl znám (Metges & Barth, 2000). V praxi sportovců ale často denní příjem B i několikanásobně překračuje doporučené denní dávky. Výsledky recentních prací monitorující dopad dlouhodobě vysokého příjmu B poměrně překvapivě potvrzují, že příjem > 3 g/kg nepředstavuje pro zdravé sportovce žádné riziko (Antonio et al., 2015, 2016; Antonio, Peacock, Ellerbroek, Fromhoff, & Silver, 2014).

První ze série studií vlivu vysokobílkovinné diety na výkonnostní a zdravotní ukazatele sportovců prokázala, že osmitýdenní zvýšení podílu B v dietě na více než čtyřnásobek doporučeného denního příjmu (~ 3,3 g/kg) neovlivňuje renální (kreatinin, glomerulární filtrace) ani jaterní funkce, složení krevních lipidů, glykémii ani hladinu cholesterolu. Již iniciální denní příjem B sledovaných sportovců (12 trénovaných mužů, 26 let a 7 let zkušeností s odporovým tréninkem) byl však velmi vysoký, a to 2,6 g/kg. Zajímavé je, že vysokobílkovinná strava neměla žádný vliv na výkonnostní a antropometrické ukazatele (Antonio et al., 2016).

V navazující intervenci byl sledován soubor s řízeným příjmem B (~ 2,51–3,32 g/kg) po dobu jednoho roku. Ani zde nebyly zjištěny žádné nežádoucí účinky (jaterní, renální funkce, lipidové spektrum). Navíc navzdory celkovému zvýšení energetického příjmu (z 30 na 35 kcal/kg/d) nedošlo ke zvýšení tukové tkáně (Antonio, Ellerbroek, Silver, Vargas, & Tamayo et al., 2016).

Přestože několikaměsíční příjem B ve studiích Antonia et al. (2014, 2015) byl 4,2 a 5,5násobkem doporučených denních dávek, množství svalové tkáně zůstalo nezměněno. Autoři výsledky hodnotí jako příznivě působící na antropometrické ukazatele, ovšem příznivý vliv diet na antropometrické ukazatele obhajují pouze redukcí tukové tkáně (redukce o ~ 2–3 %), a ne změnou podílu FFM. V obou studiích byl příjem B vysoký ještě před zahájením intervence. Sportovci konzumovali habituálně více než dvojnásobek doporučených denních dávek (2 g/kg).

Ani v situaci, kdy byl habituální příjem B před vstupem do intervence v souladu s doporučeními, nebyl v souboru žen prokázán negativní vliv šesti měsíců vysokobílkovinné stravy (2,2 g/kg, zvýšení příjmu B o 87 % proti kontrolní skupině) na denzitu kostní tkáně, T-skóre, TH nebo tukovou tkáň (Antonio, Ellerbroek, Evans, Silver, & Peacock, 2018).

Vysokobílkovinná strava při redukční dietě

Jediným v současnosti akceptovaným a racionálním důvodem pro zvýšení denního příjmu B až na 2,3–3,1 g/kg FFM může být přechodné období energeticky restriktivní diety (Helms, Zinn, Rowlands, & Brown, 2014b).

Vysokobílkovinná strava (> 25 % denního příjmu energie, nebo > 1 g/kg) u starších osob (> 50 let) ve fázi redukční diety se příznivě podepisuje na zachování FFM a přispívá ke ztrátě tukové tkáně (Kim, O'Connor, Sands, Slobodnik, & Campbell, 2016). Příjem 2,4 g/kg u silově trénujících sportovců přispívá k výraznějšímu úbytku tukové tkáně a navýšení FFM během čtyřtýdenní hypoenergetické diety (40 % restrikce proti predikovaným potřebám) ve srovnání s 1,2 g/kg (Longland, Oikawa, Mitchell, Devries, & Phillips, 2016). Není bez zajímavosti, že strava s polovičním množstvím B (1,2 g/kg) také vedla k zachování FFM (+ 0,1 kg). Tedy množství B 2,4 g/kg, ale také 1,2 g/kg můžeme vnímat jako dostatečné k zachování aktivní svalové hmoty i přes energetický deficit.

U vytrvalostních disciplín nás proto nepřekvapí, že např. výživa cyklistů během etapových závodů je soustředěna nejen na vysoký příjem S potřebný pro udržení vysokých hladin glykogenových zásob, ale také na dostatečné zastoupení B. Pozorovaný denní příjem B během etapových závodů 3–3,3 g/kg čtyřnásobně překračující doporučené denní dávky pro dospělého člověka nepřekvapí, pokud víme, že k udržení svalové hmoty v období negativní energetické bilance je třeba přechodně zvýšit denní příjem B nad 2,5 g/kg (Muros et al., 2018). Jednou z možností, jak tohoto množství během etapových

závodů dosáhnout, je cílený příjem B během úvodních fází etap v množství 10–20 g/h výkonu¹ (Maughan, 2014, s. 588).

6.6 Shrnutí

Podobně jako S i B plní nejen strukturální, ale také regulační funkci. Správné množství B, zastoupení AK a podmínky denní distribuce jsou klíčem k adaptačním reakcím, podpoře regenerace a syntézy nových bílkovin svalové tkáně.

Současný konsenzus týkající se příjmu B ve sportu můžeme shrnout do následujících bodů:

- Denní příjem B 1,4–1,6 g/kg (včetně suplementovaných B prostřednictvím doplňků stravy) je dostačující pro budování nebo udržení svalové hmoty.
- Krátkodobá hyperbílkovinná strava (3 g/kg) u silově trénovaných zdravých sportovců pravděpodobně nemá nežádoucí zdravotní účinky, může podporovat redukci tukové tkáně a nevede ke změnám v množství aktivní tělesné hmoty. Autory pilotních dat efektu hyperbílkovinných diet jsou vědci jednoho vědeckého týmu. V budoucnu je pro zajištění validity a reliability výsledků důležité replikovat práce jinými autory a experimenty.
- Načasování příjmu B vůči tréninku je velmi individuální. Příznivý vliv na MPS je prokázán při příjmu před i po zatížení, ovšem vzhledem k přetrvávajícímu zvýšení míry MPS po zátěži až po dobu 24 h (s prodlužujícím se časem míra MPS klesá) není načasování kriticky důležité a stává se individuální záležitostí nutričních preferencí a tolerance.
- Optimální jednorázový příjem B po zatížení maximalizující MPS je determinován věkem a trénovaností a pohybuje se u dospělých jedinců mezi 20–40 g (0,25–0,4 g/kg).
- U starších (> než 65 let) anebo netrénovaných jedinců je množství B, vyvolávající stejný MPS efekt, vyšší a pohybuje se mezi 30–40 g. Prevencí sarkopenie a progresivní ztráty FFM je denní příjem B > 1,25 g/kg s obsahem min. 7,1 g/d leucinu (cca 2,3–2,4 g/jídlo).
- Jednorázový příjem B by měl k maximální stimulaci MPS obsahovat min. 2–3 g leucinu a vyrovnané spektrum ostatních esenciálních AK.
- Odstup jednotlivých bílkovinných jídel optimalizující MPS je 3–4 hodiny.
- Běžná strava dostatečně pokrývá potřeby B. Ve specifických tréninkových situacích – energetická restrikce, objemový trénink, rehabilitace po zranění – se ale stávají bílkovinné suplementy prostředkem kvantitativního i kvalitativního zabezpečení potřeb B.
- Různé zdroje B a jejich kvalita odlišným způsobem ovlivňují postprandiální biodisponibilitu AK a ta je limitující pro MPS. Rychle vstřebatelné zdroje B s vysokým podílem esenciálních AK a hlavně leucinu proto neúčinněji stimulují MPS. Kombinovaný pří-

¹ 50g rýžový koláček obsahuje ~ 4 g B, 25g energetický gel s přísadou větvených aminokyselin 3 g B, plátek šunky 2 g B.

jem syrovátky a kaseinu je ve schopnosti stimulovat postprandiální aminoacidémii pravděpodobně nejúčinnější.

- Příjem kaseinu před spaním v množství až 30–40 g představuje významný stimul MPS v čase spánku. Předchází-li příjmu kaseinu podvečerní odporový trénink, efekt MPS je až o 30 % zesílen.

7 Individualizovaný příjem tekutin ve sportu

Regulovat příjem tekutin během zatížení formulováním číselných doporučení (např. množství tekutin za jednotku času) je nemožné. Komplexní řada faktorů ovlivňuje příležitosti k pití během sportovního zatížení, z nichž mnohé jsou mimo kontrolu sportovce. Například v důsledku pravidel, změn taktiky v průběhu závodu u vytrvalostních disciplín, omezení dostupnosti a složení tekutin občerstvovací stanicemi, potřeby udržovat optimální techniku nebo rychlost, GIT komfort.

Mění se environmentální podmínky (např. u outdoorových sportů) a především vysoká interindividuální variabilita v míře pocení a složení potu proto formulaci doporučení pro příjem během zatížení komplikují.

Proto je sporné, zvláště u vrcholových sportovců, zda příjem tekutin může být skutečně označen za *ad libitum* (z definice vyplývá jako „kdykoli“ a v „jakémkoliv množství“). V mnoha případech se ukazuje, že vrcholoví sportovci častěji čelí situacím, ve kterých podstupují „riziko“ nedobrovolně sníženého příjmu tekutin ve snaze dosáhnout co nejlepších výsledků, rekreační sportovci by se měli nedostatečnému příjmu tekutin (především) během vytrvalostních aktivit vyhnout (Garth & Burke, 2013). Přijaté tekutiny však mohou být zdrojem také jiných složek než jen vody (např. kofein, S, elektrolyty) nebo mají vlastnosti, pro které je sportovec vyhledává (teplota, chuť). Také tyto aspekty mohou do značné míry měnit množství i složení přijímaných tekutin, a to nezávisle na žízni.

Sportovci si proto musí osvojit strategie založené výhradně na individuální reakci organismu na zatížení. V praxi sportovců však rutinní kontrola TH nebo ukazatelů hydratace (osmolality nebo specifická hmotnost moči, osmolalita plasmy) chybí (Maughan & Shirreffs, 2008).

Co si pod pojmem individualizace příjmu tekutin představit a jaká jsou teoretická východiska individualizovaného přístupu? Představeny budou dva kontrastní přístupy k příjmu tekutin sportovců během zatížení, jejich dopad na dehydrataci a výkon (Kumstát, 2018).

Východiskem současné vědecké diskuse o podobách individualizovaného příjmu tekutin během zatížení jsou publikace *Is Drinking to Thirst Adequate to Appropriately Maintain Hydration Status During Prolonged Endurance Exercise? Yes* (Hoffman et al., 2016) a *Is Drinking to Thirst Adequate to Appropriately Maintain Hydration Status During Prolonged Endurance Exercise? No* (Armstrong, Johnson, & Bergeron, 2016).

7.1 Evoluce novodobých doporučení v příjmu tekutin ve sportu

Pravidla pro příjem tekutin ve sportu se historicky mění. Od poloviny 90. let 20. stol., kdy byl poprvé představen ACSM soubor doporučení (Convertino et al., 1996), převažuje sna-

ha vest sportovce k vysokému příjmu tekutin. Dehydratace byla považována za nežádoucí a sportovci byli vedeni k tomu, aby v průběhu zatížení pili „*takové množství, které jsou schopni tolerovat*“ anebo „*odpovídající ztrátám potem*“. Později ACSM svoje doporučení revidovala a stanovila tolerovanou mírou dehydratace ztrátu vody odpovídající 2 % TH (Sawka et al., 2007). V posledním souborném sdělení ACSM uvádí, že sportovci by měli příjem tekutin individualizovat ve snaze, především v horkém počasí a během vytrvalostních výkonů, eliminovat 2% pokles TH (Thomas, Erdman, & Burke, 2016).

Široce akceptovaná doporučení ACSM z r. 2007 byla okamžitě po vydání (Beltrami, Hew-Butler, & Noakes, 2008; Montain, 2008; Noakes, 2007a), i později recentními meta-analýzami zpochybňována (Goulet, 2011, 2013). Wall et al. (2015a) svou práci dokonce nazval: *Current hydration guidelines are erroneous: dehydration does not impair exercise performance in the heat*. Autoři zdůrazňují obavu ze špatného pochopení doporučení a připomínají rizika vyplývající z nadměrného příjmu tekutin sportovci.

Podkladem stávajících doporučení ACSM je znalost obvyklých změn TH, diurézy a příjmu tekutin během zatížení. Z uvedeného je možné kalkulovat míru pocení a individuálně predikovat minimální nutný příjem tekutin eliminující negativní důsledky hypohdratace na výkon a zdraví sportovce (= tzv. preskribovaný režim příjmu tekutin) (Ganio, Armstrong, & Kavouras, 2018).

V praxi většina (rekreačních) sportovců přijímá tekutiny tzv. *ad libitum* a příjem tekutin je obvykle regulovaný vlastními pocity, tedy diktátem žízně (= tzv. autonomní režim příjmu tekutin) (Cotter, Thornton, Lee, & Laursen, 2014). Strategie se však do značné míry liší, a to nejen v závislosti na sportovních faktorech, ale také v závislosti na individuálních zvyklostech sportovců.

7.2 Dehydratace a sportovní výkon

Při nedostatečném příjmu tekutin, při nadměrných ztrátách vody z těla (např. pocením) nebo kombinací obou faktorů dochází u sportovců k dehydrataci. Stupeň dehydratace je klasifikován jako zatížením indukovaný pokles hmotnosti sportovce rovnající se ztrátám vody a elektrolytů (Shirreffs & Sawka, 2011). V důsledku ztrát vody se oslabuje termoregulační úloha pocení a zhoršuje se schopnost organismu eliminovat produkované teplo. Rozvíjí se absolutní hypovolemie (pokles plazmatického objemu) zvyšující nároky na srdeční výdej, s následnou kompenzací vyšší srdeční frekvencí, a relativní hypovolemie (snížení průtoku krve podkožím). Výsledkem zhoršené schopnosti organismu eliminovat produkované teplo je riziko vzestupu tělesné teploty (teploty jádra), zvýšení hladin katecholaminů a akcentovaná glykogenolýza přispívající k dřívějšímu rozvoji únavy u vytrvalostního zatížení (Logan-Sprenger, Heigenhauser, Jones, & Spriet, 2015; Trangmar & González-Alonso, 2017).

Hypohydratace snižuje výkon, přesáhne-li teplota pokožky 27 °C, a s každým dalším stupněm navíc dochází k poklesu výkonu o 1,5 %. Uvedenými fyziologickými změnami, kdy překročením 2% úrovně dehydratace jsou významně oslabeny kompenzační mechanismy, je vysvětlován pokles sportovního výkonu. Ztráty > 5 % TH mohou snížit výkon o ~ 30 % (Sawka, Cheuvront, & Kenefick, 2015).

Obvyklá míra dehydratace u jednorázových vytrvalostních zatížení v délce trvání 45–180 min je 1–2 %. U ultradistančních (> 3 h) je rozptyl mezi sportovci větší 1,5–5,2 % (Garth & Burke, 2013). Většina výzkumů na poli hydratace ve sportu je realizována u vytrvalostních sportů (typicky běh, cyklistika). Výsledky výzkumů a vyplývající doporučení jsou pak extrahována do širokého prostředí sportu. Nuccio, Barnes, Carter a Baker (2017) uvádějí, že znalosti o vlivu dehydratace na kognitivní funkce a specifickou výkonnost týmových sportů jsou nejednoznačné.

Průměrné ztráty pocením ve sportu se pohybují ~ 500 ml/h, příjem tekutin 300–800 ml/h a úroveň dehydratace obvykle nepřekračuje 1,5 % (v případě outdoorových sportů > 2 %) (Garth & Burke, 2013). Hypohydratace charakterizovaná úbytkem hmotnosti se ale může na výkonnosti negativně podepsat např. zvýšením subjektivního vnímání únavy, který může nepřímo ovlivnit kognitivní funkce, specifické herní dovednosti a zhoršit výkon týmu i přes to, že uvedená míra dehydratace neovlivňuje izolované vytrvalostní či silové kondiční schopnosti. Nejen z uvedených důvodů by hydratační strategie měly být přizpůsobeny specifickým podmínkám sportovního zatížení nebo sportovní disciplíny (Burke & Hawley, 1997).

Existuje hranice dehydratace limitující výkon?

Vytrvalostní sporty (cyklistika, distanční běhy, triatlon) patří mezi disciplíny s vysokým rizikem progresivního rozvoje dehydratace. Goulet (2011) v meta-analýze v rozporu s tvrzením ACSM shrnuje, že vytrvalostní výkon není ovlivněn ≤ 4 % dehydratací. Neutrální vliv na vytrvalostní výkon je možné v praxi dokumentovat na příkladech dlouhého triatlonu (až 7 % dehydratace) (Sharwood, Collins, Goedecke, Wilson, & Noakes, 2004) nebo běhu na 161 km (Hoffman, Hew-Butler, & Stuempfle, 2013).

Rooyen, Hew-Butler a Noakes (2010) retrospektivní videoanalýzou příjmu tekutin během olympijského maratonu v Aténách 2004 zjistili, že prvních pět mužů a žen dosahovalo v cíli dehydratace na úrovni 4–6 %. Podobně také Beis, Wright-Whyte, Fudge, Noakes a Pitsiladis (2012) u souboru elitních maratonců (~ 2:06 h) poukazují na velkou interindividuální variabilitu v příjmu tekutin (0,03–1,09 l/h). Průměrný pozorovaný příjem sledovaných sportovců $0,55 \pm 0,34$ l/h sice koresponduje s doporučeními ACSM z r. 2007 pít 0,4–0,8 l/h, ovšem odhadované ztráty TH a míra dehydratace v rozsahu 6,6–11,7 % v relativně příznivých klimatických podmínkách ~ 15 °C jsou zcela mimo „*tolerovaný limit 2 %*“. Tabulka 8 prezentuje extrémní míru dehydratace u H. Gebreselasie během maratonu v Dubaji 2009 (Beis et al., 2012).

Tab. 8 Analýza bilance tekutin při maratónu

H. Gebreselasie, maratón Dubaj 2009	
čas	2.05:29 h
povětrnostní podmínky	16 °C, 54% vlhkost
příjem tekutin	1 735 ml celkem (830 ml/h, 0,25 ml/min/kg)
koncentrace S	16 %
příjem S/h	133 g S/h!!
změna TH	5,7 kg
dehydratace	9,8 %
míra pocení	3,6 l/h

Nepřímá závislost mezi mírou poklesu hmotnosti a výsledným časem je doložena u souboru 643 rekreačních maratónských běžců. Z výsledků však mimo jiné vyplývají obrovské interindividuální rozdíly v rozmezí ztrát (–8 %) až vzestupu hmotnosti (+ 5 %) (Zouhal et al., 2011).

Sportovní nápoj jako základní nástroj příjmu sacharidů

V případě vytrvalostních výkonů se jako významná determinanta výkonu, vedle příjmu tekutin, jeví energetický příjem. Příjem energie v kcal/h (268 kcal/h) anebo kofeinu (90 mg) koreloval s výkonem cyklistické části u 152 účastníků dlouhého triatlonu (180 km na kole). Celkový příjem tekutin (3,5 l) však s dosaženým výkonem nekořeloval. U triatlonistů jsou 2/3 celkového množství tekutin konzumované během cyklistické a běžecské části současně zdrojem S a mohou z > než 50 % hradit potřeby S (Sutton, Biechler, & Harpenau, 2017). Množství přijatých tekutin, determinují délka zatížení a potřeba S, společně s povětrnostními podmínkami a individuálními zvyklostmi sportovce. Výše uvedené faktory určují koncentraci S v nápoji a jeho množství. Příjem 140 g S je možné zabezpečit konzumací 4,6 l, ale také 1 l tekutin v případě, že se koncentrace S zvýší z 3 % na 14 % (tab. 9).

Tab. 9 Vliv variabilní koncentrace S ve sportovním nápoji na hydrataci sportovce (modelový příklad pro zatížení v délce trvání 2 h, muž 65 kg, míra pocení bez příjmu tekutin = 15 ml/kg/h = ztráta 1,95 kg, cílový příjem S – 70 g/h).

	Nápoje s různou koncentrací S		
	3 %	7 %	14 %
Množství S v 1 l nápoje	30 g/l	70 g/l	140 g/l
Příjem tekutin zabezpečující 70 g S/h	4,6 l	2 l	1 l
Změna TH (příjem tekutin – ztráty pocením)	4,6–1,95 → + 2,65 kg	2–1,95 → + 50 g	1–1,95 → – 950 g
Interpretace	vzestup TH, ↑ riziko hyponatémie, ↓ výkonu	udržení TH	pokles hmotnosti o 950 g 1,4 % dehydratace (v limitu 2 %)

Příjem tekutin a sportovní výkon

Absence příjmu tekutin během kratších intenzivních výkonů (40 km TT; 35 °C) nemá vliv na výkon ani další ukazatele zatížení (srdeční pulz, subjektivní vnímání zatížení nebo GIT teplota), a to i přes iniciální hypohdratace (1,2 %) a přítomnost pocitu žízně (Berkulo et al., 2016).

Závěry potvrzuje také metaanalýza, ve které si autoři položili základní otázku, zda se bude výkon sportovce lišit v situaci, kdy bude nebo nebude během zatížení různé délky pít (*ad libitum*). Závěry nepřekvapí tím, že cyklistický výkon absolvovaný při teplotách 20–33 °C je na příjmu tekutin závislý. Při délce trvání zatížení do 1 h (80 % VO_2max) vedl příjem tekutin 0,15–0,34 l; průměr 0,29 ml/kg/min) ke zhoršení výkonu o 2,5 %. Při zatížení 1–2 h nižší intenzity (60–70 % VO_2max) naopak příjem tekutin výkon zlepšil o $2,1 \pm 1,5$ % a dokonce o $3,2 \pm 1,2$ % u zatížení trvajícím déle než 2 h. Autoři shrnují, že příjem tekutin u zatížení 1–2 h v množství 0,15–0,20 ml/kg/min výkon až o 2 % zvyšuje ve srovnání s nulovým příjmem. U delšího zatížení (> 2 h) potom pozorovaný *ad libitum* příjem 0,14–0,27 ml/kg/min výkon zvyšuje až o 3 % (Holland, Skinner, Irwin, Leveritt, & Goulet, 2017).

Uvedené závěry ale musí být interpretovány a tlumočeny pouze do cyklistického prostředí, ve kterém byly sledovány. Pro rekreačního běžce (75 kg) 0,29 ml/kg/min během 4 hodiny trvajících zatížení představuje 1 305 ml každou hodinu = 5 220 l celkem. Srovnajme s příjmem H. Gebreselasie, 0,25 ml/min/kg (tab. 8).

Metodologie výzkumů v oblasti hydratace – příčina současné polemiky

Vysvětlovat nesoulad mezi rozsahem ztrát vody a negativním dopadem na výkon sportovce adaptací na dehydrataci v současnosti pro nedostatek vědecké podpory nelze (Akerman, Tipton, Minson, & Cotter, 2016). Goulet (2013) se proto soustředil na metodologickou stránku výzkumů sledujících vztah dehydratace a sportovního výkonu. Analýza použitých zátěžových protokolů ve výzkumech měřících dopady dehydratace na vytrvalostní výkon ukazuje, že odlišná metodologie vede k různým výsledkům.

Goulet (2013) klasifikuje ve své meta-analýze studie dle použité metodiky jako:

- „*ecologically-valid*“, reálně simulující podmínky sportovního zatížení (využívající tzv. „*time-trial*“ test, simulující environmentální podmínky a kontrolující zaslepenost účastníků studie vůči hydrataci;
- „*non-ecologically valid*“, obvykle laboratorní studie využívající fixní-clampovanou intenzitu zátěže, test do vyčerpání, bez možnosti změny tempa nebo rychlosti a při absenci povětrnostních vlivů – vítr, teplota, sluneční svit, a zaslepenosti účastníků studie k vlastní úrovni hydratace.

Výsledky „*ecologically-valid*“ studií ukazují, že dehydratace ≤ 4 % vytrvalostní výkon nezhoršuje (Goulet, 2013). Naopak výsledky „*non-ecologically valid*“ studií potvrzují, že

překročení 2 % hranice dehydratace je pro vytrvalostní výkon limitující. Goulet konstatuje, že autonomní příjem tekutin kontrolovaný pocitem žízně u většiny sportovců nevede k rozvoji dehydratace, která by snižovala výkon sportovce.

Sawka et al. (2015) závěry metaanalýz Gouleta zpochybňují a trvají na tom, že 2 % dehydratace výkon snižuje. Z rešerše autorů vyplývá, že 2 %, 3 %, resp. 4 % dehydratace vedou ke zhoršení výkonu u 55 %, 60 %, resp. 90 % všech analyzovaných studií. V případě silových disciplín je míra poklesu výkonu nezávislá na úrovni dehydratace až do výše 2–7 % a pouze < než 30 % studií uvádí zhoršení silového výkonu. Práce byla publikována ve spolupráci s Gatorade Sports Science Institute (vědecký institut zabývající se od r. 1985 výzkumem vztahů výživy a sportovního zatížení).

7.3 Autonomní příjem tekutin regulovaný pocitem žízně

Příjem tekutin regulovaný autonomně pocitem žízně vede ve srovnání s příjmem tekutin řízeným na základě znalosti míry pocení k vyšší dehydrataci a tím se zvyšuje riziko zhoršení výkonu (Sawka et al., 2015). ACSM z tohoto důvodu nedoporučuje sportovcům tento způsob příjmu tekutin preferovat (Sawka et al., 2007).

Interpretace příjmu tekutin „podle pocitu žízně“ může být velmi individuální: „pít tak, abychom zabránili pocitu žízně“ nebo „pít až v momentě, kdy žízeň pocítíme“?

Armstrong et al. (2014) monitoroval fyziologické a výkonové dopady příjmu tekutin v režimu *ad libitum* (neomezený příjem, kdykoliv a v jakémkoliv množství) a v režimu řízeném pocitem žízně (pocit žízně byl jediným stimulem k příjmu tekutin) u 164 km ultradistančního běhu (36 °C). Fyziologické ukazatele hydratace (osmolalita plazmy, specifická hmotnost moči, barva moči, změna TH, vnímání žízně) i výkonové parametry byly u obou skupin shodné. Autoři vyvozují závěry, že pokud má sportovec možnost pít (což se týká většiny tréninkových a závodních situací), pak se v dopadu na hydrataci organismu strategie příjmu tekutin *ad libitum* vs. podle pocitu žízně neliší (Cotter et al., 2014).

Zajímavé je, že např. spontánní a subjektivně řízený příjem tekutin v průběhu cyklistických etapových závodů Grand Tours vede k poklesu TH v akceptovatelném rozmezí 1–3 % (Ebert, Martin, Stephens, McDonald, & Withers, 2007; Ross et al., 2014). V kolektivních sportech, přes vysoké pozorované ztráty vody pocením (např. u ragby, basketbalu, kriketu, tenisu a dalších), rovněž nepřekračuje dehydratace 2 %, mají-li sportovci během zatížení přístup k nápojům *ad libitum* (Burke & Hawley, 1997).

Příjem tekutin podle pocitu žízně můžeme považovat za součást *ad libitum* příjmu tekutin (Kenefick, 2018).

Autonomní příjem tekutin a vytrvalostní výkon

Řízený příjem tekutin teoreticky dovoluje předem stanoveným (preskribovaným) způsobem kontrolovat ztráty vody v rozsahu $\leq 2\%$ TH během zatížení. Navzdory více než trojnásobku přijatých tekutin ($1,380 \pm 320$ ml/h) a redukci zatížením indukované míry dehydratace na $1,3\%$ u řízeného příjmu tekutin ve srovnání s příjmem tekutin regulovaným pocitem žízně (384 ± 180 ml/h, dehydratace $3,1\%$) se běžecký výkon v půlmaratonu ($30\text{ }^\circ\text{C}$) nijak nelišil (Dion, Savoie, Asselin, Ga lot, Sinnapah a Uzel (2014) u šestietapového ultradistančního trailového běhu (142 km) v horku ($30\text{ }^\circ\text{C}$, 80% vlhkost).

Pocit žízně narůstá se zvyšující se osmolalitou plasmy. Hughes, Mythen a Montgomery (2018) zjistili u souboru 167 účastníků nezávisle na věku ($20\text{--}78$ let), že práh osmolality plazmy aktivující sekreci antidiuretického hormonu a vyvolávající pocit žízně, leží u všech uprostřed normálních hodnot osmolality plazmy. Tím je možné vysvětlit, proč se v řadě studií příjem tekutin stimulovaný pocitem žízně přes pokles TH nepodepisuje na změnách osmolality plazmy a nevede k signifikantnímu poklesu celkové tělesné vody během sportovního zatížení (Tam, Nolte, & Noakes, 2011).

Hyponatremie

V dřívějších doporučeních byl pocit žízně, z obav o rozvoj dehydratace, svalových křečí a přehřátí, vnímán jako nežádoucí. Sportovci proto ve snaze zabránit těmto situacím pijí tak, aby se pocitu žízně vyhnuli. Může to však vést k excesivnímu příjmu tekutin, vyšší potřebě močení, nárůstu TH a poklesu koncentrace sodíku v krvi pod 130 mmol/l s rozvojem hypervolemické diluční hyponatremie (Noakes, 2007b). Rozvoj hyponatremie je rizikový zejména u vytrvalostních zatížení. Je popsána u ultradistančních běhů (Hoffman et al., 2013), ale také plaveckých maratonů (Wagner, Knechtle, Knechtle, Rüst, & Rosemann, 2011). Přestože hyponatremie se v praxi vyskytuje zřídka, je nebezpečná zejména proto, že příznaky (nevolnost, únava, dezorientace, zvracení, křeče) jsou podobné dehydrataci. Může vést až ke kolapsu a smrti sportovce (Hew-Butler et al., 2015).

Recentní konsenzuální zpráva z konference věnované hyponatremii ve sportu označila za klíčový etiologický faktor rozvoje zatížením indukované hyponatremie excesivní příjem tekutin a nárůst TH po skončení zatížení (Hew-Butler et al., 2015). Hyponatremie se může manifestovat i přes suplementaci sodíkem (Twerenbold et al., 2003). Navzdory konzumaci 680 mg sodíku/l, resp. 410 mg/l během čtyřhodinového běžeckého zatížení došlo u 46% , resp. 69% žen k poklesu koncentrace sodíku pod 135 mmol (mírná hyponatremie). Příčinou byl vysoký příjem tekutin (1 l/h) vedoucí k vzestupu hmotnosti u všech účastníků výzkumu ($n = 23$) a vysvětluje negativní korelaci mezi plazmatickou koncentrací sodíku a změnou TH.

Důkazy o rizikovosti nadměrného příjmu tekutin jsou však mnohem starší a jedna z prvních publikací z r. 1985 na příkladu čtyř sportovců popisuje tzv. otravu vodou (hyponatremii), a za etiologický faktor tehdy odhadovala nadměrný příjem hypotonických tekutin (Noakes, Goodwin, Rayner, Branken, & Taylor, 1985).

Autonomní příjem tekutin řízený pocitem žízně je doporučován jako základní nástroj prevence hyponatremie (Hew-Butler et al., 2015). Manifestace hyponatremie v době rozmachu masových běžeckých závodů na různé vzdálenosti a zejména při účasti běžců rekreační úrovně (městské běhy, horské maratony, ultramaratony atd.) není rozhodně výjimečná. Tan et al. (2015) u souboru 1 934 běžců různých distancí (10–100 km) zjistil, že více než dehydratace byl důvodem pozávodní lékařské intervence právě excesivní příjem tekutin (manifestující se vzestupem hmotnosti).

Kazuistika: hráč amerického fotbalu, 21 let, křeče během zápasu, pocit na zvracení, bolest hlavy. Ukončil zápas, ovšem potíže přetrvávaly. Po 2 hodinách sérová hladina Na 124 mmol/L. Hráč připustil, že se snažil „zabránit dehydrataci“ v očekávání horkého a vlhkého počasí a proto v noci před zápasem vypil 5 litrů vody. V den zápasu před obědem dalších 5 litrů hypotonického sportovního nápoje. Pokračoval v pití hypotonických tekutin (vody a sportovního nápoje) po celou dobu hry (Changstrom, Brill, & Hecht, 2017).

Hyperhydratace doprovázená poklesem plazmatické koncentrace sodíku a vzestupem hmotnosti není primárně výsledkem snahy sportovce o zvýšení výkonu, ale spíše naopak snahou zabránit jeho redukci. Cílená hyperhydratace ve snaze zvýšit výkon byla do roku 2010 realizována s využitím glycerolu (od r. 2010 na seznamu WADA). Nedávné studie prokazují, že po perorálním požití nebo infuzi sodíku do krevního oběhu se stimuluje žížeň, následný *ad libitum* příjem tekutin a retence vody v těle ve srovnatelné míře s glycerolem. Vedle hyperhydratačního účinku indukovaného zvýšenou retencí vody v těle (retence 60 % vody z roztoku soli vs. 30 % v případě vody, došlo také k podpoře výkonu). *Ad libitum* příjem roztoku soli 2 h před zatížením byl ve srovnání s příjmem vody 1,7× vyšší (1380 ml vs. 800 ml) (Morris, Huot, Jetton, Collier, & Utter, 2015).

Příjem sodíku je v případě *ad libitum* denního příjmu (potravinami, sportovními nápoji během zatížení) a odpovídajícím denním referenčním hodnotám dostatečný a nevyžaduje aditivní suplementaci solnými tabletami, jak je mezi sportovci běžné (Hew-Butler, Sharwood, Collins, Speedy, & Noakes, 2006).

Limitující aspekty autonomního příjmu tekutin

Žížeň je vyvolána komplexem fyziologických stimulů detekujících změny vnitřního prostředí (osmoreceptory, baroreceptory, volumoreceptory). Příjem tekutin je potencován také dalšími faktory, jako jsou např. pocit plnosti žaludku, teplota přijímaného nápoje, karbonace nápoje, příjem sodíku, pocit hladu, hladina glykémie, předstartovní/závodní stres, behaviorální zvyky sportovce (determinované věkem, zkušenostmi), environ-

mentální podmínky, faktory sportovního zatížení (délka, intenzita, charakter lokomoce, možnosti tekutiny přijímat) atd.

Yeargin et al. (2015) dokonce uvádí, že je-li sportovec sám zodpovědný za administraci tekutin (*ad libitum*), častěji se napije, přijme větší množství tekutin na jedno napití a ztratí méně TH než v případě externího podávání nápoje (časově regulovaného) trenérem. Autoři uzavírají, že přes častější pobídka k pití je množství tekutin přijmuté na jedno napití nižší a nižší je také celkový příjem tekutin.

Uvedené různorodé situace mohou vnímání žízně změnit a interindividuálně modifikovat konečný příjem tekutin. Proto je sporné, zvláště u vrcholových sportovců, zda příjem tekutin může být skutečně označen za *ad libitum* (z definice vyplývá jako „*kdykoli*“ a v „*jakémkoliv množství*“). Právě komplexita zmíněných faktorů znemožňuje přesnější definici příjmu tekutin podle pocitu žízně (Armstrong et al., 2016b).

Senioři nebo děti patří mezi skupiny se zhoršenou schopností regulovat, na bázi fyziologických změn, příjem tekutin. Existuje shoda v tom, že senioři (> 65 let) mají sníženou senzitivitu kontrolních systémů vyvolávajících žízeň. Vyšší bazální hodnoty v osmolalitě plazmy a redukováná senzitivita organismu vůči změnám vnitřního prostředí vedou k tomu, že pocit žízně se dostavuje při vyšší míře dehydratace (Kenney & Chiu, 2001). Data o homeostatické kontrole vodní bilance u dětských sportovců jsou omezená (Arnaoutis et al., 2015). Rowland (2011) uvádí, že dětské sportovci zřídka čelí dehydrataci u zatížení v délce trvání < 45 minut, avšak *ad libitum* příjem není dostatečný k tomu, aby snížil míru dehydratace u již dehydratovaného dětského organismu (Arnaoutis et al., 2013).

Empirická pozorování o vlivu dehydratace na sportovní výkon dětí chybí. Doporučení příjmu tekutin pro děti jsou extrahována ze závěrů určených dospělým, aniž by se reflektovala věková specifika fyziologická (redukováná senzitivita pocitu žízně, odlišná termoregulační reakce, nižší relativní míra pocení), sportovní (tréninkové/závodní zvyklosti přijímat tekutiny), sociální (dostupnost tekutin – role rodičů, trenérů atd.) (Rowland, 2011).

7.4 Preskribovaný příjem tekutin podle kalkulované míry pocení

Přestože změny osmolality plazmy, specifické hmotnosti, moči nebo osmolality moči umožňují objektivně kvantifikovat změny vnitřního prostředí, jejich využití v praxi je omezené (Baker, 2017). Změny TH, zbarvení moči nebo pocit žízně zůstávají nejdostupnějšími praktickými nástroji kontroly hydratace sportovce (Cheuvront, Kenefick, & Zambraski, 2015). Avšak uvedené metody se od sebe liší úrovní senzitivity detekovat akutní anebo chronický stav hydratace, technickým provedením, finančními náklady, ale

zejména praktickou dostupností. Např. krátkodobé změny hydratace vyvolané zatížením lze dobře odhadnout ze změny TH, následně kalkulovat míru pocení nebo úroveň dehydratace a personalizovat příjem tekutin (Maughan & Shirreffs, 2010). To sportovce nevyhnutelně nutí monitorovat, evidovat a vyhodnocovat změny TH v tréninku.

Ze změn TH, ke kterým dochází během zatížení, můžeme kromě míry dehydratace odhadnout také míru pocení v případě, že máme k dispozici údaje o příjmu tekutin a velikost ztráty moči (Maughan & Shirreffs, 2008).

Řídit se současnými platnými doporučeními ACSM nejen pro příjem během zatížení, ale také po zatížení znamená individualizovat příjem tekutin podle nutričních záznamů, změn tělesné hmotnosti a kalkulovaných ztrát potem.

Plánovat příjem tekutin vyžaduje pravidelné vážení sportovce v tréninku anebo v závodech. Sportovec si musí pravidelně evidovat změny TH v závislosti na typu zatížení (délka, intenzita), environmentálních podmínkách, množství přijatých tekutin anebo zkonsumovaných potravin, diuréze atd. Podle získaných tréninkových a závodních údajů může sportovec individualizovat příjem pro zatížení realizované v obdobných podmínkách a tím optimalizovat výkon.

Preskribovaný příjem tekutin ze své podstaty reprezentuje model řízené dehydratace. Uvedený model vyžaduje vysokou míru zodpovědnosti sportovce vést si záznam, dodržovat stejnou metodiku měření. Ve variabilní tréninkové a závodní praxi sportovců je tento postup obtížně realizovatelný. Vzhledem k vysokému objemu tréninku (často vícefázovému), prolongovanému pocení a zvýšenému riziku dehydratace je preskripce příjmu tekutin během zatížení využitelná především u vytrvalostních disciplín. Sportovci by mohli být k evidenci motivováni díky nejrůznějším mobilním aplikacím, nebo mohou využít elektronických nutričních deníků (Maughan, Leiper, & Shirreffs, 1997; Kočař, 2017).

Preskribovaný příjem tekutin kompenzující ztráty během 30minutového zatížení v horku (31,6 °C) u deseti elitních cyklistů ve srovnání s *ad libitum* příjmem tekutin vedl k lepšímu výkonu v závěrečné části zatížení, dále vedl ke zmírnění rozsahu dehydratace (0,5 % vs. 1,8 %). Zajímavé je, že přes plánovaný příjem, který měl kompenzovat ztráty (individuálně stanovené familiarizačním měřením), sportovci ztratili hmotnost (0,5 %) (Bardis et al., 2017).

Existuje řada důvodů, proč může být způsob predikce potřebného množství tekutin nepřesný (Maughan, Leiper, & Shirreffs, 1997). V průběhu zatížení dochází k oxidaci glykogenu a k souvisejícímu úbytku hmotnosti. Oxidace 1 g glykogenu „*produkuje*“ cca 3 g vody. Úbytek hmotnosti vyvolaný vytrvalostním zatížením submaximální intenzity nemusí být odrazem dehydratace. Na změně hmotnosti založená kalkulace míry pocení může vést k nadhodnocení preskribovaného množství tekutin (Tan et al., 2011). Např. při

chybné kalkulaci míry pocení s nadhodnocením o 200 ml/h může během vytrvalostní aktivity s délkou trvání 10 hodin (např. Ironman) preskribovaný příjem tekutin o 2 l převyšovat skutečné ztráty a zvýšit tak riziko hyponatremie.

7.5 Vybrané perspektivy v oblasti hydratace

Biometrické údaje

Mezi sportovci existuje vysoká míra inter/intraindividuální variability v míře pocení a složení potu (10–90 mmol Na/l a 2–10 mmol K/l). Biometrická analýza potu gravimetrií s využitím tzv. „salt patches“ dovoluje personalizaci příjmu tekutin (Baker, 2017). Posledních 10 let jsou pilotně zkoumány senzory umístěné na čele nebo epidermálně umístěná mikrofluidní zařízení obsahující kolorimetrické detekční nádrže ke stanovení celkové ztráty vody (potu), ale také koncentrace laktátu, glukózy, kreatininu, pH nebo chloridových iontů v potu (Iscove, Campbell, Jamnik, Perkins, & Riddell, 2006).

Aspekt rehydratace

Sledování a záznam změn TH je výchozí podmínka nejen k preskripci příjmu tekutin během zatížení, ale také k dodržení doporučeného postupu rehydratace po zatížení. Příjem tekutin po zatížení by se měl rovnat 1,2–1,5násobku ztrát potem. Dostupnost zdrojů tekutin a jejich příjem *ad libitum* 0–4 h po zatížení jsou klíčové s ohledem na rehydratační cíle sportovce (McCartney, Desbrow, & Irwin, 2018). Rehydrataci významně ovlivňuje vedle množství nápoje jeho energetická denzita a zastoupení elektrolytů, zejména sodíku.

Za účelem srovnání nápojů a jejich rehydratačních vlastností Maughan definoval takzvaný „Beverage hydration index“¹ (BHI) (Maughan et al., 2016), který může posloužit jako objektivní vodítko pro hydratační praktiky sportovců. Určujícím faktorem efektivity rehydratace je kumulativní produkce moči. Klíčovou úlohu v dostupnosti vody v organismu sehrává rychlost žaludeční evakuace a intestinální absorpce vody (během zatížení > než 70 % dochází k jejich redukcí). S vyšší energetickou denzitou i osmolalitou nápoje rychlost žaludeční evakuace i intestinální absorpce klesají. Ovšem zastoupení zejména sodíku anebo S v nápojích výslednou bilanci vody v těle napomáhají (zejména retenci extracelulární tekutiny). BHI je ukazatelem schopnosti nápoje ovlivňovat retenci vody v postprandiálním období a modifikovat rehydratační cíle sportovce (Maughan et al., 2018b). Z výsledků studie vyplývá, že na základě kalkulovaného BHI vedle orálního rehydratačního roztoku (BHI = 1,58; koncentrací Na 60 mmol/l) dosáhlo nejvyššího BHI mléko (BHI = 1,5). Rehydratační vlastnosti mléka (Shirreffs, Watson, & Maughan,

¹ BHI sledovaného nápoje je kalkulován jako: kumulativní množství moči po konzumaci vody (ml)/ kumulativní množství moči po konzumaci sledovaného nápoje (ml) v čase 4 h po příjmu. BHI vody je 1. Hodnoty nápojů vyšší než 1 představují lepší hydratační vlastnosti sledovaného nápoje ve srovnání s vodou (retence vody v těle je zvýšená). Nápoje s BHI < 1 diurézu ve srovnání s vodou naopak zvyšují.

2007) nebo nápojů obsahujících S (James et al., 2013) byly prokázány již dříve a index BHI pouze potvrzuje, že mléko s přirozeným obsahem 25–30 mmol Na/l splňuje charakteristiku nápoje maximalizujícího efekt rehydratace podle současných doporučení (Sawka et al., 2007).

Doplňovat tekutiny v množství rovnajícímu se ztrátě není nikdy dostatečné, a to nezávisle na přítomnosti složek, které efektivitu rehydratace dále snižují (např. alkohol). Srovnáme-li kumulovanou diurézu po izovolemickém příjmu vody, izotonického nápoje, nealkoholického piva a piva s obsahem 2 %, resp. 5 % alkoholu, konzumace piva s 5 % alkoholu 3× zvýšila diurézu ve srovnání s izotonickým nápojem. Pět hodin po skončení sledovaného období byla bilance tekutin v těle negativní ve všech sledovaných případech. Pouze 21 % vody přijaté prostřednictvím piva bylo v těle zadrženo, ve srovnání s 42 % u izotonického nápoje, 34 % u vody a 36 % u nealkoholického piva (Wijnen, Steennis, Catoire, Wardenaar, & Mensink, 2016).

7.6 Shrnutí

Při nedostatečném příjmu tekutin, při nadměrných ztrátách vody z těla pocením nebo kombinací obou faktorů dochází u sportovců k dehydrataci. Jak personalizovat příjem tekutin během zatížení tak, aby byly negativní dopady dehydratace co nejmenší? Individuálně řízený příjem tekutin během zatížení založený na znalostech míry pocení je optimální strategií, která umožňuje sportovcům kontrolovat rozsah dehydratace. V současnosti je ale tento přístup kritizován pro přeceňování nežádoucích účinků dehydratace na sportovní výkon. „*Benevolentní*“ strategie příjmu tekutin *ad libitum* během sportovního zatížení regulovaná pouze diktátem žízně tak prochází renesancí. Ukazuje se, že může účinně bránit nežádoucímu vzestupu TH během zatížení a současně udržet míru dehydratace v tolerovaných hodnotách. V odborné literatuře dochází k názorovému střetu obhájců autonomního a plánovaného režimu příjmu tekutin během zatížení.

Příčinou je rozpor v pohledu na míru dehydratace snižující výkon a především ve způsobu, jakým je „tolerovaná“ míra dehydratace dosažena. Rizika spojená s dehydratací jsou podle některých nevýznamná u osob (sportovců) majících přístup k tekutinám a potravinám *ad libitum*.

Ad libitum příjem tekutin se zdá být dostačující strategií pro většinu sportovních aktivit a ve většině různých environmentálních podmínek. Výjimku tvoří např. neaklimatizovaní jedinci, starší sportovci nebo účastníci ultradistančních závodů v tropických podmínkách či sportovních zatíženích bez příležitostí tekutiny přijímat (např. dálkové plavání). Dehydratace se na vzestupu tělesné teploty v průběhu zatížení podílí pouze minimálně, s výjimkou vzestupu intra-gastrické teploty, která sice vzrůstá lineárně s poklesem TH, ovšem její potenciální dopady na sportovní výkon nejsou blíže popsány.

Na rozdíl od řízeného příjmu tekutin neexistují objektivní doporučení, která by autonomní příjem (podle pocitu žízně) formalizovala. Kenefick (2018) jako první ohraničuje doporučení pro autonomní strategie a příjem tekutin řízený pocitem žízně považuje za dostatečný u zatížení střední intenzity trvajících < 90 minut a probíhajících v chladném počasí. Rekreační sportovec účastníci se např. běžeckého závodu na 10 km (zatížení v délce trvání < 60–90 min) se může spolehnout na příjem tekutin *ad libitum* řízený pocitem žízně v případě, že intenzita zatížení není maximální a zatížení probíhá v chladnějších podmínkách.

Značná ztráta TH (> 5 %) je pozorována u elitních vytrvalostních sportovců. Přestože popsání případy mohou být v souladu s „vítěznou“ praxí, uvedená pozorování nemohou být důkazem, že výkon daného jednotlivce byl optimální. U vytrvalostních výkonů do značné míry vzájemně podporují příjem a načasování tekutin doporučení příjmu S (až 80–90 g/h) a mohou tak přispět k plnění hydratačních cílů. Sportovci, kteří se orientují na maximální výkon, mohou prostřednictvím individuálně předepsaného příjmu tekutin současně potřebné množství S.

Míra pocení a rovněž složení potu je velmi variabilní. U jedinců, kteří se excesivně potí, ztrácejí velké množství sodíku („*salty sweaters*“ – poznáme např. podle solných map na tričku), a navíc pokud trénují vícefázově, je pro zajištění optimální hydratace klíčové kompenzovat dostatečným příjmem tekutin ztráty sodíku tak, aby docházelo k efektivní rehydrataci. Řízený, předem stanovený (preskribovaný) příjem tekutin by měli preferovat sportovci s vysokou mírou pocení, starší sportovci, účastníci vytrvalostních závodů s délkou trvání > 90 min a při vysoké okolní teplotě (> 30 °C), vrcholoví sportovci při vícefázovém denním tréninku a v situacích, při kterých jsou omezené příležitosti tekutiny přijímat (riziko kumulující se dehydratace a progresivních ztrát vody v míře ohrožující výkon i zdraví sportovců). Elementární podmínkou uplatnění řízeného příjmu tekutin pro konkrétní zatížení (obvykle závod) je znalost individuální míry pocení kalkulovaná z dlouhodobě monitorovaných změn TH u obdobného tréninkového/závodního zatížení. Uvedené okolnosti podporují preskribovaný příjem tekutin během zatížení zejména u vrcholových sportovců.

K hodnocení stavu hydratace sportovce se využívá řady metod. Nejčastěji jde o změny TH, analýzu vody v těle (biologická impedanční analýza), analýzu moči (barva, osmolalita, specifická hmotnost) nebo krve (osmolalita). Implementace monitoringu stavu hydratace do přípravy sportovců je jedinou možností, jak získané informace využít k optimalizaci výkonu a minimalizaci zdravotního rizika souvisejícího s dehydratací (Oppliger & Bartok, 2002). Přes řadu metodologických limitů (např. ztráta vody dýchacími cestami, produkce metabolické vody oxidací živin u zatížení > 2–3 h, redukce glykogenových zásob, nedostatečná senzitivita detekovat změny v intra- a extracelulárním prostoru) zůstává změna TH nejdostupnějším nástrojem okamžité kontroly úrovně hydratace.

Autonomní vs. preskribovaný příjem – otázky budoucího výzkumu. V souvislosti s hydratací během zatížení si můžeme na základě syntézy poznatků položit následující otázky:

1. Zhoršuje sportovním zatížením indukovaná dehydratace výkon? Čím je možné vysvětlit toleranci (vrcholových) sportovců k vysoké míře dehydratace pozorované u vytrvalostních výkonů?
2. Je nezbytné, aby sportovci, kteří chtějí podat maximální výkon, v průběhu vytrvalostního zatížení přijímali předem stanovené množství tekutin, vycházející z individuálně kalkulované míry pocení?
3. Jak správně definovat autonomní modely příjmu tekutin ve sportu, *ad libitum* a příjem podle pocitu žízně, tak aby jejich interpretace sportovci i odborníky byla jednotná?
4. Kompenzuje autonomní příjem tekutin regulovaný pocitem žízně dostatečně ztráty vody během zatížení a s jakým vlivem na sportovní výkon?
5. Je možné ve sportovní praxi formou jasných doporučení oddělit autonomní a řízený režim příjmu tekutin?
6. Do jaké míry je možné extrapolovat výsledky studií získaných z prostředí vytrvalostního sportu mezi ostatní nevytrvalostní sportovní disciplíny?
7. Jak specifikovat doporučení příjmu tekutin pro dětské výkonnostní sportovce?
8. Jak maximalizovat efektivitu rehydratace během a po skončení zatížení?

3. ČÁST

Závěrečná část knihy syntetizuje výstupy z kapitol 3–7 do podoby výživových strategií využitelných zejména ve vytrvalostním tréninku sportovce. V závěru jsou představeny současné perspektivy a kontroverzní oblasti výzkumu sportovní výživy.

8 Periodizovaná výživa a nutriční trénink ve vytrvalostním sportu

Pojmy personalizovaná výživa, periodizace výživy nejsou pojmy nové, ovšem v kontextu sportovní výživy jejich formální definice neexistuje a výklad pojmů je nejednotný (mezi sportovci i odborníky). Objevují se také výrazy nové, např. nutriční trénink. K jednotnému pochopení uvedených termínů je důležité pojmy definovat.

8.1 Nutriční trénink

Periodizace sportovní výživy není v odborné literatuře jasně vymezena. Jeukendrup (2017a) pojem periodizace sportovní výživy sdružuje s pojmem nutriční trénink. Důvodem je přímá interakce výživových postupů s tréninkem ve snaze reakci na trénink ovlivnit. Jedná se o plánovaný proces, ve kterém je hlavním úkolem sportovní výživy podpořit tréninkovou adaptaci sportovce.

Definice periodizované výživy (nutričního tréninku) je syntézou nových poznání o vztahu tréninkového zatížení a výživy a výsledné variabilitě žádoucích i nežádoucích reakcí organismu na zatížení. Současná literatura, včetně konsenzuálního sdělení ACSM z r. 2016, vnímá jako elementární prostředek periodizace sportovní výživy, vyvolávající specifické reakce (adaptační), manipulaci s dostupností S.

Nutriční trénink (tab. 10) je orientovaný především na vrcholové sportovce a znamená cílené zařazení výživových praktik blízkých závodů do tréninku s cílem zvýšit výkon. Nutriční trénink proto můžeme zúžit na strategie využitelné primárně ve vytrvalostním sportu s potenciálem zvýšit resorpci S z tenkého střeva, exogenní dostupnost S pro zatížení a eliminovat GIT potíže. Např. podání bikarbonátu sodného 90 minut před intenzivními výkony indukuje přechodně alkalózu, zvyšuje toleranci metabolické acidózy vyvolané zatížením a tím zvyšuje výkon. Jeho podání však vyvolává silné GIT potíže a přes příznivé změny může mít naopak ergolytický (výkon zhoršující) efekt (Kumstát, 2015, 2017b). Proto je vhodné před použitím bikarbonátu v závodě praktikovat různé modely jeho příjmu (rozdělení dávek v den závodu, nebo dlouhodobý příjem v 2–3 dnech před výkonem atd.).

*Tab. 10 Oblasti nutričního tréninku
(podle Jeukendrup, 2017b; Rothschild, Earnest, Rothschild, & Earnest, 2018)*

Oblast nutričního tréninku	Cíle nutričního tréninku	Příklady výsledné tréninkové a nutriční interakce
integrace periodizovaných principů sportovní výživy do tréninku v podpoře adaptace GIT	trénink komfortu žaludku	pravidelný příjem většího množství tekutin a potravin během tréninku (ve více dávkách) s cílem ovlivnit vnímání plnosti žaludku a podpořit subjektivní toleranci
	trénink žaludeční evakuace a intestinální absorpce	pravidelný příjem potravin a nápojů v množství a složení maximalizující rychlost žaludeční evakuace a dostupnost živin
	trénink závodní výživy	trénink závodních praktik, včetně technických okolností příjmu živin a tekutin (např. administrace nápojů)
trénink hydratace organismu	manipulace s množstvím a složením přijatých tekutin před a během zatížení	manipulace s koncentrací S a množstvím Na s cílem ovlivnění pocitu žízně; stimulace <i>ad libitum</i> příjmu tekutin; hyperhydratace
	preskribovaný příjem tekutin	množství tekutin řízené podle kalkulovaných ztrát a míry pocení
podpora tréninkové adaptace s využitím doplňků stravy	tréninková a závodní výživa	mezi doplňky stravy vedle popsaného ergogenního účinku podporující tréninkovou adaptaci patří kofein (např. podpora glykogeneze), bikarbonát (zvýšená tolerance metabolické acidózy), kreatin (hypertrofie svalové tkáně) a nitráty (lepší ekonomika práce); využití plasticity svalové tkáně je možné správným načasováním a podáváním optimálního množství B (s obsahem esenciálních AK, leucinu)

Trávicí trakt „atletickým orgánem“?

Již v r. 1993 si Brouns & Beckers, (1993) položili otázku, zda není náš trávicí trakt „atletickým orgánem“. Autoři si dobře uvědomovali, jak se během intenzivního zatížení mění motilita GIT, žaludeční evakuace, intestinální absorpce nebo sekreční aktivita GIT. Adaptaci GIT však vnímali pouze jednosměrně (primárně přizpůsobit stravu, ustoupit požadavkům pohybové aktivity, ne ji cíleně měnit). Až později si autoři uvědomují, že tenké střevo je citlivé na příjem vody a živin během cvičení a na hypovolemii, hypertermii, hypoglykemii, hypoxii a ischemii GIT (Murray, 2006). Murray (2006) rovněž pojmenoval trávicí trakt atletickým orgánem a zmiňuje nutnost jeho „tréninku“. Zaměřil se na správné načasování a distribuci stravy eliminující GIT obtíže.

Stellingwerff & Jeukendrup (2011) ve svém komentáři na publikaci americké kliniky Mayo, která se pokusila identifikovat faktory limitující překonání 2h hranice v maratonu (Joyner, Ruiz, & Lucia, 2011) reagují vyzývavě a doplňují: „*Nezapomeňte na trávicí trakt.*“ Nejnověji pak Jeukendrup v práci *Training the gut for athletes* (Jeukendrup, 2017b) konkrétně zdůrazňuje snahu strategicky zvyšovat dostupnost S kombinovaným

příjmem glukózy a fruktózy s cílem maximalizovat intestinální resorpční kapacitu, exogenní oxidaci S a eliminovat GIT obtíže.

Rovněž kondice tlustého střeva a cvičení jsou v úzkém propojení. Nezávisle na složení jídelníčku sportovců přispívá podle nových zjištění pravidelná pohybová aktivita k diverzitě střevního mikrobioty a stává se dalším z možných teoretických determinant sportovního výkonu. Ergogenní účinek exogenního podání probiotik však zatím prokázán nebyl (Campbell & Wisniewski, 2017).

Trávicí problémy a nutriční trénink

Řadu sportovců potkávají zažívací potíže během tréninků nebo závodů. Příčin nadýmání, křečí v břiše nebo průjmů může být celá řada, např. nevhodné složení jídla, dehydratace, vysoká intenzita zatížení, charakter zatížení, environmentální podmínky, zdravotní oslabení, psychický předstartovní stav nebo používání volně prodejných nesteroidních protizánětlivých léků a další. Samotná pohybová aktivita činnost trávicího traktu utlumuje a v kombinaci s výživou před a během zatížení přispívá k rozvoji obtíží a nepříjemných stavů. Zažívací potíže sportovcům narušují tréninkový proces a mohou ovlivnit závodní výkon. Nejčastějšími zažívacími obtížemi horní a dolní části trávicího traktu popisovanými sportovci jsou pálení žáhy, nadýmání, plynatost, křeče v žaludeční oblasti, nucení na stolicí nebo průjem. Současné poznatky potvrzují dědičné vazby na uvedené problémy (de Oliveira et al., 2014).

Někteří sportovci jsou citlivější na změny v množství, složení a načasování předzávodního (předtréninkového) jídla. Ze sledování sportovců také vyplývá, že mezi nejčastější výživové příčiny akutních trávicích potíží patří nadměrný příjem vlákniny, tuků, použití koncentrovaných zdrojů S (např. energetické gely). Příjem jednoduchých S nebo nápojů s vysokou koncentrací S ve snaze plnit doporučený příjem S (~ 90 g/h) je prokazatelně spojen s vyšší incidencí GIT obtíží během vytrvalostních výkonů (Pfeiffer et al., 2012).

Nejčastěji se s problémy potýkají sportovci vytrvalostních disciplín (cyklistika, běh, triatlon). Čím vyšší intenzita a délka trvání zatížení, tím častěji se problémy objevují. Z fyziologického hlediska dochází na úkor svalové práce k omezenému průtoku krve trávicím traktem (až o 80 %), což značně limituje jeho činnost (např. trávení). Zajímavé je, že trávicí obtíže mohou být zcela nezávislé na příjmu potravy a projevují se často např. pouze v závodní den. Zřejmá je zde souvislost s předstartovními stavy a nadměrným stresem s blížícím se závodem. Mezi sportovci je, z důvodu tlumení bolesti, rozšířené použití nesteroidních protizánětlivých léků (např. ibuprofen) (Kumstát, 2014). Zvyšují propustnost tenkého střeva a v kombinaci s vysokou intenzitou zátěže prokazatelně zesilují riziko trávicích obtíží (Pugh, Fearn, Morton, & Close, 2017).

Adaptaci GIT prostřednictvím nutričního tréninku Jeukendrup (2017b) vnímá jako primární prostředek podpory zejména vytrvalostního výkonu ($\geq 2,5$ h) díky potenciálu maximálně využít revidovaných doporučení v příjmu S během zatížení (60–90 g/h). Z uvedeného vyplývá, že nutriční trénink je účinnou strategií, jak předcházet GIT potížím při implementaci nových doporučení do praxe.

Příklad nutričního tréninku v praxi I – maratonský běh

Potřebuje-li sportovec během závodu přijmout větší množství energie, musí volit potraviny s vyšší energetickou densitou, koncentrací S nebo s vyšším podílem T. V obou případech to povede ke zpomalení žaludeční evakuace, ale bude-li sportovec praktikovat tyto strategie během tréninku, může zvýšit toleranci k příjmu koncentrovaných zdrojů S a zlepšit tak výchozí podmínky pro závodní zatížení (ve kterém je exogenní dostupnost S podmínkou vysoké oxidace). Konkrétním příkladem může být „laboratorní test“ pod širým nebem „*Nike’s Breaking2*“ s cílem zaběhnout maraton pod dvě hodiny¹. Výsledný čas nejlepšího běžce Eliuda Kipchogeho byl 2.00:24 h. V průběhu závodu sportovci přijímali nápoj s 14% koncentrací S, který prokazatelně zesiluje riziko GIT potíží.

Víme, že čím vyšší je energetická denzita potraviny/nápoje, tím pomalejší je žaludeční evakuace. Resorpce v duodenu je sice na koncentraci S nezávislá (Hunt & Stubbs, 1975), ale vysoká intenzita zatížení funkce GIT oslabuje. Vazokonstrikcí a sníženým průtokem krve GIT limituje sekreci trávicích šťáv, motilitu a absorpci živin a zvyšuje riziko GIT obtíží. Prostřednictvím nutričního tréninku jsou sportovci schopni značně eliminovat GIT obtíže a optimalizovat nutriční strategii během zatížení (Pfeiffer et al., 2012).

Účastníci experimentu absolvovali soustavný několikaměsíční nutriční trénink v období před závodem realizovaný během vybraných (intenzivních) TJ. Během TJ konzumovali nápoje s variabilní koncentrací S (přes 10 %). Nutričním tréninkem na sobě účastníci „*Nike’s Breaking2*“ experimentu ověřovali toleranci k vysokému příjmu S, riziko GIT obtíží eliminoval, a umožnil soustředit se na nápoj jako jediný zdroj energie, který sportovci přijímali. V případě, že by koncentrace nápoje byla nižší, příjem tekutin by musel být buď příliš vysoký, anebo by museli zařadit jiný zdroj energie (tab. 9, kap. 7). Příprava keňského běžce Eliuda Kipchogeho, vítěze „*Nike’s Breaking2*“, je ukázkovým příkladem tréninku GIT v praxi.²

Bez koordinovaného přístupu vědec–trenér–sportovec je obtížné v běžné tréninkové praxi principy periodizované výživy využít.

Důkazem, že vědecké poznatky jsou akceptovány a implementovány zejména vrcholovým sportem, je např. profesionální cyklistická stáj Sky. Chris Froome, čtyřnásobný vítěz závodu Tour de France, uvádí, že periodizovat sportovní výživu (rozumějme záměrně a systematicky pracovat s řadou strategií měnících dostupnost S) je automatickou součástí jeho tréninku

¹ BREAKING2 [webpage]. https://www.nike.com/us/en_us/c/running/breaking2 [cit. 19. 6. 2018]

² Eliud Kipchoge zaběhl na maratonu v Berlíně 2018 světový rekord 2.01:39.

(Palfreeman, 2016), a co je zcela unikátní, dokonce i během etapových závodů (příjem S ve dvou etapách se trojnásobně lišil, 11. etapa ~ 6 g/kg a 19. etapa ~ 18 g/kg!) (Fordyce, 2018).

Příklad nutričního tréninku v praxi II – dálkové plavání

Příkladem sportovní disciplíny, ve které nutriční trénink závodní výživy sehrává důležitou roli, je např. dálkové plavání. Sportovec je odkázán na příjem živin externím podáním, prostor ke konzumaci je velmi často omezený a pravidla sportovní disciplíny sportovcům regulují počet zastávek (okruhy a stravovací mola), ve kterých mohou doplňovat energii a vodu. Plánování výživy během závodu a „trénink“ praktik doplňování energie a tekutin je součástí přípravy sportovce (Shaw, Koivisto, Gerrard, & Burke, 2014).

Kazuistika: dostupnost S během závodu světového poháru v dálkovém plavání na 57 km, délka zatížení 8:37 h (žena, 26 let, vrcholový sportovec), teplota vody 26 °C, teplota vzduchu 32 °C

Klíčové pro doplňování tekutin, energie a dalších nutričních prvků v průběhu závodu byly individuálně plánované občerstvovací zastávky během závodu. Striktně byl od úvodních hodin závodu dodržován harmonogram zastávek (~ 4 zastávky/h, Σ 33 zastávek/závod), s výjimkou první hodiny (3 zastávky, první zastávka v 29. minutě). Z celkového množství 740 g S přijatých v průběhu závodu (~ 85,7 g S/h) bylo 95 % přijato ve formě doplňků stravy (iontový nápoj, sacharidové gely, rozpustné tablety, sacharidovo-proteinová směs – gainer). Největší podíl S, 44 % (Σ 325 g) byl přijat ve formě iontového nápoje, dále 37 % (Σ 275 g) ve formě gelů (11 ks), 11 % (Σ 80 g) formou gaineru, 4 % (Σ 30 g) formou rozpustných tablet s hořčíkem a 4 % (Σ 30 g) ve formě banánu. Příjem B během závodu ~ 64 g (~ 8 g hod/zatížení), příjem tuků nebyl akcentován a vzhledem ke složení stravy byl minimální (< 20 g). Tekutiny byly přijímány ve formě vody, iontového nápoje (30 mmol Na/l; 6 % roztok S) a kombinace vody a gelu (gel rozpuštěný ve vodě). V průběhu závodu dosáhl příjem tekutin Σ 6 700–7 000 ml (jednorázový příjem činil ~ 200–250 ml /~ 15 min). V průběhu závodu bez GIT potíží (Kumstát, 2014).

Popsané množství energie, kombinace forem a způsob administrace sacharidů je v souladu nejen s teoretickými poznatky, ale rovněž odpovídá faktickým potřebám sportovce během vytrvalostního zatížení. Závod v dálkovém plavání vyžaduje přesný předem naplánovaný nutriční režim a kazuistika demonstruje efektivitu dodržování nutričního plánu v průběhu závodu (příloha 2).

8.2 Periodizovaná výživa

Pojem periodizace je promyšlený přístup k tréninku, který zahrnuje takové strategické uspořádání tréninkového programu v určitém časovém úseku, které sportovce přibližuje optimálnímu adaptačnímu potenciálu těsně před důležitým závodem (Zahradník & Korvas, 2017). Velikost časových úseků tvořících jednotlivé periody se může pohybovat od dnů do měsíců nebo dokonce let. Každý z těchto časových úseků má svůj cíl a měl by být zaměřen na rozvoj konkrétního prvku výkonnosti (např. fyzická kondice, technika atd.), a to s ohledem na fázi RTC.

Jasná a ohraničená pravidla pro uplatňování výživy během specifických tréninkových period anebo uvnitř zastoupených konkrétních tréninkových jednotek však neexistují.

Jak uvádí Burke, Hawley et al. (2018b), výklad pojmu periodizovaná sportovní výživa není jednotný mezi sportovci, ale ani mezi odborníky. Ve své recentní práci proto navrhují klasifikaci periodizačních strategií. Periodizace sportovní výživy znamená cíleně přizpůsobovat výživu různým fázím (periodám) tréninkového období (makrocyclům), ale také mikrocyclům nebo konkrétním tréninkovým jednotkám.

Je prokázáno, že např. energetický výdej mezi přípravnou a soutěžní fází ročního tréninkového cyklu se v důsledku změn v objemu a intenzitě TJ může lišit o více než 50 % (Heydenreich et al., 2017). **Mezi prostředky periodizace sportovní výživy proto patří primárně výživové strategie přímo ovlivňující konkrétní tréninkovou jednotku (manipulace s dostupností živin před, během a po zatížení).**

Z dlouhodobého hlediska mezi principy periodizované výživy (tj. měnit preferenci energetických substrátů během zátěže) můžeme zařadit také dlouhodobé změny jídelníčků sportovce. Např. přestup sportovce na ne/ketogenní LCHF stravu potenciálně ovlivňuje ultradistanční výkony. Jakákoliv manipulace s výživou (např. nízkofrekvenční stravování, energeticky restriktivní diety) bez přímé spojitosti se sportovními cíli sportovce anebo bez vědecky prokázaného příznivého vlivu na metabolismus živin při zátěži nelze vnímat jako periodizaci sportovní výživy. Využití principů periodizované výživy rekreačními sportovci bez výkonnostních cílů, a jejich integrace do tréninku je proto omezená na korekci TH.

Periodizace sportovní výživy reprezentuje systematické uplatňování vybraných forem „nutričního tréninku“, strategické zařazování tréninku v podmínkách nízké/vysoké dostupnosti S za účelem zvýšení výkonu, rozvoje trénovanosti, podpory adaptace anebo úpravy TH.

Tabulka 11 shrnuje potenciální strategie, které mohou být součástí periodizované výživy.

Tab. 11 Definice výživových strategií v rámci periodizované výživy (Burke, Hawley et al., 2018b; Cochran et al., 2015; Jeukendrup, 2017a; Rothschild et al., 2018; Thomas et al., 2016; Volek et al., 2015; Heikura et al., 2017; Marquet et al., 2016a)

Dlouhodobé výživové strategie (dny, týdny, měsíce) zvyšující adaptaci sportovce, přípravu na závod prostřednictvím možnosti ovlivnění dostupnosti energetických substrátů a jejich utilizaci během zatížení	
Pojmenování výživové strategie	Charakteristika/definice
Vysokosacharidová výživa	Bez jednoznačné definice; požadavky na příjem S jsou dány zejména celkovými energetickými nároky organismu; obvykle tvoří S více než 50 %, obvykle 60–70 % denního příjmu energie, resp. 7–10 g/kg v závislosti na absolutní TH; denní množství má statický charakter (neměnný v rámci tréninkového makrocyclu dle dlouhodobého tréninkového cíle); absolutní (%) a relativní (g/kg) vyjádření množství S by neměly být uplatňovány izolovaně (v případě snížení energetického příjmu bude přes neměnný procentuální podíl S nová relativní potřeba S suboptimální).

Dlouhodobé výživové strategie (dny, týdny, měsíce) zvyšující adaptaci sportovce, přípravu na závod prostřednictvím možnosti ovlivnění dostupnosti energetických substrátů a jejich utilizaci během zatížení	
Pojmenování výživové strategie	Charakteristika/definice
Výživa s vysokou dostupností S	Není totéž co vysokosacharidová výživa; nezávislá na denním příjmu S; distribuce S během dne s cílem optimalizovat úroveň svalového glykogenu a současně zajistit vysokou exogenní dostupnost S pro trénink (optimální načasování); nezávislé na denním příjmu – rozsah 3–12 g/kg; zaměření na efektivitu tréninku; umožňuje manipulovat s příjmem S sportovců podle interindividuálních cílů sportovců (příjem B, energetický příjem) a zejména vysoké variability energetických nároků tréninkového zatížení.
Periodizace dostupnosti S	Výživově-tréninkový režim, ve kterém se pro konkrétní tréninkovou jednotku v rámci týdenního mikrocyklu manipuluje s dostupností S (vysoká/nízká endogenní/exogenní) ovšem principiálně při neměnném celkovém denním množství S; cílem je: a) u konkrétní tréninkové jednotky vytěžit příznivé metabolické adaptace anebo zajistit optimální energetické podmínky a maximalizovat tréninkový efekt; b) zařazením mikrocyklu s periodizací dostupnosti S v délce trvání min. 1 týden zvýšit výkon.
Nízkosacharidová výživa (LCHF) – neketogenní	Dlouhodobě (dny, týdny měsíce) redukováné zdroje endogenních (glykogenu) a exogenních (příjem před, během zatížení) zdrojů S pod potřebami pracujícího svalu, ale nezvyšující hladinu ketolátek; ~ 15–25 % S ($\leq 2,5$ g/kg); adaptace (zvýšená zátěžová/klidová oxidace T, zvýšené zásoby IMTG, zvýšená aktivita HSL, mobilizace mastných kyselin z tukové tkáně...) dosažena během 5 dnů a přetrvávající 2 dny po ukončení a realimentaci S; trvání deadaptace oxidativní kapacity pro S (redukce glykogenolýzy a aktivity enzymů glykolýzy) není známa.
Nízkosacharidová výživa (LCHF) – ketogenní	Dlouhodobá přísná denní restrikce S vyvolávající ketózu ($< 5\%$ S, anebo < 50 g/d; vzestup hladiny ketolátek v krvi $> 2\text{--}2,5$ mmol/l); adaptace vysoké oxidace T dosažena během 5 dnů, ovšem adaptace organismu na utilizaci ketolátek přetrvává až 2–3 týdny a může být doprovázena únavou, GIT obtížemi či změnami nálady; pro zhoršenou ekonomiku práce (stejně množství ATP produkováno za vyšší spotřeby O_2) podpora především zatížení s intenzitou $\leq 75\%$ $VO_2\text{max}$.
Přechodné zvýšení endogenní dostupnosti S („sacharidová superkompenzační dieta“)	Týdenní výživově-tréninkový režim s třídní depleční fází 7.–5. den před vytrvalostním závodem (vyčerpání glykogenu redukcí příjmu S a zvýšením objemu zatížení) a navazující saturační fází 4.–2. den před závodem (hypersacharidová strava a minimální tréninkové zatížení). Den před závodem smíšená strava a obvyklý předzávodní trénink. Výsledkem je superkompenzace glykogenu. Zasaňuje do závěrečné fáze přípravy sportovce na závod (nutné upravit trénink, výživu).
Přechodné zvýšení endogenní dostupnosti S („denní hypersacharidová strava“)	Alternativa sacharidové superkompenzační diety; zvýšení příjmu S na 10–12 g/kg v období 36–48 h před závodním vytrvalostním zatížením; navýšení zásob glykogenu obdobně jako při sacharidové superkompenzační dietě.
Akutní intervence (ovlivnění konkrétního jednorázového zatížení) manipulující s dostupností S za účelem vyvolání tréninkové adaptace a potenciálně zajišťující podporu výkonu	
Pojmenování výživové strategie	Charakteristika/definice
Vysoká endogenní dostupnost S (glykogenu) („train high“)	Trénink zahájen za podmínky dostatečných zásob glykogenu; vyžaduje proaktivní přístup sportovce v případě vícefázového tréninku a míře předchozím tréninkem redukováné hladiny glykogenu (příjem S po zatížení v kombinaci s denním příjmem S přes 5–6 g/kg); význam v tréninkovém období při plánování intenzivních rozvíjejících tréninkových jednotek.

Akutní intervence (ovlivnění konkrétního jednorázového zatížení) manipulující s dostupností S za účelem vyvolání tréninkové adaptace a potenciálně zajišťující podporu výkonu	
Pojmenování výživové strategie	Charakteristika/definice
Vysoká exogenní dostupnost S (= nutriční trénink GIT traktu)	Příjem S během zatížení, závislost na délce trvání (> 75 min) a udržitelné intenzitě (přes 75 % VO ₂ max) 30–90 g/h; nutriční trénink s cílem zvýšit resorpční kapacitu tenkého střeva pro glukózu a fruktózu, zvýšení oxidační kapacity svalu ↑ GLUT4 transportních bílkovin, zmírnění GIT obtíží během zatížení a maximalizovat podmínky pro utilizaci S během závodního zatížení a zvýšit výkon; podle pilotních studií potenciální strategie využitelná u zatížení v čase ketogenní LCHF výživy bránící deregulaci schopností svalu utilizovat glukózu.
Vysoká endogenní + exogenní dostupnost S	Koresponduje s předchozími dvěma strategiemi; tréninková simulace závodních praktik, závodní výživy; využitelné u vysoce intenzivních tréninkových jednotek; strategie s jasným cílem optimalizovat výkon – uplatnění hlavně u závodů/soutěží.
Podpora regenerace	Optimalizace rychlosti regenerace glykogenu po zatížení; příjem 1–1,5 g S/kg každou hodinu po skončení intenzivního zatížení (až do dosažení denního limitu); resyntéza glykogenu je negativně ovlivněna při nízké ED; ↑ jaterní glykogeneze při kombinovaném příjmu fruktózy a glukózy; míra svalová glykogeneze je, na rozdíl od jaterní, na nutnosti kombinovaného příjmu monosacharidů nezávislá.
Příjem S před zatížením	Čtyři hodiny před zatížením podpora syntézy jaterního glykogenu (u ranních TJ), případně suboptimálních hladin svalového glykogenu; akutní hyperinzulinémie po příjmu (1–4 g/kg v čase 1–4 h před zatížením) doprovází vysoký příjem S a supresí lipolýzy zvyšuje exogenní oxidaci S během zatížení.
Trénink při nízké endogenní dostupnosti S („train low“)	Absolvování tréninku, který je zahájen nebo dokončen se suboptimálními hladinami svalového glykogenu a příjmem S je záměrně minimální; regulační efekt, zesiluje aktivací signálních B ovlivňujících buněčnou biogenezi (výsledkem je zejména zvýšení oxidační kapacity svalové buňky); využívá se nejčastěji vícefázového tréninku, při kterém je první jednotky „zneužito“ k vyčerpání glykogenu, po tréninku je příjem S minimální s cílem udržet minimální úroveň svalového glykogenu pro druhý trénink; přes silný adaptační modulující účinek nutné zvážit rizika (imunosuprese) a limity tréninku (subjektivní vnímání zátěže, únava) a přesně jej plánovat.
Trénink při nízké dostupnosti S („trénink nalačno“)	Trénink při redukováných hladinách jaterního glykogenu a bez příjmu S (raní trénink nalačno, anebo trénink alespoň 6 h po posledním příjmu S + absence exogenního dostupnosti S); svalový glykogen je obvykle na dostatečné úrovni pokrývající energetické potřeby svalu.
Trénink při nízké dostupnosti S („sleep low“)	Modifikace tréninku nalačno – raní trénink při redukováných hladinách jaterního i svalového glykogenu a bez příjmu S; podmínkou adaptačního efektu je interakce dvou tréninků ve dvou dnech (podvečerní intenzivní trénink k vyčerpání hladin glykogenu, bez následného příjmu S + raní trénink nalačno).
Nízká endogenní + exogenní dostupnost S	Situace, kdy dostupnost S ve svalové tkáni je pod kritickou hranicí po převážnou dobu zatížení (příkladem je chronické dodržování LCHF stravy nebo např. „sleep-low“); absence příjmu S v průběhu déletrvajícího zatížení zvyšuje stresovou reakci organismu – nejvíce metabolicky „efektivní“, nutné uzpůsobit intenzitu.
Exogenní suplementace ketolátkami	Zvýšení ketonemie jednorázovým podáním 300 mg/kg ketolátek v čase 1 h před vytrvalostním zatížením bez nutnosti dlouhodobé restriktce S; alternativa LCHF ketogenní dietě; GIT potíže.

8.2.1 Periodizace sportovní výživy ve vědeckovýzkumné praxi

Množství a načasování příjmu S a B před, během a po TJ různé intenzity je možné vnímat jako typický příklad cílené periodizace. Heikura, Burke, Mero, Uusitalo a Stellingwerff (2017) analyzovali výživové zvyklosti 23 žen a 15 mužů (elitní chodci) v rámci týdenního tréninkového bloku, ve kterém se střídaly rozvíjející a regenerační TJ. Využívání nově popsáných vědecky podložených nutričních strategií v tréninku, jako je strategické střídání tréninků s vysokou/nízkou dostupností S, bylo mezi sportovci velmi malé (< 11 %). Denní příjem energie a S byl ve dnech intenzivních a regeneračních TJ 224 kJ/kg a 7,3 g/kg, resp. 204 kJ/kg a 6,2 g/kg. Zatímco u žen byl během těžkých a regeneračních dnů signifikantní rozdíl v příjmu energie (204 vs. 187 kJ/kg), u mužů rozdíl nebyl, což signalizuje neschopnost optimálně periodizovat energetický příjem. Přestože se příjem S relativně na počet tréninkových km mezi muži a ženami nelišil (0,42, resp. 0,39 g/kg/km), periodizace příjmu S po rozvíjejících a regeneračních TJ se ukázala být problémem jak mužských, tak ženských sportovců (příjem S se nelišil, přestože po náročném tréninku by měl být větší důraz na regeneraci glykogenu). Výsledky této práce naznačují, že **sportovci nejsou schopni systematicky pracovat s nejnovějšími zásadami periodizované sportovní výživy a využívat nutričních prostředků v podpoře výkonnosti a tréninkové adaptace.**

Příčinou absence integrace nových výživových postupů do tréninku mohou být nedostatečné znalosti sportovců a trenérů v oblasti sportovní výživy (Trakman, Forsyth, Hoye, & Belski, 2018). Sportovci spoléhají na vlastní zkušenosti, přestože aplikace vědecky prokázaných strategií sportovní výživy může výkon zvyšovat. Hottenrott et al. (2012) v zajímavé studii srovnávající „*evidence based*“ protokol se subjektivními postupy sportovců nechal sportovce nejprve sestavit vlastní strategii výživy pro vytrvalostní cyklistické zatížení (2,5 h 70 % VO_2max + 67 km TT) a následně porovnával výkon se strategií podle vědecky doložených postupů (příjem tekutin 1 000 ml/h, 250 ml/15 min, 20 mmol Na /l; 90 g S/h – 60 g glukóza + 30 g fruktóza; 5 mg kofeinu/kg. Výsledkem bylo zvýšení výkonu o 6 % u „vědecky“ sestaveného výživového plánu ve srovnání s individuálními praktikami sportovců. Příjem vody, energie, S a sodíku byl významně nižší v situaci, kdy si sportovci sami předem naplánovali sportovní výživu.

Mezi základní varianty periodizované sportovní výživy patří praktiky akutně manipulující s dostupností S, ale také dlouhodobé strategie měnící poměr makroživin. Mirtschin et al. (2018) upozorňuje nutriční analýzou tří tréninkových režimů na kvalitativní aspekty periodizované výživy. Srovnávána byla periodizovaná výživa (kombinace TJ při vysoké a nízké dostupnosti S), trénink při vysoké dostupnosti S (všechny tréninky absolvovány s dostatečnými zásobami glykogenu a za přísunu S) anebo LCHF ketogenní dieta. Jídelníčky periodizované výživy anebo tréninku při vysoké dostupnosti S byly sportovcům sestaveny a byla jim poskytnuta kompletní jídla. Denní příjem S byl v případech diety obsahující S identický, 8,5 g/kg a všechny tři diety byly izoenergetické. U ketogenní

diety (~ 78 % T) byla pozorována signifikantně snížená nutriční denzita jídelníčku (↑ riziko deficiencie esenciálních živin). Manipulace s výživou sportovce proto vyžadují vedle kvantitativního hlediska (kalkulace makroživin) také spoluúčast sportovních dietologů s cílem zabezpečit kvalitativní složení diety.

Při periodizované výživě (manipulující akutně s dostupností S) se proti kontrolní dietě nemění celkový denní příjem S ani energetický příjem. Poměr makroživin je u periodizované výživy neměnný a nejvýznamnějším prvkem (nutričního tréninku) je pouze záměrná redistribuce přijímaných S v průběhu tréninkových dnů / vícedenních bloků v závislosti na zvolené nutriční strategii, cílech, intenzitě tréninků, fázi RTC atd.

Příkladem může být mikroperiodizace sportovní výživy během 12týdenního závěrečného bloku přípravy před maratonem, ve kterém se s blížícím se závodem počet TJ s nízkou dostupností S snižoval (z 2,5 → 1 TJ/týden) a počet TJ s vysokou dostupností S naopak zvyšoval (výkonnost závodníků 2.12 h) (Stellingwerf, 2012).

Periodizace sportovní výživy a výkon sportovce

Již periodizace příjmu S během jednoho týdne (3× absolvovaný „*sleep low*“ cyklus) má potenciál ke zlepšení výkonu (2 h 70 % $VO_2\max$ + 20 km TT) o 3 % ve srovnání s izoenergetickou stravou a identickým množstvím S 6 g/kg (Marquet et al., 2016b). Navazující práce stejné výzkumné skupiny během třítydenního bloku „*sleep low*“ tréninku (tři cykly) rovněž potvrdila vliv na vytrvalostní výkon (10 km běh téměř o 3 % lepší, supramaximální cyklistický výkon (150 % max. výkonu do vyčerpání) a účinnost práce během submaximálního zatížení (Marquet, Hausswirth, & Brisswalter, 2015; Marquet & Hausswirth et al., 2016a).

Naopak čtyřtýdenní intervence, ve které byl využit dvoufázový model tréninku (3× týdně) k periodizaci sportovní výživy, neprokázala efekt na žádný ze sledovaných výkonových ani biologických ukazatelů zatížení proti kontrolní dietě (Gejl et al., 2017b). Trénovaní sportovci ($VO_2\max$ 65 ml/kg/min) byli randomizováni do skupin s omezeným příjmem S mezi oběma TJ (79 g) anebo s vysokou dostupností S (414 g). Výzkum potvrdil příznivé adaptační změny (biopsie svalové tkáně) u mnoha ukazatelů (CS, klidové hladiny glykogenu i zlepšení výkonu (90 min + 30 min TT), ovšem bez rozdílů mezi experimentální a kontrolní skupinou. Přestože Burke et al. (2018b) spekuluje, že jednou z možných příčin nepotvrzení pozitivního efektu periodizované výživy může být vysoká trénovanost souboru, soubory v experimentech Marqueta et al. (2016a, b) byly podobně trénované ($VO_2\max$ 58–64 ml/min/kg).

Většina studií, které řeší otázku periodizace sportovní výživy, je zaměřena na vytrvalostní sporty. Periodizace sportovní výživy u silových sportovců, například kulturistů,

je orientována a zaměřena téměř výhradně na redukcí TH. Práce se také věnují daleko více manipulaci s příjmem B a míře energetické restrikce s cílem maximalizovat redukcí tělesného tuku (Helms, Aragon, & Fitschen, 2014a). Dále je periodizace u silových sportovců soustředěna především do předzávodního období, zatímco periodizace sportovní výživy vytrvalostních sportovců je buď celoroční záležitostí, může zahrnovat i velmi krátké tréninkové cykly (týdenní), nebo je naopak zařazována do přípravného období.

Rozšíření povědomí o sportovní výživě má svůj přesah i mimo samotné sportovce. Naplňovat principy periodizované výživy a nejnovější doporučení nepřímo pomáhají sportovcům také organizátoři sportovních akcí třeba rozmístěním a zaměřením občerstvovacích zastávek (např. u masových distančních závodů). Hydratace a výživa během těchto akcí má zásadní význam v prevenci závažných zdravotních komplikací (hyponatremie, rhabdomyolýza, hypertermie, srdeční selhání, přetížení atd.) vyskytujících se během závodů, neboť mohou mít vliv na výkonnost i zdraví závodníků v den závodění (Chiampas & Goyal, 2015). Např. při finále běhu na 10 km během ME v atletice v Berlíně 2018 byla na dráze vzhledem k extrémním teplotním podmínkám, proti běžné praxi, umístěna stanice s vodou. Jev u dráhových běhů zcela neobvyklý.

8.3 Shrnutí

Periodizace sportovní výživy v kontextu sportovního tréninku není současnou literaturou jednotně definována. Jako první se o to pokusili Burke, Hawley et al. (2018b) a Jeukendrup (2017a).

Periodizace sportovní výživy znamená cíleně přizpůsobovat výživu různým fázím (periodám) tréninkového období (makrocyklům), ale také mikrocyklům nebo konkrétním tréninkovým jednotkám. Mezi prostředky periodizace sportovní výživy proto patří primárně výživové strategie přímo ovlivňující konkrétní tréninkovou jednotku (manipulace s dostupností živin před, během a po zatížení). Významnou součástí periodizované výživy je tréninková simulace závodních výživových praktik (tzv. nutriční trénink). Nutriční trénink je účinnou strategií eliminující rizika trávicích potíží, která by měla vždy předcházet implementaci nových, resp. jakýchkoliv výživových postupů do praxe sportovce. Protože principy periodizované sportovní výživy komplexně zasahují do sportovní přípravy sportovce, bez koordinovaného přístupu vědec-trenér-sportovec je obtížné je v běžné tréninkové praxi využít.

Trénink, ve kterém záměrně oslabujeme tréninkovou kapacitu (např. snížením glykogenových zásob, absencí příjmu S během zatížení atd.), abychom dosáhli na adaptační potenciál, vyžaduje zodpovědné plánování a zasahuje do tréninkového procesu. Také proto je důležité zvýšit celospolečenskou akceptaci odborníků vzdělaných v oblasti

sportovního tréninku, regenerace a výživy ve sportu, sportovními svazy a kluby. Jejich angažování v realizačním týmu sportovce by mělo být součástí zodpovědného přístupu managementu sportovních klubů na všech výkonnostních úrovních.

9 Vybrané kontroverze sportovní výživy

Výzkum v oblasti sportovní výživy se zaměřuje na nová témata, odkrývá limitující stránky oboru a je zdrojem kontroverzních přístupů. Cílem závěrečné kapitoly je rozšířit pohled na sportovní výživu mimo tradiční/základní oblasti zájmu a poukázat tak na rozsah studia současné sportovní výživy.

9.1 Personalizovaný přístup

Personalizovaný přístup ve sportu je „moderní“ výraz, jehož definice v odborné literatuře chybí. Žádná z 31 souborných prací (v kap. 2) pojem neuvádí anebo nijak blíže nespecifikuje, přestože práce opakovaně v závěrech uvádí nutnost individualizace doporučení.

Teoreticky jde o veškeré výživové postupy, které modifikujeme s přihlédnutím k interindividuálním rozdílům. K jejich identifikaci musíme vycházet z detailní anamnézy (osobní, zdravotní, nutriční, pohybové...). S využitím vědeckých disciplín nutrigenomiky a nutrigenetiky můžeme navíc velmi dobře postihnout interakce mezi genetickou výbavou jedince a dietou, které zodpovídají za interindividuální reakce organismu (Phillips, 2013). Množství faktorů, které do oblasti personalizace sportovní výživy vstupují, přesahuje rozsah této kapitoly. Následující vybrané kapitoly rozšiřují pohled na „personalizovanou“ výživu mimo základní aspekty pohlaví, věku, trénovanosti nebo specifika sportovní disciplíny.

9.1.1 Aspekt sběru biometrických dat

Záznam biometrických dat je jednou z perspektivních oblastí propojení vědy a praxe nejen ve sportovních vědách. Technologický rozvoj dovoluje analýzu a sledování různých biologických veličin reakce organismu na zatížení v reálném čase (kontinuálně), nejčastěji jde o srdeční frekvenci, složení potu, hladinu glukózy, laktátu, ale také o intestinální teplotu či saturaci svalu kyslíkem. Data je možné získat z hodinek, náramků, čelenek, chytrého oblečení, tělesných sensorů atd. Data z analýzy hydratace, energetického výdeje nebo hladin glykémie patří mezi oblasti prakticky využitelné k personalizaci sportovní výživy.

Ve sportovní výživě se jako nejperspektivnější jeví kontinuální monitorace koncentrace glukózy. První práce se sportovci byly publikovány až v nedávné době (Sengoku et al., 2015). Dlouhodobě byly využívány primárně u pacientů ke kontrole kompenzace diabetu. Metoda umožňuje stanovení a zaznamenání hladin glukózy v pětiminutových intervalech průběžně během celých 24 hodin. Sensor zavedený v podkoží stanovuje koncentraci glukózy v mezibuněčné (intersticiální) tekutině. Vysílač vyhodnocuje údaje ze senzoru a odesílá je bezdrátově do přijímače (např. mobilní telefon). Dovoluje sledovat

průběh hladiny glukózy a předcházet hypoglykemizujícím stavům doprovázejícím pohybové zatížení. Zajímavé je, že během intenzivního zatížení vykazuje analyzátor vysokou spolehlivost, vyšší než v klidovém stavu ve srovnání s referenčními odběry glukometrem. Příčinou je fakt, že změna glykémie je rychlejší než změna hladin glukózy v intersticiální tekutině, proto může docházet ke zpoždění vývoje hodnot a současně naměřená glykémie glukometrem se může odlišovat. Během pohybové aktivity dochází k rychlejší a intenzivnější výměně látek mezi krví a intersticiální tekutinou a vysvětluje, proč během cvičení budou přesnější výsledky (Thomas, Pretty, Signal, & Chase, 2015). Protože intersticiální tekutina je médium, ze kterého vstupuje glukóza do svalových buněk, může být hodnota hladiny glukózy získaná CGM užitečnější než glykémie pro stanovení dostupnosti glukózy u sportovců (Thomas et al., 2017).

Rozmach LCHF ketogenních diet u sportovců rozšiřuje potenciální skupinu uživatelů kontinuálních měřičů glykémie. Používání u sportovců, na rozdíl od diabetických pacientů, dosud není podrobena většímu zkoumání, ovšem pilotní práce prezentují zajímavé kazuistiky mezi vytrvalci, ultradistančními běžci, které dokumentují, jak obrovská míra interindividuální odezvy na příjem S sportovců během zatížení existuje (Oishi, Makita, Kishi, Isogawa, & Iiri, 2018).

Mobilní aplikace

Vedle biometrických dat je k personalizaci sportovní výživy možné využít „obyčejného“ záznamu realizované tréninkové a závodní výživy během RTC. K záznamu reakce organismu na nové výživové postupy, doplňky stravy, změny hmotnosti, výskyt GIT obtíží, kalkulace ED, nutriční trénink, změn v hydrataci organismu můžeme využít např. tabulkový editor Microsoft Excel. Příkladem je nutriční deník vytvořený na Fakultě sportovních studií v rámci bakalářské práce (Kočář, 2017). Rozvoj mobilních technologií nabízí možnosti, jak monitorované parametry využít nejen k analýze, ale personalizovanému „*evidence based*“ programování závodní výživy (např. software „*Core training*“)¹. Uvedený program představený v r. 2017 pracuje s individuálními parametry sportovce (hmotnost, míra pocení, zkušenosti...), parametry zatížení (délka, intenzita, cíl), ale také s individuálními nutričními preferencemi, dostupností živin během očekávaného zatížení danou pravidly závodu atd.

9.1.2 Aspekt antropometrický

Elementární determinantou v personalizovaném přístupu ke sportovní výživě je vedle tréninkového zatížení, popř. zdravotní situace sportovce, tělesná hmotnost (Burke et al., 2001). Tabulka 12 uvádí typické příklady variabilních výživových strategií, které k individualizaci sportovní výživy využívají TH anebo tělesného složení sportovce.

¹ CORE Nutrition Planning [webpage]. <https://www.fuelthecore.com/> [cit. 10. 4. 2018]

Tab. 12 Příklady uplatnění tělesné hmotnosti v personalizaci sportovní výživy

Situace vyžadující individualizovaný přístup	Konkrétní doporučení využívající TH	Muž 85 kg	Žena 60 kg
cílené přechodné zvýšení příjmu B v období do 8–12 týdnů redukční diety anebo rekonvalescence po zranění mění denní potřebu B	zvýšení příjmu B/den na 2,5 g/kg	212,5 g	150 g
zabezpečení maximální rychlosti resyntézy glykogenu po jednorázovém intenzivním zatížení	příjem S po zatížení (1,5 g/kg)	127,5 g	90 g
optimalizace rehydratace v časně fázi regenerace (0–6 h)	příjem 150 % ztracených tekutin (dehydratace 1,5 %)	1,91 l	1,35 l
predikce klidového energetického výdeje k odhadu celkového denní energetický výdej	klidový energetický výdej 1 kcal/kg/h	2 040 kcal	1 440 kcal
predikce denního energetického výdeje při týdenním intenzivním tréninkovém mikrocyklu (např. soustředění s vícefázovým tréninkem)	denní energetický výdej mužů (žen) při objemovém zatížení vytrvalostního charakteru 60 (50) kcal/kg/d	5 100 kcal	3 600 kcal
příjem kofeinu za účelem zmírnění subjektivního vnímání zátěže při realizaci tréninku při nízké dostupnosti S	příjem kofeinu v množství 3 mg/kg	255 mg	180 mg
odhad energetického výdeje během zátěže nutný např. pro potřeby kalkulace ED	energetický výdej při aktivitě (běhu na 10 km) (1 kcal/kg/km)	850 kcal	600 kcal
kalkulace míry dehydratace	rozdíl v TH před a po zatížení (např. 2 kg) vyjádřená v % (= dehydratace)	2,3 %	3,3 %
odhad míry pocení pro individuální preskripci příjmu tekutin během zatížení	15 ml/kg/h	1 275 ml/h	900 ml/h
denní příjem S zabezpečující stabilní glykogenové rezervy v případě pravidelného tréninku	denní potřeba S v závislosti na tréninkovém objemu a intenzitě (výkonnostní sport, denní trénink 60–90 min – 6 g/kg)	510 g	360 g
optimální podpora adaptace svalové tkáně na silový trénink; maximalizace MPS	jednorázový příjem B po zatížení 0,3–0,4 g/kg	25,5–34 g	18–24 g

Pozn. Doporučení pro denní příjem S v g/kg umožňuje sportovcům přizpůsobit se cílům nezávisle na energetické bilanci (Burke, Cox, Cummings, & Desbrow, 2001). Jak ale autoři uvádí, od hmotnosti 85 kg nelze doporučení příjmu S/d aplikovat pro nadhodnocení reálné potřeby a v těchto případech je nutné individualizovat potřebu.

9.1.3 Aspekt nutričních preferencí

Mezi tradiční a stále populární výživové směry sportovců, ale také nespportující populace patří LCHF strava. Její uplatňování s sebou přináší řadu metabolických změn, které mohou u sportovců teoreticky přispět k podpoře výkonu. Výživa podle tohoto směru není primárně energeticky restriktivní, přesto se ukazuje být účinnou v redukci TH. Vedle manipulace s poměrem makroživin existuje mnoho dalších výživových

směrů manipulujících např. s frekvencí jídel/den, přičemž každý má své další modifikace a podtypy. V současnosti evidujeme obrovský rozmach alternativních forem stravování (Aragon et al., 2017).

Vedle LCHF diet, sportovci ve snaze dosáhnout (obvykle hmotnostních) cílů volí různé modely výživy. Časově omezený příjem potravy (přerušované hladovění, IF „*intermittent fasting*“) v kombinaci se silovým tréninkem je předmětem recentních výzkumů (Moro et al., 2016; Tinsley et al., 2017). Východiskem současného (evropského) pojetí IF jsou první publikované práce mapující dopad ramadánu (Chaouachi, Leiper, Souissi, Coutts, & Chamari, 2009). Práce sice přinesla slibné výsledky, výzkumný soubor ale tvořili obézní pacienti. Ramadán nemá na výkon sportovce vliv v případě, že sportovci udržují svůj celkový denní příjem energie a makronutrientů, tréninkové zatížení, složení těla a délku a kvalitu spánku (Chaouachi, Leiper, Chtourou, Aziz, & Chamari, 2012). Pozdější práce naopak naznačují, že přerušované hladovění vede u sportovce ke snížení výkonnosti (Roy & Bandyopadhyay, 2015). V současné době existuje velmi málo dat o účincích IF protokolů na výkon a výsledky studií nenaznačují žádnou významnou výhodu při redukcí TH oproti standardním formám energeticky-restriktivních diet (Harder-Lauridsen et al., 2017). Zadáním klíčových slov „*fast, intermittent a athletes*“ na WoS nalezneme devět článků publikovaných mezi roky 2009–2018 (platné k 8/2018). Posuzovat dopad IF diet u zdravých trénovaných jedinců proto v současnosti nelze.

Konzervativním přístupem k IF může být zařazení IF v den lehkého tréninku (max. 1 den v týdnu) nebo v netréninkových dnech tak, aby byl co nejvíce eliminován potenciální negativní dopad na nejbližší TJ.

Srovnáme-li jakékoliv formy nízkofrekvenčního stravování se standardními doporučeními odborných výživových společností, patří tyto výživové směry mezi alternativní. Častým rizikem jakéhokoliv alternativního způsobu stravování jsou nutriční deficiencie (Mirtschin et al., 2018).

Takovým příkladem je např. výživový směr „*If it fits your macros*“ (IIFYM). Jakákoliv definice a objektivní vymezení tohoto výživového směru chybí a ve vědeckých databázovaných periodikách nalezneme jedinou práci, přestože zadáním termínu (IIFYM) do internetového vyhledávače získáme ~ 19 milionů odkazů (platné k 7/2018) a popularita stravovacího směru je u laické veřejnosti velká. Základní myšlenkou je flexibilní přístup ke stravování založený výhradně na individuálně odlišných množstvích makroživin. Ismaeel (2017) v jediné dosud publikované práci upozorňuje na sníženou nutriční denzitu stravy a nedostatečný příjem vit. A, D, E a draslíku.

9.1.4 Aspekt gastrointestinálních potíží ve sportu – FODMAP

Řadu sportovců potkávají během tréninků nebo závodů zažívací potíže, které limitují výkon a vyžadují personalizovaný přístup. Příznaky doprovázející onemocnění trávicího traktu nebo intolerance na konkrétní potraviny jsou velmi podobné nespecifickým příznakům vyskytujícím se v průběhu nebo po skončení zatížení u zdravých sportovců. Sportovní dietologové se proto snaží zjistit, zda postupy, kterými se upravují potíže u osob se zdravotními problémy, nemohou pomoci také „zdravým sportovcům“. V této souvislosti se v poslední době mluví o tzv. FODMAP dietě, vyvinuté australskými lékaři před 13 lety (Gibson & Shepherd, 2005). Zkratka FODMAP znamená fermentovatelné (F) sacharidy ze skupin: oligosacharidů (O), disacharidů (D), monosacharidů (M) a polyolů (P). Omezení konzumace potravin s obsahem FODMAP² je úspěšně využíváno zejména ke korekci GIT symptomů u jedinců s tzv. syndromem dráždivého tračníku (onemocnění se projevuje např. křečemi v břiše a střevními obtížemi) (Marsh, Eslick, & Eslick, 2016). Již šestitýdenní zařazení FODMAP řízenou intervencí vede ke zmírnění síly a délky trvání symptomů GIT obtíží (Zahedi, Behrouz, & Azimi, 2018).

V posledních dvou letech se objevují první odborné studie, které dokumentují, že aplikace stravy s nízkým zastoupením FODMAP může rovněž snižovat výskyt a intenzitu trávicích obtíží u sportovců.

Sportovci, kteří trpí v průběhu pohybové aktivity nespecifickými trávicími potížemi, po aplikaci FODMAP diety subjektivně pociťují zlepšení anebo dokonce ústup problémů (Lis, Ahuja, Stellingwerff, Kitic, & Fell, 2016). Skupina FODMAP představuje S s krátkým řetězcem, které se vyskytují v širokém spektru potravin a zvyšují osmotickou zátěž v tenkém střevě. Po přechodu do tlustého střeva jsou rychle fermentovány (za účasti bakterií střevní mikroflóry) za vzniku plynů (příznakem je plynatost). Existují potraviny s vyšším nebo nižším zastoupením FODMAP. Mobilní aplikace vyvinutá výzkumníky na Australské univerzitě Monash usnadňuje nejen sportovcům orientaci mezi FODMAP potravinami a dovoluje monitorovat a vyhodnocovat individuální reakce na tyto potraviny³.

V jedné z pilotních studií vztahu FODMAP, GIT obtíží a sportovního zatížení „*Low FODMAP: A preliminary strategy to reduce gastrointestinal distress in athletes*“ (Lis, Stellingwerff, Kitic, Fell, & Ahuja, 2018a) byla vybraným zdravým běžcům, kteří se opakovaně v průběhu zatížení potýkali s trávicími problémy, po dobu šesti dnů podávána FODMAP strava. Ukázalo se, že během zatížení se krátkodobá aplikace diety ústupem GIT symptomů

² Příklady FODMAP sacharidů a jejich potravinových zdrojů: oligosacharidy: fruktany, galakto-oligosacharidy (datle, med, pšeničné pečivo); disacharidy: laktóza (mléko, jogurty, sýry); monosacharidy: fruktóza (jablka, třešně, meloun); polyoly: sorbitol (náhradní sladidlo) (Lis, 2017).

³ Download the FODMAP Diet app for on-the-go IBS support [webpage]. Monash University. <https://www.monashfodmap.com/> [cit. 15. 10. 2018]

neprojevila, ale ve zbývajících částech dne (po tréninku) došlo ke zlepšení stavu. Jde však o zcela novou oblast výzkumu a specifická doporučení pro sportovce neexistují a vycházíme především z dat klinických studií (Laatikainen et al., 2016). Vzhledem k šířce možných příčin trávicích potíží nemusí vytrvalostní sportovci (bez zřejmého onemocnění) vždy z FODMAP diety profitovat. FODMAP dieta může být při dlouhodobém dodržování energeticky velmi chudá a může způsobit naopak další problémy. Mezi potravinami, které se při FODMAP dietě vylučují, jsou také obiloviny pro svůj obsah lepku. Pro sportovce to však znamená vyřadit potraviny, které představují významný zdroj energie ve formě polysacharidů. Jídelníček by měl být vždy kontrolován nutričním terapeutem. Adherence může být dalším z limitujících aspektů diety (Marsh et al., 2016).

9.2 Kontroverzní témata sportovní výživy

Konsenzuální dokumenty IOC, ISSN i ACSM také upozorňují na kontroverzní oblasti vědeckého zájmu v oblasti sportovní výživy.

9.2.1 Bezlepková strava

V posledních letech roste počet lidí, kteří dobrovolně přecházejí na tzv. bezlepkovou stravu. Existují závažné zdravotní důvody, kdy je opravdu nutné se potravinám obsahujícím lepek vyhnout. Zajímavé však je, že se stále častěji setkáváme s omezováním nebo vylučováním potravin s obsahem lepku z jídelníčku zdravých sportovců (Lis, Stellingwerff, Shing, Ahuja, & Fell, 2015). Přítomnost některých složek potravin může opravdu uškodit těm, kteří trpí jejich tzv. intolerancí. Intolerance je nesnášenlivost nějaké potraviny či její složky manifestující se onemocněním. K jejímu odhalení a potvrzení, že za obtížemi skutečně stojí určitá potravina, je nutná návštěva lékaře. Nejznámějším příkladem je např. nesnášenlivost lepku (celiakie) nebo laktózy (laktózová intolerance) (Vránová, 2013, s. 103).

Mezi potraviny přirozeně obsahující lepek patří pšenice, oves, žito, ječmen a všechny výrobky z nich (sladké a slané pečivo, těstoviny atd.). Naopak luštěniny, brambory, ovoce, zelenina a jiné obilniny, jako např. kukuřice, pohanka, rýže nebo amarant, jsou přirozeně bezlepkové. Podobně také maso, mléko, vejce a ryby. Bezlepková strava u zdravých sportujících osob může mít i svá rizika. Jedním z nich je nedostatečný energetický příjem (Cialdella-Kam, Kulpins, & Manore, 2016).

Zejména plnění příjmu S a příliš vysoká energetická restrikce je častým rizikem u vytrvalostních sportovců s vysokým objemem tréninku. Mnoho potravin s obsahem lepku je významným zdrojem S a energie, kterou sportovci ke svému tréninku potřebují. Rozhodneme-li se jídelníček upravit, ať už jsme k tomu nuceni nebo máme jiný důvod, je důležité mít předem připraveny alternativy, jak potraviny s obsahem S nahradit. Déletrvajícím nedostatečným energetickým příjmem u výkonnostních vytrvalostních sportovců vede ke zvýšené únavě, zhoršené regeneraci a celkovému poklesu výkonnosti (Cialdella-Kam et al., 2016).

Bezlepková strava nabízí v podobě zeleniny a ovoce dostatečné zdroje vlákniny. Sportovci ovšem při vysokém objemu tréninku přirozeně upřednostňují stravu s nižším podílem vlákniny, aby zabezpečili vysoký energetický výdej, ale především eliminovali trávicí potíže, které může vláknina v kombinaci se zatížením vyvolat. Významným zdrojem vlákniny je také celozrnná mouka. Vyloučením celozrnného pečiva, cereálií nebo těstovin se proto riziko nízkého příjmu vlákniny dále zvyšuje. Přejít na bezlepkovou stravu může navíc díky sníženému podílu vlákniny z celozrnných zdrojů obsahovat potraviny s vyšším glykemickým indexem, přispívat k pocitu hladu a nutit sportovce častěji jíst.

Sledování 1443 zdravých atletů (bez klinicky diagnostikované intolerance na lepek), mezi nimiž bylo také 18 medailistů z vrcholných soutěží (OH, MS), ukázalo, že 41 % vrcholových sportovců dietu praktikuje téměř denně. Přitom pouze 13 % z nich trpělo nějakými trávicími příznaky (Lis et al., 2015). V intervenční studii Lis et al. (2015) bylo 13 výkonnostních cyklistů, kteří netrpěli žádnou z forem intolerance na lepek, rozděleno do dvou skupin a všem byla na jeden týden nasazena bezlepková dieta. V průběhu týdne pak dostávala jedna skupina sportovců dvakrát denně bezlepkové sportovní tyčinky a druhá skupina tyčinky s lepem (16 g lepku/den). Sportovci složení tyčinek neznali. Týdenní bezlepková strava neměla na sportovní výkon, výskyt trávicích obtíží nebo nejrůznější sledované biochemické ukazatele reakce na zátěž, žádný vliv.

Z dostupných studií vyplývá, že většina sportovců si intoleranci na lepek „diagnostikuje sama“ a klíčovou motivací přechodu na bezlepkovou stravu je redukce hmotnosti, zlepšení zdravotního stavu a zvýšení výkonu. Přestože výzkumů vlivu bezlepkové stravy na sportovní výkon je dosud velmi málo, odborníci nejen z oblasti sportovní medicíny se shodují v tom, že není důvod pro omezování – vylučování lepku zdravými, resp. sportujícími osobami.

Jaký efekt může mít dlouhodobé uplatňování bezlepkové diety na sportovní výkon, není dosud popsáno (Lis, Fell, Ahuja, Kitic, & Stellingwerff, 2016b).

9.2.2 Doplnky stravy

Mezi nejzávažnější negativní vliv suplementace patří odklon sportovců od přirozeného výběru potravinových zdrojů základních živin. Sportovci se pod vlivem masivní reklamy odchylují od dodržování elementárních pravidel racionální výživy.

V souvislosti s použitím doplňků stravy by si měli sportovci vždy položit základní otázky: Jsou suplementy bezpečné? Jsou legální? Jsou nezbytné? Je možné deklarované účinky doložit odbornými studiemi?

Výčet doplňků stravy, které nemají nežádoucí účinky, existují u nich jasně definované suplementační protokoly, podporují výkon, regeneraci, adaptaci nebo korigují nutriční deficienci,

se za posledních 20 let příliš nezměnil. Např. za doplňky stravy zvyšující výkon je dlouhodobě považováno pouze několik substancí (kreatin, kofein, bikarbonát sodný a S) (Rodriguez et al., 2009) a nově se v posledních několika letech prokazuje účinek exogenních nitrátů (Jones, 2014) a prekursoru intracelulárního pufru, neproteinogenní AK beta-alaninu (Trexler et al., 2015). Mnohými vnímané konzervativní závěry odborných společností (např. IOC) volit přirozené zdroje živin konzumací pestrých potravin tak mají stále své racionální opodstatnění (Maughan et al., 2018a).

Problematice doplňků stravy je přesto v odborné literatuře věnována obrovská pozornost. Např. na dvou posledních konferencích ISSN pořádaných v r. 2016 a 2017 bylo z celkového počtu 61, resp 56 příspěvků, 35, resp 29 věnováno pouze doplňkům stravy, tedy > než 50 % (Ramaswamy et al., 2016; „Proceedings of the Fourteenth International Society of Sports Nutrition /ISSN/ Conference and Expo“, 2017). Přitom závěry odborné literatury ostře kontrastují s nadužíváním doplňků stravy v praxi (> než 60 % vrcholových sportovců používá jeden nebo více druhů) (Wardenaar et al., 2017).

Aplikace některých doporučení v oblasti příjmů S a B bez použití doplňků stravy je však v praxi téměř nemožná:

- Dodávat během vytrvalostního zatížení S v množství 90 g/h a současně za podmínky, aby uvedené množství S tvořila pouze směs glukózy a fruktózy, a to v konkrétním v poměru 2 : 1, je běžnými potravinami nemožné. Existuje možnost, jak tuto podmínku v průběhu několikahodinového zatížení bez využití sportovního nápoje, sacharidového gelu nebo sportovní tyčinky naplnit?
- Příjem izolovaného množství B a AK po zatížení a současně obsahující dostatečné množství leucinu (3 g), o kterém víme, že maximalizuje MPS jinak než použitím doplňků stravy, rovněž nelze.

Výrobci doplňků stravy si nových poznatků jsou vědomi a na obalech svých produktů přehledně upozorňují na vlastnosti (množství, složení a kombinaci živin), které jsou v souladu se současnými vědeckými poznatky. Doplňky stravy jsou nabízeny v balení k okamžitému, jednorázovému použití před, během nebo po zatížení napomáhající individualizaci výživy sportovců.

U vybraných doplňků stravy jako jsou sportovní nápoj, sacharidovo-bílkovinné práškové směsi nebo koncentrát šťávy z červené řepy proto můžeme hovořit o velmi prospěšném propojení vědeckých poznatků (teorie) s reálným využitím v praxi (příloha 2 dokumentuje zařazení doplňků stravy během konkrétního zatížení).

9.2.3 Antioxidanty ve sportovní výživě

Účinky vytrvalostního tréninku a současného podávání různých forem a směsí antioxidantů na antioxidantní status, biosyntézu anebo inzulinovou senzitivitu jsou velmi ne-

konzistentní (Mankowski, Anton, Buford, & Leeuwenburgh, 2015). Všechny buňky našeho těla produkují volné radikály a reaktivní formy kyslíku jako nevyhnutelné vedlejší produkty metabolismu. Organismus je zneškodňuje prostřednictvím endogenních antioxidantních systémů kataláza, glutathion-peroxidáza a superoxid-dismutáza a řadou neenzymatických antioxidantů, jako je vit. C, E, betakaroten flavonoidy atd. Pohybová aktivita a zrychlený metabolický obrat jsou příčinou potenciální dysbalance mezi tvorbou reaktivních látek a jejich odstraňováním (tzv. oxidativní stres).

Zařazení antioxidantů ve formě doplňků stravy do jídelníčku sportovce může oxidativní stres indukovaný náročným zatížením zmírnit. Zda se tak děje či nikoliv, jsme ještě nedávno nevěděli (Urso & Clarkson, 2003).

Dnes se však ukazuje, že nezávisle na objemu, intenzitě či typu zatížení dochází v důsledku pravidelné pohybové aktivity (tréninku) k příznivým adaptačním změnám v podobě zvýšení antioxidantních markerů a poklesu prooxidativních ukazatelů (de Sousa et al., 2017). Jedna z prvních prací, která přinesla velmi překvapivé výsledky (Gomez-Cabrera et al., 2008) a vzbudila pozornost, překvapivě prokázala, že příjem 1 g vit. C po dobu osmi týdnů redukuje adaptační odpověď na trénink potlačením zatížením indukované exprese transkripčních faktorů podporujících mitochondriální biogenezi (PPAR 1C). Vitamin C také zabránil zvýšení vyvolané exprese cytochromu C (marker mitochondriálního obsahu) a antioxidantních enzymů superoxid-dismutázy a glutathion-peroxidázy. Podobné závěry potvrdil také Morrison et al. (2015) podáváním 2 × 500 mg vit. C + 400 IU vit. E po dobu osmi týdnů. Dvakrát zaslepená placebem kontrolovaná randomizovaná studie byla provedena u jedenácti zdravých mladých mužů. Ukazatele oxidativního stresu po submaximálním zatížení na cyklistickém ergometru (10 × 4 min, 90 % VO₂max s dvouminutovou aktivní pauzou) nebyly suplementací nijak ovlivněny.

Podávání směsi antioxidantů (272 mg vit. E, 400 mg vit. C, 30 mg beta-karotenu, 2 mg luteinu, 400 mg selenu, 30 mg zinku a 600 mg hořčíku) po dobu čtyř týdnů a 15 minut po skončení jednorázového max. zatížení (1000 m kajak závod) nemělo žádný vliv na zánětlivé ukazatele, antioxidantní status ani ukazatele svalového poškození (Teixeira, Valente, Casal, Marques, & Moreira, 2009b).

V současnosti proto můžeme tvrdit, že neexistují žádné přesvědčivé důkazy, které by naznačovaly, že antioxidanty suplementované nad rámec běžné stravy, popř. v blízkosti zatížení podporují tréninkovou adaptaci (Merry & Ristow, 2016).

Podrobnější suplementační protokoly (množství, načasování příjmu, interakce s jinými látkami atd.) antioxidantně působících fytochemických látek u sportovců nejsou známy, přestože jde o skupiny nejčastěji suplementovaných doplňků sportovní výživy (Rhodes & Braakhuis, 2017; Somerville, Bringans, & Braakhuis, 2017).

Fyziologické uvolňování reaktivních forem kyslíku je třeba vnímat jako pozitivní stimulus (Powers, Ji, Kavazis, & Jackson, 2011) a dlouhodobá suplementace antioxidanty není doporučena ani posledním konsenzuálním dokumentem IOC (Maughan et al., 2018a).

Otázka zařazení antioxidantů může mít svou logiku v případě akutních extrémních závodních zatížení – soutěž, závod, ve kterých k dramatickému poklesu a prohloubení oxidativního stresu dochází (Teixeira, Valente, Casal, Marques, & Moreira, 2009a). U závodního výkonu není smyslem zatížení vyvolat adaptaci a podání antioxidantů může zmírnit jednorázovým zatížením vyvolaný oxidativní stres, který akutně převyšuje anti-oxidativní kapacitu organismu.

9.2.4 Jednoduché sacharidy ve sportovní výživě

Podstatou základních doporučení pro vytrvalostní aktivity je podávání S během zatížení. Primárně jde o monosacharidy a disacharidy (nejčastěji sacharózu). Sacharóza je sloučeninou monosacharidů glukózy s fruktózou. Přirozeně sacharózu a monosacharidy najdeme v ovoci nebo medu. Doporučení v prevenci civilizačních onemocnění nás vedou ke snížení spotřeby zejména přidaných jednoduchých S na maximálně 10 % z celkové energetické dávky (tzn. u dospělých lehce pracujících cca 60 g na den při příjmu 2 400 kcal/den). Také „sportovní výživa“ má svá doporučení, která se ale diametrálně odlišují a mohou být interpretována velmi kontroverzně. Z fyziologické podstaty je glukóza dominantním zdrojem energie k zabezpečení intenzivní vytrvalostní tělesné práce.

V kontrastu s výživovými doporučeními pro běžnou populaci je doporučován příjem právě jednoduchých – „rychlých“ S. Budeme-li se držet obecných doporučení, při celkovém denním energetickém výdeji vrcholového sportovce ~ 5 000 kcal představuje 10% limit z uvedeného množství 500 kcal = 125 g jednoduchých S. Uvažujeme-li např. závod (3 h) a doporučení 60 g S/hodinu, výsledkem je $3 \times 60 \text{ g} = 180 \text{ g}$ jednoduchých S/den. Ve zbytku dne (před a po závodním zatížení) příjem dalších ~ 150–200 g jednoduchých S a celkový denní 350–400 g, tedy > trojnásobek doporučení pro obyvatelstvo ČR (Dostálová, Dlouhý & Tláskal, 2012).

Přesto pravidelně sportující lidé a tím spíše výkonnostní sportovci obvykle cukrovkou 2. typu, obezitou ani metabolickým syndromem netrpí. Sledování 161 elitních bruslařů v letech 1988–1996 prokázalo, že jednoduché cukry samy o sobě představovaly 25 % denních energetických příjmů – elitní bruslaři konzumovali mezi 100 g (ženy) a 142 g jednoduchých S denně. Vysoká spotřeba jednoduchých S u elitních sportovců nebyla asociována s nadváhou nebo nadměrným tělesným tukem (Ziegler, Nelson, Barratt-Fornell, Fiveash, & Drewnowski, 2001).

Pohybová aktivita tak „chrání“ sportovce před negativními dopady opakovaného vysokého příjmu jednoduchých S přizpůsobením metabolismu glukózy aktuálním potře-

bám. Zefektivňuje se např. intestinální resorpce glukózy a díky vyšší citlivosti buněčných receptorů k inzulínu také vychytávání glukózy pracujícími svaly nebo přeměna glukózy na zásobní glykogen atd. Výsledkem je odlišná glykemická reakce sportovce na isoenergetický příjem jednoduchých S ve srovnání s nespportovcem. Příjem S před, v průběhu nebo po výkonu sportovcům přispívá k lepšímu výkonu spíše než k obezitě (King et al., 1987).

Na zvýšené riziko dentálních potíží upozorňuje také IOC v praktické příručce, ve které sportovce mimo jiné nabádá k pravidelné ústní hygieně, absolvování stomatologických prohlídek nebo volbě vhodných svačin s nižším glykemickým indexem (International Olympic Comitee, 2007).

Závěry

Analyzované strategie sportovce zaměřené na zabezpečení energetických substrátů a dalších ergogenních prostředků podporujících dostupnost energie, oddalujících rozvoj únavy a/nebo zvyšujících závodní výkon se dynamicky mění. Vývoj poznání v oblasti sportovní výživy není plynulý, ale je spíše charakteristický rozdílným tempem rozvoje. Z tohoto hlediska se zásadní informace nejrychleji měnily v posledních deseti letech, především díky systematickému přístupu ACSM. Analýza souborných prací Americké společnosti sportovní medicíny, publikovaných v letech 2000–2016, ukázala, že pohled na sportovní výživu se inovuje a dochází k doplnění a revizi mnohých rigidních doporučení.

Nutnost aplikovat sportovní výživu podle povahy sportovní disciplíny vychází z poznání o variabilitě žádoucích i nežádoucích reakcí organismu na zatížení a vědecky prokázaném ergogenním vlivu některých z nich. Rozhodující je správně periodizovat příjem živin anebo tekutin nejen vůči tréninkové jednotce, ale také v rámci tréninkového mikro- a makrocyklu. Sportovci na základě variability tréninkové zátěže a cílů mohou koordinovaně pracovat s dostupností S, strategicky využít B v podpoře adaptace nebo volit mezi řízeným anebo autonomním přístupem k hydrataci během zátěže.

Víme velmi detailně, v jakém čase, v jakém množství, v jakém složení a v jaké formě bychom měli přijímat S a B a jak konkrétně se uvedená doporučení projevují na sportovním výkonu a regeneraci. Naopak doporučení zaměřená na příjem tuků využitelná např. při ketogenních LCHF dietách neexistují. Výživa před, během a po zatížení je z více než 70 % složena právě z tuků a my nevíme, zda konkrétní množství, různé formy či poměr zastoupení mastných kyselin rovněž nepředstavují ergogenní potenciál.

Existuje však řada sportujících populačních skupin, ovšem bez konkrétních doporučení pro uplatňování sportovní výživy. Neexistují např. žádná podrobnější specifická doporučení pro sportující děti (potřeby makro- a mikroživin, hydratace) (Rowland, 2011). Existující doporučení jsou extrapolována z dat získaných na dospělé populaci, přestože existují rozdíly v odezvě mladého organismu na zátěž (zvýšený podíl T na celkové oxidaci živin, vyšší energetický obrat nebo redukováná míra pocení) (Meyer, O'Connor, & Shirreffs, 2007). Do jaké míry je možné využít k nastavení výživových postupů u sportující populace s oslabením (např. sportovci s diabetem, paralympijští sportovci) poznatků získaných pozorováním u zdravých sportovců, zůstává otázkou (Juzwiak, Joaquim, & Winkler, 2018; Maughan, 2014, s. 490–502). Současné směřování sportovní výživy není jen o tématech sportovního výkonu nebo tréninkové adaptace. Zvýšená pozornost je věnována příčinám zdravotních problémů výkonnostních sportovců (Maffetone & Laursen, 2016; Mountjoy et al., 2018), poznatky z výzkumů sportovců jsou východiskem

nutričních postupů v prevenci stárnutí, sarkopenie (Naseeb & Volpe, 2017) nebo rizikových faktorů kardiovaskulárních onemocnění (Noakes & Windt, 2017).

Ve snaze eliminovat nežádoucí důsledky neodborné manipulace s výživou výkonnostních sportovců Lékařská a vědecké komise IOC představila novou koncepci komplexní zdravotní diagnostiky sportovce (dříve známou pod názvem „ženská sportovní triáda“), tzv. syndrom relativní energetické nedostatečnosti ve sportu (RED-S). Nový diagnostický nástroj je rozšířen i na mužské sportovce a může rovněž sloužit jako screening narušených stravovacích zvyklostí, které společně s nízkou energetickou dostupností (ED) syndrom RED-S podmiňují. K identifikaci nízké ED je možné vedle výpočtu rovnicí využít standardizovaného dotazníku (LEAF-Q).

Znalosti sportovců a trenérů v oblasti sportovní výživy nejsou dostatečné. Např. více než polovina trenérů čerpá informace z internetu a pouze 1/3 se orientuje v základních pravidlech používání makroživin v podpoře regenerace a výkonu (Jacob et al., 2016). Jedině zvýšením orientovanosti trenérů v oblasti sportovní výživy je možné správně aplikovat výživové postupy podporující regeneraci, tréninkovou adaptaci a výkon v souladu s novými principy periodizované výživy. Z uvedeného vyplývá důraz na systém edukace s větším propojením odborných vědeckých (akademických) institucí. K objektivnímu ověření znalostí o sportovní výživě je možné využít validovaných dotazníků specificky zaměřených na oblast sportovní výživy (Heikkilä, Valve, Lehtovirta, & Fogelholm, 2018; Trakman, Forsyth, Hoyer, & Belski, 2017).

Nejnovější doporučení v oblasti příjmu S těží z poznatků fyziologie GIT traktu (Berg, Müller, Rathmann, & Deibert, 1999). Trávicí trakt je adaptabilním orgánem a mnohými je dokonce nazýván „*atletickým orgánem*“ (Stellingwerff & Jeukendrup, 2011) (Brouns & Beckers, 1993).

Strategické plánování tréninku a periodizace sportovní výživy vytvářející podmínky snížené dostupnosti S jsou pevnou součástí nejnovějších přístupů ke sportovní výživě. Z uvedeného vyplývá, že bez koordinovaného přístupu *vědec–trenér–sportovec* je využití nových poznatků v tréninku složitější. Také proto je důležité zvýšit celospolečenskou akceptaci odborníků vzdělaných v oblasti sportovního tréninku, regenerace a výživy ve sportu sportovními svazy a kluby. Jejich angažování v realizačním týmu by mělo být součástí zodpovědného přístupu managementu sportovních klubů na všech výkonnostních úrovních.

Nová doporučení v oblasti sportovní výživy popisované v odborné literatuře poukazují na vysokou náročnost a obrovskou míru zodpovědnosti sportovce (a jeho týmu) ke správnému stravování, se kterou se musí vypořádat při jejich implementaci v praxi. K tomu jim mohou pomoci nové technologie umožňující rychlou a neinvazivní analýzu reakce organismu na tělesnou zátěž. S jejich využitím v budoucnu roste aplikační potenciál vědeckých poznatků. Např. v případě predikce hladin svalového glykogenu by šlo o průlomový krok.

Souhrn

Výživové strategie sportovce, zaměřené na zabezpečení energetických substrátů a dalších ergogenních prostředků podporujících dostupnost energie v tréninku, oddalujících rozvoj únavy anebo zvyšujících závodní výkon, se dynamicky mění.

Odborná kniha je rozdělena do tří hlavních částí. První část objasňuje pozici sportovní výživy jako vědecké disciplíny. Dále je prezentována analýza souborných prací „*Nutrition and athletic performance*“ z let 2000–2016 Americké společnosti sportovní medicíny, zaměřených na problematiku sportovní výživy. Výsledkem analýzy je identifikace nových vědeckých poznatků, které jsou obsahovým východiskem druhé části knihy.

Druhá část knihy nově identifikovaná témata sportovní výživy detailně rozebírá. Je tvořena pěti hlavními kapitolami, ve kterých jsou podrobně popsány například energetická dostupnost a relativní energetická nedostatečnost ve sportu, dostupnost sacharidů v podpoře tréninkové adaptace, řízený příjem tekutin během zatížení nebo nutriční trénink.

Závěrečná část knihy syntetizuje výstupy z předchozích kapitol do podoby přehledného a srozumitelného výčtu výživových strategií, které reprezentují principy periodizované sportovní výživy tak, jak jsou vnímány odbornou literaturou. Nakonec jsou představeny aktuální perspektivy sportovní výživy a kontroverzní oblasti, kterým sportovní výživa v současnosti čelí.

Nová doporučení v oblasti sportovní výživy popisovaná v odborné literatuře poukazují na vysokou míru zodpovědnosti sportovce ke správnému stravování, se kterou se musí vypořádat při jejich implementaci v praxi.

Bez koordinovaného přístupu *vědec–trenér–sportovec* je využití nových poznatků v tréninku složitější. Také proto je důležité zvýšit celospolečenskou akceptaci odborníků vzdělaných v oblasti sportovního tréninku, regenerace a výživy ve sportu, sportovními svazy a kluby. Jejich angažování v realizačním týmu sportovce by mělo být součástí zodpovědného přístupu managementu sportovních klubů na všech výkonnostních úrovních.

Summary

Nutritional strategies adopted by athletes primarily focusing on delivering energy, providing ergogenic properties, promoting energy availability, while training and delaying the development of fatigue or increasing race performance, are changing dynamically. The scientific book is divided into three main parts. The first part explains the position of sports nutrition as a scientific discipline. Further, an analysis of the „*Nutrition and athletic performance*“ comprehensive position stands published in 2000–2016 by the American Society of Sports Medicine is presented. As a result, the identification of the new scientific sports nutrition knowledge constitutes the content of the second part of the book.

The second part of the book discusses the identified topics of sports nutrition in detail. It consists of five main chapters describing, for example, energy availability, relative energy deficiency in sport, carbohydrates availability in support of training adaptation, prescribed fluid intake during exercise or nutritional training.

The final part synthesizes the outputs from the previous chapters into a clear and comprehensible overview of evidence-based sport nutrition strategies that represent the periodized nutrition. As a final point, the contemporary perspectives of sports nutrition and selected controversies in sports nutrition are presented.

The New sports nutrition recommendations established by the literature highlight the responsibility of any athlete for proper eating, necessitates for proper implementation of the recommendations in practice.

The correct adoption of the new knowledge in training is principally dependent on the highly coordinated approach embraced by the link between scientist-trainer-athlete. It is also important to increase the wide public acceptance of professionals educated in the field of sports training, regeneration and nutrition in the sport by individual sports teams or sports associations. The integration of such educated professionals in the team should be a part of a responsible approach of the sport teams/associations management at all sport-participation levels.

O autorovi

Mgr. Michal Kumstát, Ph.D.

Vystudoval tělesnou výchovu a sport na Fakultě sportovních studií Masarykovy univerzity, pokračoval na doktorském studiu a v současnosti zde přednáší sportovní výživu na Katedře podpory zdraví. Řadu let se věnoval na vrcholové úrovni plavání, později triatlonu, ve kterém reprezentoval ČR.

Seznam použité literatury

1. Abbott, W., Brett, A., Cockburn, E., & Clifford, T. (2018). Presleep Casein Protein Ingestion: Acceleration of Functional Recovery in Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–24.
2. Ackerman, K. E., Holtzman, B., Cooper, K. M., Flynn, E. F., Bruinvels, G., Tenforde, A. S., ... Parziale, A. L. (2018). Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2017-098958. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098958>
3. Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. I., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2012). Current Status of Body Composition Assessment in Sport: Review and Position Statement on Behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition Health and Performance, Under the Auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Medicine*, 42(3), 227–249.
4. Ainsworth, B. E., Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett Jr DR, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. (2011). Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(8), 1575–1581.
5. Akerman, A. P., Tipton, M., Minson, C. T., & Cotter, J. D. (2016). Heat stress and dehydration in adapting for performance: Good, bad, both, or neither? *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal*, 3(3), 412–436. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1216255>
6. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, & Dietitians of Canada. (2000). Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2130–2145.
7. Antonio, J., Ellerbroek, A., Evans, C., Silver, T., & Peacock, C. A. (2018). High protein consumption in trained women: bad to the bone? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15, 6. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0210-6>
8. Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Orris, S., Scheiner, M., Gonzalez, A., & Peacock, C. A. (2015). A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women – a follow-up investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12, 39. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0100-0>
9. Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Vargas, L., Tamayo, A., Buehn, R., & Peacock, C. A. (2016). A High Protein Diet Has No Harmful Effects: A One-Year Crossover Study in Resistance-Trained Males. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2016, 9104792. <https://doi.org/10.1155/2016/9104792>
10. Antonio, J., Peacock, C. A., Ellerbroek, A., Fromhoff, B., & Silver, T. (2014). The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-19>
11. Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J., Wildman, R., Kleiner, S., VanDusseldorp, T., Taylor, L., ... Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0174-y>
12. Areta, J. L., Burke, L. M., Ross, M. L., Camera, D. M., West, D. W. D., Broad, E. M., ... Coffey, V. G. (2013). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *The Journal Of Physiology*, 591 (Pt 9), 2319–2331. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.244897>
13. Areta, J. L., & Hopkins, W. G. (2018). Skeletal Muscle Glycogen Content at Rest and During Endurance Exercise in Humans: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(9), 2091–2102. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0941-1>
14. Armstrong, L. E., Johnson, E. C., & Bergeron, M. F. (2016). COUNTERVIEW: Is Drinking to Thirst Adequate to Appropriately Maintain Hydration Status During Prolonged Endurance Exercise? No. *Wilderness & Environmental Medicine*, 27(2), 195–198. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.03.002>
15. Armstrong, L. E., Johnson, E. C., Kunces, L. J., Ganio, M. S., Judelson, D. A., Kupchak, B. R., ... Williamson, K. H. (2014). Drinking to thirst versus drinking ad libitum during road cycling. *Journal of Athletic Training*, 49(5), 624–631. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.85>

-
16. Arnaoutis, G., Kavouras, S. A., Kotsis, Y. P., Tsekouras, Y. E., Makrillos, M., & Bardis, C. N. (2013). Ad libitum fluid intake does not prevent dehydration in suboptimally hydrated young soccer players during a training session of a summer camp. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(3), 245–251.
 17. Baar, K., & McGee, S. (2008). Optimizing training adaptations by manipulating glycogen. *European Journal of Sport Science*, 8(2), 97–106. <https://doi.org/10.1080/17461390801919094>
 18. Baker, L. B. (2017). Sweating Rate and Sweat Sodium Concentration in Athletes: A Review of Methodology and Intra/Interindividual Variability. *Sports Medicine*, 47(Suppl 1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0691-5>
 19. Bardis, C. N., Kavouras, S. A., Adams, J. D., Geladas, N. D., Panagiotakos, D. B., & Sidossis, L. S. (2017). Prescribed Drinking Leads to Better Cycling Performance than Ad Libitum Drinking. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(6), 1244–1251. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001202>
 20. Barrack, M. T., Ackerman, K. E., & Gibbs, J. C. (2013). Update on the female athlete triad. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 6(2), 195–204. <https://doi.org/10.1007/s12178-013-9168-9>
 21. Bartlett, J. D., Hawley, J. A., & Morton, J. P. (2015). Carbohydrate availability and exercise training adaptation: too much of a good thing? *European Journal of Sport Science*, 15(1), 3–12. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.920926>
 22. Beis, L. Y., Wright-Whyte, M., Fudge, B., Noakes, T., & Pitsiladis, Y. P. (2012). Drinking behaviors of elite male runners during marathon competition. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 22(3), 254–261. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31824a55d7>
 23. Below, P. R., Mora-Rodríguez, R., González-Alonso, J., & Coyle, E. F. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(2), 200–210.
 24. Beltrami, F. G., Hew-Butler, T., & Noakes, T. D. (2008). Drinking policies and exercise-associated hyponatraemia: is anyone still promoting overdrinking? *British Journal of Sports Medicine*, 42(10), 796–801. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.047944>
 25. Berg, A., Müller, H. M., Rathmann, S., & Deibert, P. (1999). The gastrointestinal system – an essential target organ of the athlete’s health and physical performance. *Exercise Immunology Review*, 5, 78–95.
 26. Bergström, J., Hermansen, L., Hultman, E., & Saltin, B. (1967). Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 71(2), 140–150. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1967.tb03720.x>
 27. Bergström, J., & Hultman, E. (1972). Nutrition for maximal sports performance. *JAMA*, 221(9), 999–1006.
 28. Bergström, J. (1962). Muscle electrolytes in man determined by neutron activation analysis on needle biopsy specimens. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation (England)*, 14(Suppl 68).
 29. Berkulo, M. A. R., Bol, S., Levels, K., Lamberts, R. P., Daanen, H. A. M., & Noakes, T. D. (2016). Ad-libitum drinking and performance during a 40-km cycling time trial in the heat. *European Journal of Sport Science*, 16(2), 213–220. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1009495>
 30. Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2006). Liquid carbohydrate/essential amino acid ingestion during a short-term bout of resistance exercise suppresses myofibrillar protein degradation. *Metabolism*, 55(5), 570–577. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2005.11.011>
 31. Blauwet, C. A., Brook, E. M., Tenforde, A. S., Broad, E., Hu, C. H., Abdu-Glass, E., & Matzkin, E. G. (2017). Low Energy Availability, Menstrual Dysfunction, and Low Bone Mineral Density in Individuals with a Disability: Implications for the Para Athlete Population. *Sports Medicine*, 47(9), 1697–1708. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0696-0>
 32. Boden, G., Sargrad, K., Homko, C., Mozzoli, M., & Stein, T. P. (2005). Effect of a Low-Carbohydrate Diet on Appetite, Blood Glucose Levels, and Insulin Resistance in Obese Patients with Type 2 Diabetes. *Annals of Internal Medicine*, 142(6), 403. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-142-6-200503150-00006>
 33. Bohé, J., Low, A., Wolfe, R. R., & Rennie, M. J. (2003). Human Muscle Protein Synthesis is Modulated by Extracellular, Not Intramuscular Amino Acid Availability: A Dose-Response Study. *The Journal of Physiology*, 552(1), 315–324. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.050674>

-
34. Borsheim, E., Aarsland, A., & Wolfe, R. R. (2004). Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(3), 255–271.
 35. Boudreaux, B. D., Hebert, E. P., Hollander, D. B., Williams, B. M., Cormier, C. L., Naquin, M. R., ... Kraemer, R. R. (2018). Validity of Wearable Activity Monitors during Cycling and Resistance Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(3), 624–633. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001471>
 36. Bounty, P. L., Campbell, B., Wilson, J., Galvan, E., Berardi, J., Kleiner, S., ... Antonio, J. (2011). International Society of Sports Nutrition position stand: meal frequency. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-8-4>
 37. Breen, L., & Phillips, S. M. (2011). Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: interventions to counteract the „anabolic resistance“ of ageing. *Nutrition & Metabolism*, 8, 68. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-8-68>
 38. Brehm, B. J., Seeley, R. J., Daniels, S. R., & D'Alessio, D. A. (2003). A Randomized Trial Comparing a Very Low Carbohydrate Diet and a Calorie-Restricted Low Fat Diet on Body Weight and Cardiovascular Risk Factors in Healthy Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 88(4), 1617–1623. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-021480>
 39. Brotherhood, J. R. (1984). Nutrition and Sports Performance. *Sports Medicine*, 1(5), 350–389. <https://doi.org/10.2165/00007256-198401050-00003>
 40. Brouns, F., & Beckers, E. (1993). Is the gut an athletic organ? Digestion, absorption and exercise. *Sports Medicine*, 15(4), 242–257.
 41. Buford, T. W., Kreider, R. B., Stout, J. R., Greenwood, M., Campbell, B., Spano, M., ... Antonio, J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4, 6. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-6>
 42. Bukhari, S. S. I., Phillips, B. E., Wilkinson, D. J., Limb, M. C., Rankin, D., Mitchell, W. K., ... Atherton, P. J. (2015). Intake of low-dose leucine-rich essential amino acids stimulates muscle anabolism equivalently to bolus whey protein in older women at rest and after exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 308(12), E1056-1065. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00481.2014>
 43. Burd, N. A., & De Lisio, M. (2017). Skeletal Muscle Remodeling: Interconnections Between Stem Cells and Protein Turnover. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 45(3), 187. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000117>
 44. Burd, N. A., West, D. W. D., Moore, D. R., Atherton, P. J., Staples, A. W., Prior, T., ... Phillips, S. M. (2011). Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *The Journal of Nutrition*, 141(4), 568–573. <https://doi.org/10.3945/jn.110.135038>
 45. Burke, D. L. M., & Hawley, J. A. (1997). Fluid Balance in Team Sports. *Sports Medicine*, 24(1), 38–54. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724010-00004>
 46. Burke, L. M. (2010). Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20 Suppl 2, 48–58. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01185.x>
 47. Burke, L. M. (2015). Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the ‘Nail in the Coffin’ Too Soon? *Sports Medicine*, 45(1), 33–49. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0393-9>
 48. Burke, L. M. (2017a). Reflections on the 2016 Position Stand: Nutrition and Athletic Performance. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 21(2), 39. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000277>
 49. Burke, L. M., Close, G. L., Lundy, B., Mooses, M., Morton, J. P., & Tenforde, A. S. (2018a). Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 364–374. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2018-0182>
 50. Burke, L. M., Cox, G. R., Cummings, N. K., & Desbrow, B. (2001). Guidelines for Daily Carbohydrate Intake: Do Athletes Achieve Them? *Sports Medicine*, 31(4), 267–299. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131040-00003>

-
51. Burke, L. M., Hawley, J. A., Jeukendrup, A., Morton, J. P., Stellingwerff, T., & Maughan, R. J. (2018b). Toward a Common Understanding of Diet-Exercise Strategies to Manipulate Fuel Availability for Training and Competition Preparation in Endurance Sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(5), 451–463. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0289>
 52. Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S17–S27. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
 53. Burke, L. M., Lundy, B., Fahrenholtz, I. L., & Melin, A. K. (2018c). Pitfalls of Conducting and Interpreting Estimates of Energy Availability in Free-Living Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 350–363. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0142>
 54. Burke, L. M., Maughan, R., & Shirreffs, S. (2007). The 2007 IAAF Consensus Conference on Nutrition for Athletics. *Journal of Sports Sciences*, 25 Suppl 1, S1. <https://doi.org/10.1080/02640410701775762>
 55. Burke, L. M., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L. A., Welvaert, M., Heikura, I. A., Forbes, S. G., ... Hawley, J. A. (2017b). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2785–2807. <https://doi.org/10.1113/JP273230>
 56. Bussau, V. A., Fairchild, T. J., Rao, A., Steele, P., & Fournier, P. A. (2002). Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3), 290–295. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0621-5>
 57. Cade, W. T., Khoury, N., Nelson, S., Shackelford, A., Semenkovich, K., Krauss, M. J., & Arbeláez, A. M. (2016). Hypoglycemia during moderate intensity exercise reduces counterregulatory responses to subsequent hypoglycemia. *Physiological Reports*, 4(17), e12848. <https://doi.org/10.14814/phy2.12848>
 58. Camera, D. M., Smiles, W. J., & Hawley, J. A. (2016). Exercise-induced skeletal muscle signaling pathways and human athletic performance. *Free Radical Biology & Medicine*, 98, 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.007>
 59. Camera, D. M., West, D. W. D., Burd, N. A., Phillips, S. M., Garnham, A. P., Hawley, J. A., & Coffey, V. G. (2012). Low muscle glycogen concentration does not suppress the anabolic response to resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 113(2), 206–214. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00395.2012>
 60. Campbell, B., Kreider, R. B., Ziegenfuss, T., La Bounty, P., Roberts, M., Burke, D., ... Antonio, J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4, 8. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-8>
 61. Campbell, B., Wilborn, C., La Bounty, P., Taylor, L., Nelson, M. T., Greenwood, M., ... Kreider, R. B. (2013). International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-1>
 62. Campbell, S. C., & Wisniewski, P. J. I. (2017). Exercise is a Novel Promoter of Intestinal Health and Microbial Diversity. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 45(1), 41. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000096>
 63. Carter, J. M., Jeukendrup, A. E., & Jones, D. A. (2004). The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(12), 2107–2111.
 64. Cermak, N. M., & van Loon, L. J. C. (2013). The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Medicine*, 43(11), 1139–1155. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0079-0>
 65. Cialdella-Kam, L., Kulpins, D., & Manore, M. M. (2016). Vegetarian, Gluten-Free, and Energy Restricted Diets in Female Athletes. *Sports*, 4(4), 50. <https://doi.org/10.3390/sports4040050>
 66. Cipryan, L., Plews, D. J., Ferretti, A., Maffetone, P. B., & Laursen, P. B. (2018). Effects of a 4-Week Very Low-Carbohydrate Diet on High-Intensity Interval Training Responses. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(2), 259–268.
 67. Close, G. L., Hamilton, D. L., Philp, A., Burke, L. M., & Morton, J. P. (2016). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 144–158. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016>

-
68. Cochran, A. J. R., Myslik, F., MacInnis, M. J., Percival, M. E., Bishop, D., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2015). Manipulating Carbohydrate Availability Between Twice-Daily Sessions of High-Intensity Interval Training Over 2 Weeks Improves Time-Trial Performance. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 25(5), 463–470. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0263>
 69. Convertino, V. A., Armstrong, L. E., Coyle, E. F., Mack, G. W., Sawka, M. N., Senay, J. L., & Sherman, W. M. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(1), i–vii. <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00045>
 70. Cotter, J. D., Thornton, S. N., Lee, J. K., & Laursen, P. B. (2014). Are we being drowned in hydration advice? Thirsty for more? *Extreme Physiology & Medicine*, 3, 18. <https://doi.org/10.1186/2046-7648-3-18>
 71. Cox, G. R., Clark, S. A., Cox, A. J., Halson, S. L., Hargreaves, M., Hawley, J. A., ... Burke, L. M. (2010). Daily training with high carbohydrate availability increases exogenous carbohydrate oxidation during endurance cycling. *Journal of Applied Physiology*, 109(1), 126–134. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00950.2009>
 72. Cox, P. J., Kirk, T., Ashmore, T., Willerton, K., Evans, R., Smith, A., ... Clarke, K. (2016). Nutritional Ketosis Alters Fuel Preference and Thereby Endurance Performance in Athletes. *Cell Metabolism*, 24(2), 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.07.010>
 73. Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hemmert, M. K., & Ivy, J. L. (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *Journal of Applied Physiology*, 61(1), 165–172. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.61.1.165>
 74. Coyle, E. F., Jeukendrup, A. E., Wagenmakers, A. J., & Saris, W. H. (1997). Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 273(2), E268–E275. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1997.273.2.E268>
 75. Creighton, D. W., Shrier, I., Shultz, R., Meeuwisse, W. H., & Matheson, G. O. (2010). Return-to-play in sport: a decision-based model. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 20(5), 379–385. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181f3c0fe>
 76. Cribb, P. J., & Hayes, A. (2006). Effects of Supplement-Timing and Resistance Exercise on Skeletal Muscle Hypertrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(11), 1918–1925.
 77. Dashti, H. M., Mathew, T. C., Khadada, M., Al-Mousawi, M., Talib, H., Asfar, S. K., ... Al-Zaid, N. S. (2007). Beneficial effects of ketogenic diet in obese diabetic subjects. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 302(1–2), 249–256. <https://doi.org/10.1007/s11010-007-9448-z>
 78. de Oliveira, E., Burini, R. (2014). Carbohydrate-Dependent, Exercise-Induced Gastrointestinal Distress. *Nutrients*, 6(10), 4191–4199. <https://doi.org/10.3390/nu6104191>
 79. de Sousa, C. V., Sales, M. M., Rosa, T. S., Lewis, J. E., de Andrade, R. V., & Simões, H. G. (2017). The Antioxidant Effect of Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(2), 277–293. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0566-1>
 80. De Souza, M. J., Williams, N. I., Nattiv, A., Joy, E., Misra, M., Loucks, A. B., ... McComb, J. (2014). Misunderstanding the female athlete triad: refuting the IOC consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 48(20), 1461–1465. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093958>
 81. Deschenes, M. R., & Kraemer, W. J. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11 Suppl), S3–16. <https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000029722.06777.E9>
 82. Devenney, S., Collins, K., & Shortall, M. (2016). Effects of various concentrations of carbohydrate mouth rinse on cycling performance in a fed state. *European Journal of Sport Science*, 16(8), 1073–1078. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1196735>
 83. Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2015). Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *Journal of Food Science*, 80 Suppl 1, A8–A15. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12802>
 84. Dion, T., Savoie, F. A., Asselin, A., Garipey, C., & Goulet, E. D. B. (2013). Half-marathon running performance is not improved by a rate of fluid intake above that dictated by thirst sensation in trained distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, 113(12), 3011–3020. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2730-8>

-
85. Dostálová, J., Dlouhý, P., Tláškal, P. (2012). *Výživová doporučení pro obyvatelstvo ČR* [webpage]. Společnost pro výživu. [cit. 21. 7. 2018]
Retrieved from <http://www.vyzivaspol.cz/vyzivova-doporuceni-pro-obyvatelstvo-ceske-republiky/>
 86. Downey, R. I., Hutchison, M. G., & Comper, P. (2018). Determining sensitivity and specificity of the Sport Concussion Assessment Tool 3 (SCAT3) components in university athletes. *Brain Injury*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1484166>
 87. Ebert, T. R., Martin, D. T., Stephens, B., McDonald, W., & Withers, R. T. (2007). Fluid and Food Intake During Professional Men's and Women's Road-Cycling Tours. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(1), 58–71. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.1.58>
 88. Egan, B., & Zierath, J. R. (2013). Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell Metabolism*, 17(2), 162–184. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012>
 89. Eisenmann, J. (2017). Translational Gap between Laboratory and Playing Field: New Era to Solve Old Problems in Sports Science. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 2(8), 37. <https://doi.org/10.1249/TJX.0000000000000032>
 90. Elhayany, A., Lustman, A., Abel, R., Attal-Singer, J., & Vinker, S. (2010). A low carbohydrate Mediterranean diet improves cardiovascular risk factors and diabetes control among overweight patients with type 2 diabetes mellitus: a 1-year prospective randomized intervention study. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 12(3), 204–209. <https://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2009.01151.x>
 91. Esmarck, B., Andersen, J. L., Olsen, S., Richter, E. A., Mizuno, M., & Kjær, M. (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *The Journal of Physiology*, 535(1), 301–311. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.00301.x>
 92. Evans, M., Cogan, K. E., & Egan, B. (2017). Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2857–2871. <https://doi.org/10.1113/JP273185>
 93. Fagerberg, P. (2018). Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 385–402. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0332>
 94. Feinman, R. D., Pogozelski, W. K., Astrup, A., Bernstein, R. K., Fine, E. J., Westman, E. C., ... Worm, N. (2015). Dietary carbohydrate restriction as the first approach in diabetes management: Critical review and evidence base. *Nutrition*, 31(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.06.011>
 95. Fenton, C. J., & Fenton, T. R. (2016). Dietary carbohydrate restriction: Compelling theory for further research. *Nutrition*, 32(1), 153. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.03.001>
 96. Fernández, J. F., Solana, R. S., Moya, D., Marin, J. M. S., & Ramón, M. M. (2015). Acute physiological responses during crossfit® workouts. *European Journal of Human Movement*, 35(0), 114–124.
 97. Fordyce, T. (2018). Chris Froome: Team Sky's unprecedented release of data reveals how British rider won Giro d'Italia. [webpage]. BBC. [cit. 22. 9. 2018]
Retrieved from <https://www.bbc.com/sport/cycling/44694122>
 98. Fuchs, C. J., Gonzalez, J. T., Beelen, M., Cermak, N. M., Smith, F. E., Thelwall, P. E., ... van Loon, L. J. C. (2016). Sucrose ingestion after exhaustive exercise accelerates liver, but not muscle glycogen repletion compared with glucose ingestion in trained athletes. *Journal of Applied Physiology*, 120(11), 1328–1334. <https://doi.org/10.1152/jap.01023.2015>
 99. Ganio, M. S., Armstrong, L. E., & Kavouras, S. A. (2018). Hydration. In *Sport and Physical Activity in the Heat* (s. 83–100). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70217-9_5
 100. Garth, A. K., & Burke, L. M. (2013). What do athletes drink during competitive sporting activities? *Sports Medicine*, 43(7), 539–564. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0028-y>
 101. Gejl, Kasper D., Ørtenblad, N., Andersson, E., Plomgaard, P., Holmberg, H.-C., & Nielsen, J. (2017a). Local depletion of glycogen with supramaximal exercise in human skeletal muscle fibres. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2809–2821. <https://doi.org/10.1113/JP273109>
 102. Gejl, Kasper D., Thams, L. B., Hansen, M., Rokkedal-Lausch, T., Plomgaard, P., Nybo, L., ... Ørtenblad, N. (2017b). No Superior Adaptations to Carbohydrate Periodization in Elite Endurance Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(12), 2486–2497. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001377>

-
103. Gibson, P. R., & Shepherd, S. J. (2005). Personal view: food for thought – western lifestyle and susceptibility to Crohn’s disease. The FODMAP hypothesis. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 21(12), 1399–1409. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2005.02506.x>
 104. Goldstein, E. R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., ... Antonio, J. (2010). International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-5>
 105. Gomez-Cabrera, M.-C., Domenech, E., Romagnoli, M., Arduini, A., Borrás, C., Pallardo, F. V., ... Viña, J. (2008). Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(1), 142–149. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.1.142>
 106. Gonzalez, J. T., Fuchs, C. J., Betts, J. A., & van Loon, L. J. C. (2016). Liver glycogen metabolism during and after prolonged endurance-type exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 311(3), E543–E553. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00232.2016>
 107. Gonzalez, J. T., Fuchs, C. J., Betts, J. A., & van Loon, L. J. C. (2017). Glucose Plus Fructose Ingestion for Post-Exercise Recovery—Greater than the Sum of Its Parts? *Nutrients*, 9(4), 344. <https://doi.org/10.3390/nu9040344>
 108. Gorissen, S. H., Horstman, A. M., Franssen, R., Crombag, J. J., Langer, H., Bierau, J., ... van Loon, L. J. (2016). Ingestion of Wheat Protein Increases In Vivo Muscle Protein Synthesis Rates in Healthy Older Men in a Randomized Trial. *The Journal of Nutrition*, 146(9), 1651–1659. <https://doi.org/10.3945/jn.116.231340>
 109. Goulet, E. D. B. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 45(14), 1149–1156. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.077966>
 110. Goulet, E. D. B. (2013). Effect of exercise-induced dehydration on endurance performance: evaluating the impact of exercise protocols on outcomes using a meta-analytic procedure. *British Journal of Sports Medicine*, 47(11), 679–686. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-090958>
 111. Grandjean, A. C. (1997). Diets of Elite Athletes: Has the Discipline of Sports Nutrition Made an Impact? *The Journal of Nutrition*, 127(5), 874S–877S. <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.874S>
 112. Greene, J., Korostynska, O., Louis, J., & Mason, A. (2017). In-vitro quantification of glycogen using a novel non-invasive electromagnetic sensor. In *2017 Eleventh International Conference on Sensing Technology (ICST)* (s. 1–4). <https://doi.org/10.1109/ICSensT.2017.8304477>
 113. Groen, B. B. L., Horstman, A. M., Hamer, H. M., de Haan, M., van Kranenburg, J., Bierau, J., ... van Loon, L. J. C. (2015). Post-Prandial Protein Handling: You Are What You Just Ate. *PLoS One*, 10(11), e0141582. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141582>
 114. Gunzer, W., Konrad, M., & Pail, E. (2012). Exercise-Induced Immunodepression in Endurance Athletes and Nutritional Intervention with Carbohydrate, Protein and Fat—What Is Possible, What Is Not? *Nutrients*, 4(9), 1187–1212. <https://doi.org/10.3390/nu4091187>
 115. Hall, W. L., Millward, D. J., Long, S. J., & Morgan, L. M. (2003). Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *The British journal of nutrition*, 89(2), 239–248. <https://doi.org/10.1079/BJN2002760>
 116. Hansen, A. K., Fischer, C. P., Plomgaard, P., Andersen, J. L., Saltin, B., & Pedersen, B. K. (2005). Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily. *Journal of Applied Physiology*, 98(1), 93–99. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00163.2004>
 117. Harder-Lauridsen, N. M., Rosenberg, A., Benatti, F. B., Damm, J. A., Thomsen, C., Mortensen, E. L., ... Krogh-Madsen, R. (2017). Ramadan model of intermittent fasting for 28 d had no major effect on body composition, glucose metabolism, or cognitive functions in healthy lean men. *Nutrition*, 37, 92–103. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.12.015>
 118. Hargreaves, M., Costill, D. L., Fink, W. J., King, D. S., & Fielding, R. A. (1987). Effect of pre-exercise carbohydrate feedings on endurance cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(1), 33–36.
 119. Harris, J. A., & Benedict, F. G. (1918). A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 4(12), 370–373.

-
120. Hartman, J. W., Tang, J. E., Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Lawrence, R. L., Fullerton, A. V., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *The American journal of clinical nutrition*, *86*(2), 373–381.
 121. Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2010). Carbohydrate availability and training adaptation: effects on cell metabolism. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *38*(4), 152–160. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181f44dd9>
 122. Hawley, J. A., Schabert, E. J., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Carbohydrate-Loading and Exercise Performance. *Sports Medicine*, *24*(2), 73–81. <https://doi.org/10.2165/00007256-199724020-00001>
 123. Hawley, J. A., Tipton, K. D., & Millard-Stafford, M. L. (2006). Promoting training adaptations through nutritional interventions. *Journal of Sports Sciences*, *24*(7), 709–721. <https://doi.org/10.1080/02640410500482727>
 124. Heikkilä, M., Valve, R., Lehtovirta, M., & Fogelholm, M. (2018). Development of a nutrition knowledge questionnaire for young endurance athletes and their coaches. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *28*(3), 873–880. <https://doi.org/10.1111/sms.12987>
 125. Heikura, I. A., Uusitalo, A. L. T., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. A., & Burke, L. M. (2018). Low Energy Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *28*(4), 403–411. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0313>
 126. Helms, E. R., Aragon, A. A., & Fitschen, P. J. (2014a). Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *11*(1), 20. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-20>
 127. Helms, E. R., Zinn, C., Rowlands, D. S., & Brown, S. R. (2014b). A Systematic Review of Dietary Protein During Caloric Restriction in Resistance Trained Lean Athletes: A Case for Higher Intakes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, *24*(2), 127–138.
 128. Hew-Butler, T. D., Sharwood, K., Collins, M., Speedy, D., & Noakes, T. (2006). Sodium supplementation is not required to maintain serum sodium concentrations during an Ironman triathlon. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(3), 255–259. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.022418>
 129. Hew-Butler, T., Rosner, M. H., Fowkes-Godek, S., Dugas, J. P., Hoffman, M. D., Lewis, D. P., ... Verbalis, J. G. (2015). Statement of the 3rd International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, California, 2015. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(22), 1432–1446. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095004>
 130. Heydenreich, J., Kayser, B., Schutz, Y., & Melzer, K. (2017). Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Medicine – Open*, *3*. <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0076-1>
 131. Hoffman, M. D., Cotter, J. D., Goulet, É. D., & Laursen, P. B. (2016). VIEW: Is Drinking to Thirst Adequate to Appropriately Maintain Hydration Status During Prolonged Endurance Exercise? Yes. *Wilderness & Environmental Medicine*, *27*(2), 192–195. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.03.003>
 132. Hoffman, M. D., Hew-Butler, T., & Stuempfle, K. J. (2013). Exercise-associated hyponatremia and hydration status in 161-km ultramarathoners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(4), 784–791. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31827985a8>
 133. Holdsworth, D. A., Cox, P. J., Kirk, T., Stradling, H., Impey, S. G., & Clarke, K. (2017). A Ketone Ester Drink Increases Postexercise Muscle Glycogen Synthesis in Humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *49*(9), 1789. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001292>
 134. Holeček, M. (2016). *Regulace metabolismu základních živin u člověka*. Praha: Karolinum.
 135. Holland, J. J., Skinner, T. L., Irwin, C. G., Leveritt, M. D., & Goulet, E. D. B. (2017). The Influence of Drinking Fluid on Endurance Cycling Performance: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0739-6>
 136. Holway, F. E., & Spriet, L. L. (2011). Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *Journal of Sports Sciences*, *29*(sup1), S115–S125. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.605459>

-
137. Holwerda, A. M., Kouw, I. W., Trommelen, J., Halson, S. L., Wodzig, W. K., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. (2016). Physical Activity Performed in the Evening Increases the Overnight Muscle Protein Synthetic Response to Presleep Protein Ingestion in Older Men. *The Journal of Nutrition*, *146*(7), 1307–1314. <https://doi.org/10.3945/jn.116.230086>
 138. Hottenrott, K., Hass, E., Kraus, M., Neumann, G., Steiner, M., & Knechtle, B. (2012). A scientific nutrition strategy improves time trial performance by ≈6% when compared with a self-chosen nutrition strategy in trained cyclists: a randomized cross-over study. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, *37*(4), 637–645. <https://doi.org/10.1139/h2012-028>
 139. Howarth, K. R., Moreau, N. A., Phillips, S. M., & Gibala, M. J. (2009). Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *Journal of Applied Physiology*, *106*(4), 1394–1402. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90333.2008>
 140. Howarth, K. R., Phillips, S. M., MacDonald, M. J., Richards, D., Moreau, N. A., & Gibala, M. J. (2010). Effect of glycogen availability on human skeletal muscle protein turnover during exercise and recovery. *Journal of Applied Physiology*, *109*(2), 431–438. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00108.2009>
 141. Hue, O., Henri, S., Baillot, M., Sinnapah, S., & Uzel, A. P. (2014). Thermoregulation, hydration and performance over 6 days of trail running in the tropics. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(11), 906–911. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1361186>
 142. Hughes, F., Mythen, M., & Montgomery, H. (2018). The sensitivity of the human thirst response to changes in plasma osmolality: a systematic review. *Perioperative Medicine*, *7*. <https://doi.org/10.1186/s13741-017-0081-4>
 143. Hulmi, J. J., Lockwood, C. M., & Stout, J. R. (2010). Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutrition & Metabolism*, *7*, 51. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-7-51>
 144. Hulston, C. J., Venables, M. C., Mann, C. H., Martin, C., Philp, A., Baar, K., & Jeukendrup, A. E. (2010). Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(11), 2046–2055. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181dd5070>
 145. Hunt, J. N., & Stubbs, D. F. (1975). The volume and energy content of meals as determinants of gastric emptying. *The Journal of Physiology*, *245*(1), 209–225. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1975.sp010841>
 146. Hvorecká, E. (2017). *Biochemické markery u sportovců pohledem nutričního terapeuta*. (magisterská práce). Brno, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Dostupné z: <<https://theses.cz/id/1ld7kr>
 147. Chambers, E. S., Bridge, M. W., & Jones, D. A. (2009). Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *The Journal of Physiology*, *587*(Pt 8), 1779–1794. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.164285>
 148. Chan, M. H. S., Carey, A. L., Watt, M. J., & Febbraio, M. A. (2004). Cytokine gene expression in human skeletal muscle during concentric contraction: evidence that IL-8, like IL-6, is influenced by glycogen availability. *American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *287*(2), R322–R327. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00030.2004>
 149. Chang, C.-K., Borer, K., & Lin, P.-J. (2017). Low-Carbohydrate-High-Fat Diet: Can it Help Exercise Performance? *Journal of Human Kinetics*, *56*, 81–92. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0025>
 150. Changstrom, B., Brill, J., & Hecht, S. (2017). Severe Exercise-Associated Hyponatremia in a Collegiate American Football Player. *Current Sports Medicine Reports*, *16*(5), 343. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000399>
 151. Chaouachi, A., Leiper, J. B., Chtourou, H., Aziz, A. R., & Chamari, K. (2012). The effects of Ramadan intermittent fasting on athletic performance: recommendations for the maintenance of physical fitness. *Journal of Sports Sciences*, *30 Suppl 1*, S53-73. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.698297>
 152. Chaouachi, A., Leiper, J. B., Souissi, N., Coutts, A. J., & Chamari, K. (2009). Effects of Ramadan intermittent fasting on sports performance and training: a review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *4*(4), 419–434.
 153. Chevront, S. N., Kenefick, R. W., & Zambraski, E. J. (2015). Spot Urine Concentrations Should Not be Used for Hydration Assessment: A Methodology Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *25*(3), 293–297. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0138>

-
154. Chiampas, G. T., & Goyal, A. V. (2015). Innovative Operations Measures and Nutritional Support for Mass Endurance Events. *Sports Medicine*, *45 Suppl 1*, S61-69. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0396-6>
 155. Cholewa, J. M., Dardevet, D., Lima-Soares, F., de Araújo Pessôa, K., Oliveira, P. H., Dos Santos Pinho, J. R., ... Zanchi, N. E. (2017). Dietary proteins and amino acids in the control of the muscle mass during immobilization and aging: role of the MPS response. *Amino Acids*, *49*(5), 811–820. <https://doi.org/10.1007/s00726-017-2390-9>
 156. Impey, S. G., Hammond, K. M., Shepherd, S. O., Sharples, A. P., Stewart, C., Limb, M., ... Morton, J. P. (2016). Fuel for the work required: a practical approach to amalgamating train-low paradigms for endurance athletes. *Physiological Reports*, *4*(10), e12803. <https://doi.org/10.14814/phy2.12803>
 157. Impey, S. G., Hearnis, M. A., Hammond, K. M., Bartlett, J. D., Louis, J., Close, G. L., & Morton, J. P. (2018). Fuel for the Work Required: A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sports Medicine*, *48*(5), 1031–1048. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0867-7>
 158. IOC consensus statement on sports nutrition 2010. (2011). *Journal of Sports Sciences*, *29*(sup1), S3–S4. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.619349>
 159. International Olympic Committee (IOC). (2003). *Nutrition for Athletes*. [webpage]. Medical Commission's Nutrition Working Group. Revised and Updated in June 2016. [cit. 12. 7. 2018] Retrieved from https://cdn2.sportngin.com/attachments/document/0130/9582/1378_IOC_NutritionAthleteHandbook_1e.pdf
 160. International Olympic Committee. (2007). *Dental*. [webpage]. IOC Medical Commission. [cit. 18. 7. 2018] Retrieved from <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/IOC/Who-We-Are/Commissions/Medical-and-Scientific-Commission/final-olympic-dental-brochure.pdf>
 161. Iscoe, K. E., Campbell, J. E., Jamnik, V., Perkins, B. A., & Riddell, M. C. (2006). Efficacy of continuous real-time blood glucose monitoring during and after prolonged high-intensity cycling exercise: spinning with a continuous glucose monitoring system. *Diabetes Technology & Therapeutics*, *8*(6), 627–635. <https://doi.org/10.1089/dia.2006.8.627>
 162. Ismaeel, A. (2017). *Comparison of selected micronutrient intakes between flexible dieting and strict dieting bodybuilders*. (Thesis). Získáno z <https://baylor-ir.tdl.org/baylor-ir/handle/2104/10048>
 163. Jacob, R., Lamarche, B., Provencher, V., Laramée, C., Valois, P., Goulet, C., & Drapeau, V. (2016). Evaluation of a Theory-Based Intervention Aimed at Improving Coaches' Recommendations on Sports Nutrition to Their Athletes. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *116*(8), 1308–1315. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.04.005>
 164. Jäger, R., Dudeck, J. E., Joy, J. M., Lowery, R. P., McCleary, S. A., Wilson, S. M., ... Purpura, M. (2013). Comparison of rice and whey protein isolate digestion rate and amino acid absorption. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *10*(1), P12. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-S1-P12>
 165. Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*, 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
 166. Jeacocke, N. A., & Burke, L. M. (2010). Methods to Standardize Dietary Intake before Performance Testing. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *20*(2), 87–103. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.20.2.87>
 167. Jensen, L., Gejl, K. D., Ørtenblad, N., Nielsen, J. L., Bech, R. D., Nygaard, T., ... Frandsen, U. (2015). Carbohydrate restricted recovery from long term endurance exercise does not affect gene responses involved in mitochondrial biogenesis in highly trained athletes. *Physiological Reports*, *3*(2), e12184. <https://doi.org/10.14814/phy2.12184>
 168. Jentjens, R. L. P. G., Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2004). High oxidation rates from combined carbohydrates ingested during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(9), 1551–1558.
 169. Jeukendrup, A. (2014). A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. *Sports Medicine*, *44*, 25–33. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z>
 170. Jeukendrup, A. E., & Jentjens, R. (2000). Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Medicine*, *29*(6), 407–424.
 171. Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*, *29*, S91–S99. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348>

-
172. Jeukendrup, A. E. (2017a). Periodized Nutrition for Athletes. *Sports Medicine*, 47(Suppl 1), 51–63. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0694-2>
173. Jeukendrup, A. E. (2017b). Training the Gut for Athletes. *Sports Medicine*, 47(1), 101–110. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0690-6>
174. Jeukendrup, A. E., & Chambers, E. S. (2010a). Oral carbohydrate sensing and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 13(4), 447–451. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328339de83>
175. Jeukendrup, A. E., & Killer, S. C. (2010b). The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 57 Suppl 2, 18–25. <https://doi.org/10.1159/000322698>
176. Jirkovská, A., Pelikánová, T., Anděl, M. (2012). Doporučený postup dietní léčby pacientů s diabetem. [webpage]. *Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa*. 15(4). 235–243. [cit. 7. 3. 2018] Retrieved from http://www.tigis.cz/images/stories/DMEV/2012/04/03_doporuceni_dmev_4-12.pdf
177. Johnstone, A. M., Murison, S. D., Duncan, J. S., Rance, K. A., & Speakman, J. R. (2005). Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(5), 941–948. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.5.941>
178. Jones, A. M. (2014). Dietary Nitrate Supplementation and Exercise Performance. *Sports Medicine*, 44, 35–45. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0149-y>
179. Joy, E., De Souza, M. J., Nattiv, A., Misra, M., Williams, N. I., Mallinson, R. J., ... Borgen, J. S. (2014). 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad. *Current Sports Medicine Reports*, 13(4), 219. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000077>
180. Joy, J. M., Lowery, R. P., Wilson, J. M., Purpura, M., De Souza, E. O., Wilson, S. M., ... Jäger, R. (2013). The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutrition Journal*, 12, 86. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-12-86>
181. Joyner, M. J., Ruiz, J. R., & Lucia, A. (2011). The two-hour marathon: who and when? *Journal of Applied Physiology*, 110(1), 275–277. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00563.2010>
182. Juraschek, S. P., Appel, L. J., Anderson, C. A. M., & Miller, E. R. (2013). Effect of a High-Protein Diet on Kidney Function in Healthy Adults: Results From the OmniHeart Trial. *American journal of kidney diseases: the official journal of the National Kidney Foundation*, 61(4), 547–554. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2012.10.017>
183. Juzwiak, C. R., Joaquim, D. P., & Winckler, C. (2018). Energy availability in female athletes with disabilities: a narrative review. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society*, 11(1), 195–203. <https://doi.org/10.14571/brajets.v11.n1.195-203>
184. Kasper, A. M., Cocking, S., Cockayne, M., Barnard, M., Tench, J., Parker, L., ... Morton, J. P. (2015). Carbohydrate mouth rinse and caffeine improves high-intensity interval running capacity when carbohydrate restricted. *European Journal of Sport Science*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1041063>
185. Kavouras, S. A., Troup, J. P., & Berning, J. R. (2004). The influence of low versus high carbohydrate diet on a 45-min strenuous cycling exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(1), 62–72.
186. Keller, C., Steensberg, A., Pilegaard, H., Osada, T., Saltin, B., Pedersen, B. K., & Neufer, P. D. (2001). Transcriptional activation of the IL-6 gene in human contracting skeletal muscle: influence of muscle glycogen content. *The FASEB Journal*, 15(14), 2748–2750. <https://doi.org/10.1096/fj.01-0507fje>
187. Kenefick, R. W. (2018). Drinking Strategies: Planned Drinking Versus Drinking to Thirst. *Sports Medicine*, 48(1), 31–37. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0844-6>
188. Kenney, W. L., & Chiu, P. (2001). Influence of age on thirst and fluid intake. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9), 1524–1532.
189. Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., ... Antonio, J. (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 5, 17. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-5-17>

-
190. Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., Stout, J. R., Campbell, B., Wilborn, C. D., ... Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 33. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0189-4>
191. Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., ... Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>
192. Keys, A. (1943). Physical performance in relation to diet. *Federation Proceedings. Federation of American Societies for Experimental Biology*, 2, 164–187.
193. Keys, A., & Henschel, A. F. (1942). Vitamin supplementation of U.S. Army rations in relation to fatigue and the ability to do muscular work. *Journal of Nutrition*, 23, 259–269.
194. Kiens, B., & Helge, J. W. (1998). Effect of high-fat diets on exercise performance. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 57(1), 73–75.
195. Kim, J., Campbell, A. S., & Wang, J. (2018). Wearable non-invasive epidermal glucose sensors: A review. *Talanta*, 177, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.08.077>
196. Kim, J. E., O'Connor, L. E., Sands, L. P., Slebodnik, M. B., & Campbell, W. W. (2016). Effects of dietary protein intake on body composition changes after weight loss in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*, 74(3), 210–224. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv065>
197. King, D. S., Dalsky, G. P., Staten, M. A., Clutter, W. E., Van Houten, D. R., & Holloszy, J. O. (1987). Insulin action and secretion in endurance-trained and untrained humans. *Journal of Applied Physiology*, 63(6), 2247–2252. <https://doi.org/10.1152/jappl.1987.63.6.2247>
198. Knuiman, P., Hopman, M. T. E., & Mensink, M. (2015). Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutrition & Metabolism*, 12, 59. <https://doi.org/10.1186/s12986-015-0055-9>
199. Koehler, K., Hoerner, N. R., Gibbs, J. C., Zinner, C., Braun, H., De Souza, M. J., & Schaezner, W. (2016). Low energy availability in exercising men is associated with reduced leptin and insulin but not with changes in other metabolic hormones. *Journal of Sports Sciences*, 34(20), 1921–1929. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1142109>
200. Kočař, L. (2017). *Využití elektronického pracovního listu sportovce ke sledování bilance tekutin, množství a koncentrace přijímaných sacharidů v průběhu vytrvalostního zatížení*. (bakalářská práce). Brno, Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Dostupné z: <<https://is.muni.cz/th/swd9v/>>.
201. Koopman, R., Wagenmakers, A. J. M., Manders, R. J. F., Zorenc, A. H. G., Senden, J. M. G., Gorselink, M., ... van Loon, L. J. C. (2005). Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 288(4), E645–E653. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00413.2004>
202. Kratochvíl, J., Sejk, P., Eliášová, V., Stehlík, M. (2011). *Metodika tvorby bibliografických citací* [webpage]. 2. revidované vydání. [Brno]: Knihovna univerzitního kampusu MU – Ústřední knihovna PŘF MU – Servisní středisko MU. [cit. 27. 5. 2016.]. Retrieved from https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps11/metodika/web/ebook_citace_2011.html#
203. Kreider, R. B., Almada, A. L., Antonio, J., Broeder, C., Earnest, C., Greenwood, M., ... Ziegenfuss, T. N. (2004). ISSN Exercise & Sport Nutrition Review: Research & Recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-1-1-1>
204. Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., ... Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 18. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z>
205. Kreider, R. B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Campbell, B., Almada, A. L., Collins, R., ... Antonio, J. (2010). ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-7>
206. Kumstát, M. (2014). Nutriční podpora během plaveckého maratónu na 57 km. In *Konference České společnosti tělovýchovného lékařství*. ISSN 1210-5481.
207. Kumstát, M., Šimko, O. & Hlinský, T. (2015). Sodium Bicarbonate, Caffeine, and Their Combination Does Not Enhance Repeated 200-m Freestyle Performance. In *10th International Conference on Kinanthropology*. ISBN 978-80-210-8029-4.

-
208. Kumstát, M. (2016a). Co je nového ve světě sportovní výživy. *Studia Sportiva*, 10(2), 67–75. ISSN 1802-7679.
209. Kumstát, M., Rybářová, S., Thomas, A., & Novotný, J. (2016b). Case Study: Competition Nutrition Intakes During the Open Water Swimming Grand Prix Races in Elite Female Swimmer. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 26(4), 370–376.
210. Kumstát, M. (2017a). Dostupnost sacharidů ve sportu, nové paradigma? *Reduced carbohydrate availability for endurance training: a new paradigm?*, 26(1), 11–21.
211. Kumstát, M., Hlinský, T. & Struhár, I. (2017b). Effect of Sodium Bicarbonate and Sodium Citrate Supplementation on Swimming Performance. In Dragan Milanović, Goran Sporiš, Sanja Šalaj and Dario Škegro. *8th International Scientific Conference on Kinesiology*. 1st ed. Zagreb: Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, p. 104-107, ISBN 978-953-317-049-7.
212. Kumstát, M. (2017c). Nízko-sacharidová vysokotuková výživa (nejen) ve sportu. In Marie Blahutková. *Konference Pohybový aparát a zdraví II*. Brno: Paido, p.67-74, ISBN 978-80-7315-265-9.
213. Kumstát, M. Kapounková, K & Dvořtřelová, L. (2018). Hydration for Better Performance – Autonomous or Prescribed Drinking Regime? In Martin Zvonář, Zuzana Sajdlová. *Proceedings of the 11th International Conference on Kinanthropology*. Brno: Masarykova univerzita. p. 674-684, ISBN 978-80-210-8917-4.
214. Laatikainen, R., Koskenpato, J., Hongisto, S.-M., Loponen, J., Poussa, T., Hillilä, M., & Korpela, R. (2016). Randomised clinical trial: low-FODMAP rye bread vs. regular rye bread to relieve the symptoms of irritable bowel syndrome. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 44(5), 460–470. <https://doi.org/10.1111/apt.13726>
215. Lane, S. C., Areta, J. L., Bird, S. R., Coffey, V. G., Burke, L. M., Desbrow, B., ... Hawley, J. A. (2013). Caffeine Ingestion and Cycling Power Output in a Low or Normal Muscle Glycogen State: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(8), 1577–1584. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31828af183>
216. Lane, S. C., Camera, D. M., Lassiter, D. G., Areta, J. L., Bird, S. R., Yeo, W. K., ... Hawley, J. A. (2015). Effects of sleeping with reduced carbohydrate availability on acute training responses. *Journal of Applied Physiology*, 119(6), 643–655. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00857.2014>
217. Langfort, J., Zarzeczny, R., Pilis, W., Nazar, K., & Kaciuba-Uścitko, H. (1997). The effect of a low-carbohydrate diet on performance, hormonal and metabolic responses to a 30-s bout of supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76(2), 128–133. <https://doi.org/10.1007/s004210050224>
218. Leckey, J. J., Burke, L. M., Morton, J. P., & Hawley, J. A. (2016). Altering fatty acid availability does not impair prolonged, continuous running to fatigue: evidence for carbohydrate dependence. *Journal of Applied Physiology*, 120(2), 107–113. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00855.2015>
219. Leckey, J. J., Ross, M. L., Quod, M., Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2017). Ketone Diester Ingestion Impairs Time-Trial Performance in Professional Cyclists. *Frontiers in Physiology*, 8, 806. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00806>
220. Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L., & Casa, D. J. (2017). Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(10), 2920–2937. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122>
221. Lee, R. D., & Nieman, D. C. (2012). *Nutritional Assessment*. McGraw-Hill Education.
222. Lemon, P. W. (1998). Effects of exercise on dietary protein requirements. *International Journal of Sport Nutrition*, 8(4), 426–447.
223. Lis, D., Ahuja, K. D. K., Stellingwerff, T., Kitic, C. M., & Fell, J. (2016a). Case Study: Utilizing a Low FODMAP Diet to Combat Exercise-Induced Gastrointestinal Symptoms. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(5), 481–487. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2015-0293>
224. Lis, D. M., Fell, J. W., Ahuja, K. D. K., Kitic, C. M., & Stellingwerff, T. (2016b). Commercial Hype Versus Reality: Our Current Scientific Understanding of Gluten and Athletic Performance. *Current Sports Medicine Reports*, 15(4), 262–268. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000282>
225. Lis, D. (2017). What are FODMAPs? [webpage]. Mysportscience. [cit. 15. 6. 2018] Retrieved from <http://www.mysportscience.com/single-post/2017/09/22/What-are-FODMAPs>

-
226. Lis, D. M., Stellingwerff, T., Kitic, C. M., Fell, J. W., & Ahuja, K. D. K. (2018). Low FODMAP: A Preliminary Strategy to Reduce Gastrointestinal Distress in Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(1), 116–123. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001419>
227. Lis, D. M., Stellingwerff, T., Shing, C. M., Ahuja, K. D. K., & Fell, J. W. (2015). Exploring the Popularity, Experiences, and Beliefs Surrounding Gluten-Free Diets in Nonceliac Athletes. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 25(1), 37–45.
228. Logan-Sprenger, H. M., Heigenhauser, G. J. F., Jones, G. L., & Spriet, L. L. (2015). The effect of dehydration on muscle metabolism and time trial performance during prolonged cycling in males. *Physiological Reports*, 3(8). <https://doi.org/10.14814/phy2.12483>
229. Longland, T. M., Oikawa, S. Y., Mitchell, C. J., Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2016). Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(3), 738–746. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.119339>
230. Lopez, R. M., Casa, D. J., Jensen, K. A., Stearns, R. L., DeMartini, J. K., Pagnotta, K. D., ... Maresh, C. M. (2016). Comparison of Two Fluid Replacement Protocols During a 20-km Trail Running Race in the Heat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2609–2616. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001359>
231. Loucks, A. B. (2004). Energy balance and body composition in sports and exercise. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140518>
232. Loucks, A. B., Kiens, B., & Wright, H. H. (2011). Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S7–S15. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.588958>
233. Louis, J., Marquet, L.-A., Tiollier, E., Bermon, S., Hausswirth, C., & Brisswalter, J. (2016). The impact of sleeping with reduced glycogen stores on immunity and sleep in triathletes. *European Journal of Applied Physiology*, 116(10), 1941–1954. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3446-3>
234. Macnaughton, L. S., Wardle, S. L., Witard, O. C., McGlory, C., Hamilton, D. L., Jeromson, S., ... Tipton, K. D. (2016). The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports*, 4(15). <https://doi.org/10.14814/phy2.12893>
235. Maffetone, P. B., & Laursen, P. B. (2016). Athletes: Fit but Unhealthy? *Sports Medicine – Open*, 2. <https://doi.org/10.1186/s40798-016-0048-x>
236. Magkos, F., & Yannakoulia, M. (2003). Methodology of dietary assessment in athletes: concepts and pitfalls. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 6(5), 539–549. <https://doi.org/10.1097/01.mco.0000087969.83880.97>
237. Makanae, Y., & Fujita, S. (2015). Role of Exercise and Nutrition in the Prevention of Sarcopenia. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 61 Suppl, S125-127. <https://doi.org/10.3177/jnsv.61.S125>
238. Mankowski, R. T., Anton, S. D., Buford, T. W., & Leeuwenburgh, C. (2015). Dietary Antioxidants as Modifiers of Physiologic Adaptations to Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(9), 1857–1868. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000620>
239. Marcason, W. (2016). Female Athlete Triad or Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S): Is There a Difference? *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(4), 744. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.01.021>
240. Marquet, L.-A., Brisswalter, J., Louis, J., Tiollier, E., Burke, L. M., Hawley, J. A., & Hausswirth, C. (2016a). Enhanced Endurance Performance by Periodization of Carbohydrate Intake: „Sleep Low“ Strategy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(4), 663–672. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000823>
241. Marquet, L.-A., Hausswirth, C., & Brisswalter, J. (2015). Effects of carbohydrate periodization intake on training adaptations. *Science & Sports*, 30, 245–261.
242. Marquet, L.-A., Hausswirth, C., Molle, O., Hawley, J. A., Burke, L. M., Tiollier, E., & Brisswalter, J. (2016b). Periodization of Carbohydrate Intake: Short-Term Effect on Performance. *Nutrients*, 8(12), 755. <https://doi.org/10.3390/nu8120755>
243. Marsh, A., Eslick, E. M., & Eslick, G. D. (2016). Does a diet low in FODMAPs reduce symptoms associated with functional gastrointestinal disorders? A comprehensive systematic review and meta-analysis. *European Journal of Nutrition*, 55(3), 897–906. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0922-1>

-
244. Martinsen, M., Holme, I., Pensgaard, A. M., Torstveit, M. K., & Sundgot-Borgen, J. (2014). The Development of the Brief Eating Disorder in Athletes Questionnaire: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *46*(8), 1666–1675. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000276>
245. Masson, G., & Lamarche, B. (2016). Many non-elite multisport endurance athletes do not meet sports nutrition recommendations for carbohydrates. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *41*(7), 728–734. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0599>
246. Maughan, R. J. (2014). *The Encyclopaedia of Sports Medicine: An IOC Medical Commission Publication*, Sports Nutrition. John Wiley & Sons.
247. Maughan, R., Burke, L. M., Kirkendall, D. T. (2005). Nutrition for football. [webpage]. Fédération Internationale de Football Association. Updated January 2010. [cit. 7. 3. 2018] Retrieved from https://www.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/medical/51/55/15/nutritionbook-let_neue2010.pdf
248. Maughan, R. J., Leiper, J. B., & Shirreffs, S. M. (1997). Factors influencing the restoration of fluid and electrolyte balance after exercise in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, *31*(3), 175–182.
249. Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2010). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *20 Suppl 2*, 59–69. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01191.x>
250. Maughan, R. J., & Shirreffs, Susan M. (2011). IOC Consensus Conference on Nutrition in Sport, 25–27 October 2010, International Olympic Committee, Lausanne, Switzerland. *Journal of Sports Sciences*, *29*(sup1), S1–S1. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.619339>
251. Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., ... Engebretsen, L. (2018a). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, *52*(7), 439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
252. Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2008). Development of individual hydration strategies for athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *18*(5), 457–472.
253. Maughan, R. J., Watson, P., Cordery, P. A., Walsh, N. P., Oliver, S. J., Dolci, A., ... Galloway, S. D. (2016). A randomized trial to assess the potential of different beverages to affect hydration status: development of a beverage hydration index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *103*(3), 717–723. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.114769>
254. Maughan, R. J., Watson, P., Cordery, P. A., Walsh, N. P., Oliver, S. J., Dolci, A., ... Galloway, S. D. (2018b). Sucrose and Sodium But Not Caffeine Content Influence the Retention of Beverages in Humans Under Euhydrated Conditions. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 1–26. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0047>
255. Maunder, E., Kilding, A. E., & Plews, D. J. (2018). Substrate Metabolism During Ironman Triathlon: Different Horses on the Same Courses. *Sports Medicine*, *48*(10), 2219–2226. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0938-9>
256. Mayer, J., & Bullen, B. (1960). Nutrition and Athletic Performance. *Physiological Reviews*, *40*(3), 369–397. <https://doi.org/10.1152/physrev.1960.40.3.369>
257. McCartney, D., Desbrow, B., & Irwin, C. (2018). Post-exercise Ingestion of Carbohydrate, Protein and Water: A Systematic Review and Meta-analysis for Effects on Subsequent Athletic Performance. *Sports Medicine*, *48*(2), 379–408. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0800-5>
258. McDonald, C. K., Ankarfeldt, M. Z., Capra, S., Bauer, J., Raymond, K., & Heitmann, B. L. (2016). Lean body mass change over 6 years is associated with dietary leucine intake in an older Danish population. *The British Journal of Nutrition*, *115*(9), 1556–1562. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000611>
259. McSwiney, F. T., Wardrop, B., Hyde, P. N., Lafountain, R. A., Volek, J. S., & Doyle, L. (2018). Keto-adaptation enhances exercise performance and body composition responses to training in endurance athletes. *Metabolism*, *81*, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.10.010>
260. Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Møller, S. S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., ... Sjödin, A. (2015). Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *25*(5), 610–622. <https://doi.org/10.1111/sms.12261>

-
261. Melin, Anna, Tornberg, A. B., Skouby, S., Faber, J., Ritz, C., Sjödin, A., & Sundgot-Borgen, J. (2014). The LEAF questionnaire: a screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(7), 540–545. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093240>
262. Merry, T. L., & Ristow, M. (2016). Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training? *The Journal of Physiology*, *594*(18), 5135–5147. <https://doi.org/10.1113/JP270654>
263. Metges, C. C., & Barth, C. A. (2000). Metabolic Consequences of a High Dietary-Protein Intake in Adulthood: Assessment of the Available Evidence. *The Journal of Nutrition*, *130*(4), 886–889. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.886>
264. Meyer, F., O'Connor, H., & Shirreffs, S. M. (2007). Nutrition for the young athlete. *Journal of Sports Sciences*, *25*(sup1), S73–S82. <https://doi.org/10.1080/02640410701607338>
265. Milsom, J., Barreira, P., Burgess, D. J., Iqbal, Z., & Morton, J. P. (2014). Case study: Muscle atrophy and hypertrophy in a premier league soccer player during rehabilitation from ACL injury. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *24*(5), 543–552. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0209>
266. Mirtschin, J. G., Forbes, S. F., Cato, L. E., Heikura, I. A., Strobel, N., Hall, R., & Burke, L. M. (2018). Organization of Dietary Control for Nutrition-Training Intervention Involving Periodized Carbohydrate Availability and Ketogenic Low-Carbohydrate High-Fat Diet. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *28*(5), 480–489. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0249>
267. Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., Parise, G., Bellamy, L., Baker, S. K., Smith, K., ... Phillips, S. M. (2014). Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. *PLoS One*, *9*(2), e89431. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089431>
268. Mobley, C. B., Haun, C. T., Roberson, P. A., Mumford, P. W., Romero, M. A., Kephart, W. C., ... Roberts, M. D. (2017). Effects of Whey, Soy or Leucine Supplementation with 12 Weeks of Resistance Training on Strength, Body Composition, and Skeletal Muscle and Adipose Tissue Histological Attributes in College-Aged Males. *Nutrients*, *9*(9). <https://doi.org/10.3390/nu9090972>
269. Montain, S. J. (2008). Hydration recommendations for sport 2008. *Current Sports Medicine Reports*, *7*(4), 187–192. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31817f005f>
270. Moore, D. R., Churchward-Venne, T. A., Witard, O., Breen, L., Burd, N. A., Tipton, K. D., & Phillips, S. M. (2015). Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, *70*(1), 57–62. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu103>
271. Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., ... Phillips, S. M. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *89*(1), 161–168. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26401>
272. Mori, H. (2014). Effect of timing of protein and carbohydrate intake after resistance exercise on nitrogen balance in trained and untrained young men. *Journal of Physiological Anthropology*, *33*(1), 24. <https://doi.org/10.1186/1880-6805-33-24>
273. Moro, T., Tinsley, G., Bianco, A., Marcolin, G., Pacelli, Q. F., Battaglia, G., ... Paoli, A. (2016). Effects of eight weeks of time-restricted feeding (16/8) on basal metabolism, maximal strength, body composition, inflammation, and cardiovascular risk factors in resistance-trained males. *Journal of Translational Medicine*, *14*(1), 290. <https://doi.org/10.1186/s12967-016-1044-0>
274. Morris, D. M., Huot, J. R., Jetton, A. M., Collier, S. R., & Utter, A. C. (2015). Acute Sodium Ingestion Before Exercise Increases Voluntary Water Consumption Resulting In Preexercise Hyperhydration and Improvement in Exercise Performance in the Heat. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *25*(5), 456–462. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0212>
275. Morrison, D., Hughes, J., Della Gatta, P. A., Mason, S., Lamon, S., Russell, A. P., & Wadley, G. D. (2015). Vitamin C and E supplementation prevents some of the cellular adaptations to endurance-training in humans. *Free Radical Biology & Medicine*, *89*, 852–862. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.10.412>

-
276. Morton, J. P., Croft, L., Bartlett, J. D., Maclaren, D. P. M., Reilly, T., Evans, L., ... Drust, B. (2009). Reduced carbohydrate availability does not modulate training-induced heat shock protein adaptations but does upregulate oxidative enzyme activity in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 106(5), 1513–1521. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00003.2009>
277. Morton, R. W., Murphy, K. T., McKellar, S. R., Schoenfeld, B. J., Henselmans, M., Helms, E., ... Phillips, S. M. (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2017-097608. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
278. Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., ... Budgett, R. (2018). International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 316–331. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0136>
279. Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., ... Ackerman, K. (2015a). The IOC relative energy deficiency in sport clinical assessment tool (RED-S CAT). *British Journal of Sports Medicine*, 49(21), 1354–1354. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094873>
280. Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., ... Ljungqvist, A. (2014). The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 491–497. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
281. Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., ... Ljungqvist, A. (2015b). Authors' 2015 additions to the IOC consensus statement: Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 49(7), 417–420. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094371>
282. Muros, J. J., Sánchez-Muñoz, C., Hoyos, J., & Zabala, M. (2018). Nutritional intake and body composition changes in a UCI World Tour cycling team during the Tour of Spain. *European Journal of Sport Science*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1497088>
283. Murray, B., & Rosenbloom, C. (2018). Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *Nutrition Reviews*, 76(4), 243–259. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy001>
284. Murray, R. (2006). Training the gut for competition. *Current Sports Medicine Reports*, 5(3), 161–164.
285. Naseeb, M. A., & Volpe, S. L. (2017). Protein and exercise in the prevention of sarcopenia and aging. *Nutrition Research*, 40, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2017.01.001>
286. Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., Warren, M. P., & American College of Sports Medicine. (2007). American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1867–1882. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f111>
287. Naude, C. E., Schoonees, A., Senekal, M., Young, T., Garner, P., & Volmink, J. (2014). Low Carbohydrate versus Isoenergetic Balanced Diets for Reducing Weight and Cardiovascular Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 9(7), e100652. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100652>
288. Neuffer, P. D., Shinebarger, M. H., & Dohm, G. L. (1992). Effect of training and detraining on skeletal muscle glucose transporter (GLUT4) content in rats. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 70(9), 1286–1290.
289. Nieman, D. C., Davis, J. M., Henson, D. A., Walberg-Rankin, J., Shute, M., Dumke, C. L., ... McAnulty, L. S. (2003). Carbohydrate ingestion influences skeletal muscle cytokine mRNA and plasma cytokine levels after a 3-h run. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 94(5), 1917–1925. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01130.2002>
290. Nieman, D. C., Zwetsloot, K. A., Lomiwes, D. D., Meaney, M. P., & Hurst, R. D. (2016). Muscle Glycogen Depletion Following 75-km of Cycling Is Not Linked to Increased Muscle IL-6, IL-8, and MCP-1 mRNA Expression and Protein Content. *Frontiers in Physiology*, 7, 431. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00431>
291. Noakes, T. D. (2007a). Drinking guidelines for exercise: What evidence is there that athletes should drink „as much as tolerable“, „to replace the weight lost during exercise“ or „ad libitum“? *Journal of Sports Sciences*, 25(7), 781–796. <https://doi.org/10.1080/02640410600875036>
292. Noakes, T. D., Goodwin, N., Rayner, B. L., Branken, T., & Taylor, R. K. (1985). Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(3), 370–375.
293. Noakes, T. D. (2007b). Hydration in the marathon : using thirst to gauge safe fluid replacement. *Sports Medicine*, 37(4–5), 463–466.

-
294. Noakes, Timothy David, & Windt, J. (2017). Evidence that supports the prescription of low-carbohydrate high-fat diets: a narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, *51*(2), 133–139. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096491>
295. Norton, L. E., & Layman, D. K. (2006). Leucine regulates translation initiation of protein synthesis in skeletal muscle after exercise. *The Journal of Nutrition*, *136*(2), 533S–537S. <https://doi.org/10.1093/jn/136.2.533S>
296. Norton, L. E., Layman, D. K., Bunpo, P., Anthony, T. G., Brana, D. V., & Garlick, P. J. (2009). The leucine content of a complete meal directs peak activation but not duration of skeletal muscle protein synthesis and mammalian target of rapamycin signaling in rats. *The Journal of Nutrition*, *139*(6), 1103–1109. <https://doi.org/10.3945/jn.108.103853>
297. Norton, L. E., Wilson, G. J., Layman, D. K., Moulton, C. J., & Garlick, P. J. (2012). Leucine content of dietary proteins is a determinant of postprandial skeletal muscle protein synthesis in adult rats. *Nutrition & Metabolism*, *9*, 67. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-67>
298. Nuccio, R. P., Barnes, K. A., Carter, J. M., & Baker, L. B. (2017). Fluid Balance in Team Sport Athletes and the Effect of Hypohydration on Cognitive, Technical, and Physical Performance. *Sports Medicine*, 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0738-7>
299. Oishi, A., Makita, N., Kishi, S., Isogawa, A., & Iiri, T. (2018). Continuous glucose monitoring of a runner during five marathons. *Science & Sports*. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.05.001>
300. O'Malley, T., Myette-Côté, É., Durrer, C., & Little, J. (2017). Nutritional ketone salts increase fat oxidation but impair high-intensity exercise performance in healthy adult males. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 1–5. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0641>
301. Oosthuysen, T., Carstens, M., & Millen, A. M. E. (2015). Ingesting isomaltulose versus fructose-maltodextrin during prolonged moderate-heavy exercise increases fat oxidation but impairs gastrointestinal comfort and cycling performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *25*(5), 427–438. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0178>
302. Oppliger, R. A., & Bartok, C. (2002). Hydration Testing of Athletes. *Sports Medicine*, *32*(15), 959–971. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232150-00001>
303. Otis, C. L., Drinkwater, B., & Johnson, M. (1997). ACSM position stand: The Female Athlete Triad. *Occupational Health and Industrial Medicine*, *2*(37), 90–91.
304. Palfreeman, R. (2016). Chris Froome. [webpage] *Aspetar Sports Medicine Journal*, *5*, 496–502. [cit. 19. 9. 2018] Retrieved from <http://www.aspetar.com/journal/upload/PDF/20161211151324.pdf>
305. Parak, J., Uuskoski, M., Machek, J., & Korhonen, I. (2017). Estimating Heart Rate, Energy Expenditure, and Physical Performance With a Wrist Photoplethysmographic Device During Running. *JMIR mHealth and uHealth*, *5*(7). <https://doi.org/10.2196/mhealth.7437>
306. Pasiakos, S. M., Vislocky, L. M., Carbone, J. W., Altieri, N., Konopelski, K., Freake, H. C., ... Rodriguez, N. R. (2010). Acute energy deprivation affects skeletal muscle protein synthesis and associated intracellular signaling proteins in physically active adults. *The Journal of Nutrition*, *140*(4), 745–751. <https://doi.org/10.3945/jn.109.118372>
307. Pedersen, B. K., Steensberg, A., Fischer, C., Keller, C., Keller, P., Plomgaard, P., ... Febbraio, M. (2004). The metabolic role of IL-6 produced during exercise: is IL-6 an exercise factor? *The Proceedings of the Nutrition Society*, *63*(2), 263–267. <https://doi.org/10.1079/PNS2004338>
308. Pedersen, B. K., & Fischer, C. P. (2007). Beneficial health effects of exercise – the role of IL-6 as a myokine. *Trends in Pharmacological Sciences*, *28*(4), 152–156. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2007.02.002>
309. Pennings, B., Boirie, Y., Senden, J. M. G., Gijsen, A. P., Kuipers, H., & van Loon, L. J. C. (2011). Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *93*(5), 997–1005. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.008102>
310. Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Hodgson, A. B., Randell, R., Pöttgen, K., Res, P., & Jeukendrup, A. E. (2012). Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *44*(2), 344–351. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822dc809>
311. Phillips, C. (2013). Nutrigenetics and metabolic disease: current status and implications for personalised nutrition. *Nutrients*, *5*(1), 32–57. <https://doi.org/10.3390/nu5010032>

-
312. Phillips, S. M., Tipton, K. D., Aarsland, A., Wolf, S. E., & Wolfe, R. R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *The American Journal of Physiology*, 273(1 Pt 1), E99-107. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1997.273.1.E99>
313. Philp, A., Hargreaves, M., & Baar, K. (2012). More than a store: regulatory roles for glycogen in skeletal muscle adaptation to exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 302(11), E1343-1351. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00004.2012>
314. Phinney, S. D., Bistrian, B. R., Evans, W. J., Gervino, E., & Blackburn, G. L. (1983). The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: Preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism*, 32(8), 769-776. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(83\)90106-3](https://doi.org/10.1016/0026-0495(83)90106-3)
315. Pinckaers, P. J. M., Churchward-Venne, T. A., Bailey, D., & van Loon, L. J. C. (2017). Ketone Bodies and Exercise Performance: The Next Magic Bullet or Merely Hype? *Sports Medicine*, 47(3), 383-391. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0577-y>
316. Potgieter, S. (2013). Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 26(1), 6-16. <https://doi.org/10.1080/16070658.2013.11734434>
317. Pottier, A., Bouckaert, J., Gilis, W., Roels, T., & Derave, W. (2010). Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 105-111. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00868.x>
318. Powers, S. K., Ji, L. L., Kavazis, A. N., & Jackson, M. J. (2011). Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle. *Comprehensive Physiology*, 1(2), 941-969. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100054>
319. Proceedings of the Fourteenth International Society of Sports Nutrition (ISSN) Conference and Expo. (2017). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(2), 31. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0188-5>
320. Pugh, J. N., Fearn, R., Morton, J. P., & Close, G. L. (2017). Gastrointestinal symptoms in elite athletes: time to recognise the problem? *British Journal of Sports Medicine*, 52(8), 487-488. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098376>
321. Ramaswamy, L., Velraja, S., Escalante, G., Harvey, P., Alencar, M., Haddock, B., ... Kreider, R. B. (2016). Proceedings of the Thirteenth International Society of Sports Nutrition (ISSN) Conference and Expo. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(Suppl 1). <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0144-9>
322. Rasmussen, B. B., Tipton, K. D., Miller, S. L., Wolf, S. E., & Wolfe, R. R. (2000). An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 386-392.
323. Reidy, P. T., Borack, M. S., Markofski, M. M., Dickinson, J. M., Deer, R. R., Husaini, S. H., ... Rasmussen, B. B. (2016). Protein Supplementation Has Minimal Effects on Muscle Adaptations during Resistance Exercise Training in Young Men: A Double-Blind Randomized Clinical Trial. *The Journal of Nutrition*, 146(9), 1660-1669. <https://doi.org/10.3945/jn.116.231803>
324. Reidy, P. T., Fry, C. S., Igbini, S., Deer, R. R., Jennings, K., Cope, M. B., ... Rasmussen, B. B. (2017). Protein Supplementation Does Not Affect Myogenic Adaptations to Resistance Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(6), 1197-1208. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001224>
325. Rhodes, K., & Braakhuis, A. (2017). Performance and Side Effects of Supplementation with N-Acetylcysteine: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(8), 1619-1636. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0677-3>
326. Rippe, J. M., & Marcos, A. (2016). Controversies about sugars consumption: state of the science. *European Journal of Nutrition*, 55(2), 11-16. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1227-8>
327. Robertson, S., & Mountjoy, M. (2018). A Review of Prevention, Diagnosis, and Treatment of Relative Energy Deficiency in Sport in Artistic (Synchronized) Swimming. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 375-384. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2017-0329>
328. Rodriguez, N. R., Di Marco, N. M., & Langley, S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 709-731. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31890eb86>

-
329. Rooyen, M. van, Hew-Butler, T., & Noakes, T. D. (2010). Drinking during marathon running in extreme heat: a video analysis study of the top finishers in the 2004 Athens Olympic marathons. *South African Journal of Sports Medicine*, 22(3), 55–61.
330. Ross, M. L., Stephens, B., Abbiss, C. R., Martin, D. T., Laursen, P. B., & Burke, L. M. (2014). Fluid Balance, Carbohydrate Ingestion, and Body Temperature During Men's Stage-Race Cycling in Temperate Environmental Conditions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 575–582. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2012-0369>
331. Rothschild, J., Earnest, C., Rothschild, J., & Earnest, C. P. (2018). Dietary Manipulations Concurrent to Endurance Training. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(3), 41. <https://doi.org/10.3390/jfmk3030041>
332. Rowland, T. (2011). Fluid Replacement Requirements for Child Athletes. *Sports Medicine*, 41(4), 279–288. <https://doi.org/10.2165/11584320-000000000-00000>
333. Rowlands, D. S., & Houltham, S. D. (2017). Multiple-Transportable Carbohydrate Effect on Long-Distance Triathlon Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(8), 1734–1744. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001278>
334. Rowlands, D. S., Houltham, S., Musa-Veloso, K., Brown, F., Paulionis, L., & Bailey, D. (2015). Fructose-Glucose Composite Carbohydrates and Endurance Performance: Critical Review and Future Perspectives. *Sports Medicine*, 45(11), 1561–1576. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0381-0>
335. Roy, A. S., & Bandyopadhyay, A. (2015). Effect of Ramadan intermittent fasting on selective fitness profile parameters in young untrained Muslim men. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 1(1), e000020. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000020>
336. Rutherford, W. J. (1990). Hypoglycemia and endurance exercise: dietary considerations. *Nutrition and Health*, 6(4), 173–181. <https://doi.org/10.1177/026010609000600402>
337. Sanchez-Puccini, M. B., Argothy-Bucheli, R. E., Meneses-Echavez, J. F., Alejandro Lopez-Alban, C., & Ramirez-Velez, R. (2014). Anthropometric and Physical Fitness Characterization of Male Elite Karate Athletes. *International Journal of Morphology*, 32(3), 1026–1031.
338. Saris, W. H., van Erp-Baart, M. A., Brouns, F., Westerterp, K. R., & ten Hoor, F. (1989). Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: the Tour de France. *International journal of sports medicine*, 10 Suppl 1, S26-31. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024951>
339. Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 377–390. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
340. Sawka, M. N., Cheuvront, S. N., & Kenefick, R. W. (2015). Hypohydration and Human Performance: Impact of Environment and Physiological Mechanisms. *Sports Medicine*, 45(1), 51–60. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0395-7>
341. Sengoku, Y., Nakamura, K., Ogata, H., Nabekura, Y., Nagasaka, S., & Tokuyama, K. (2015). Continuous Glucose Monitoring During a 100-km Race: A Case Study in an Elite Ultramarathon Runner. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 124–127. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0493>
342. Sharwood, K. A., Collins, M., Goedecke, J. H., Wilson, G., & Noakes, T. D. (2004). Weight changes, medical complications, and performance during an Ironman triathlon. *British Journal of Sports Medicine*, 38(6), 718–724. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2003.007187>
343. Shaw, G., Koivisto, A., Gerrard, D., & Burke, L. M. (2014). Nutrition Considerations for Open-Water Swimming. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 24(4), 373–381.
344. Sherman, W. M., Costill, D. L., Fink, W. J., & Miller, J. M. (1981). Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2(2), 114–118. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1034594>
345. Shirreffs, S. M., & Sawka, M. N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S39–S46. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.614269>
346. Shirreffs, S. M., Watson, P., & Maughan, R. J. (2007). Milk as an effective post-exercise rehydration drink. *British Journal of Nutrition*, 98(01), 173–180. <https://doi.org/10.1017/S0007114507695543>

-
347. Shivva, V., Cox, P. J., Clarke, K., Veech, R. L., Tucker, I. G., & Duffull, S. B. (2016). The Population Pharmacokinetics of D- β -hydroxybutyrate Following Administration of (R)-3-Hydroxybutyl (R)-3-Hydroxybutyrate. *The AAPS Journal*, *18*(3), 678–688. <https://doi.org/10.1208/s12248-016-9879-0>
348. Schoenfeld, B. J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training: *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
349. Schoenfeld, B. J. & Aragon, A. A. (2018). How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0215-1>
350. Schubert, M. M., & Palumbo, E. A. (2018). Energy balance dynamics during short-term High-Intensity Functional Training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0311>
351. Schweitzer, G. G., Kearney, M. L., & Mittendorfer, B. (2017). Muscle glycogen: where did you come from, where did you go? *The Journal of Physiology*, *595*(9), 2771–2772. <https://doi.org/10.1113/JP273536>
352. Silva, T. de A. e, de Souza, M. E. D. C. A., de Amorim, J. F., Stathis, C. G., Leandro, C. G., & Lima-Silva, A. E. (2013). Can Carbohydrate Mouth Rinse Improve Performance during Exercise? A Systematic Review. *Nutrients*, *6*(1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/nu6010001>
353. Silva-Cavalcante, M. D., Correia-Oliveira, C. R., Santos, R. A., Lopes-Silva, J. P., Lima, H. M., Bertuzzi, R., ... Lima-Silva, A. E. (2013). Caffeine Increases Anaerobic Work and Restores Cycling Performance following a Protocol Designed to Lower Endogenous Carbohydrate Availability. *PLOS ONE*, *8*(8), e72025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072025>
354. Sinclair, J., Bottoms, L., Flynn, C., Bradley, E., Alexander, G., McCullagh, S., ... Hurst, H. T. (2014). The effect of different durations of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. *European Journal of Sport Science*, *14*(3), 259–264. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.785599>
355. Slater, J., Brown, R., McLay-Cooke, R., & Black, K. (2017). Low Energy Availability in Exercising Women: Historical Perspectives and Future Directions. *Sports Medicine*, *47*(2), 207–220. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0583-0>
356. Somerville, V., Bringans, C., & Braakhuis, A. (2017). Polyphenols and Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *47*(8), 1589–1599. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0675-5>
357. Souza, R. J. de, Mente, A., Maroleanu, A., Cozma, A. I., Ha, V., Kishibe, T., ... Anand, S. S. (2015). Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ*, *351*, h3978. <https://doi.org/10.1136/bmj.h3978>
358. Staal, S., Sjödin, A., Fahrenholtz, I., Bonnesen, K., & Melin, A. K. (2018). Low RMRratio as a Surrogate Marker for Energy Deficiency, the Choice of Predictive Equation Vital for Correctly Identifying Male and Female Ballet Dancers at Risk. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *28*(4), 412–418. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0327>
359. Staples, A. W., Burd, N. A., West, D. W. D., Currie, K. D., Atherton, P. J., Moore, D. R., ... Phillips, S. M. (2011). Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(7), 1154–1161. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820751cb>
360. Stellingwerf, T. (2012). Case study: Nutrition and training periodization in three elite marathon runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *22*(5), 392–400.
361. Stellingwerff, T. (2013). Contemporary nutrition approaches to optimize elite marathon performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(5), 573–578.
362. Stellingwerff, T. (2016). Competition Nutrition Practices of Elite Ultramarathon Runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *26*(1), 93–99. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0030>
363. Stellingwerff, T., & Jeukendrup, A. E. (2011). Don't forget the gut--it is an important athletic organ! *Journal of Applied Physiology*, *110*(1), 278; discussion 294. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01259.2010>

-
364. Stubbs, B. J., Cox, P. J., Evans, R. D., Santer, P., Miller, J. J., Faull, O. K., ... Clarke, K. (2017). On the Metabolism of Exogenous Ketones in Humans. *Frontiers in Physiology*, 8, 848. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00848>
365. Sutton, L., Biechler, E., & Harpenau, S. (2017). The Relationship Between In-Race Nutrition and Finish Time for Ironman Triathletes: 3007 Board #4 June 2 315 PM – 515 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(5S), 851. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000519296.09886.d4>
366. Tam, N., Nolte, H. W., & Noakes, T. D. (2011). Changes in total body water content during running races of 21.1 km and 56 km in athletes drinking ad libitum. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 21(3), 218–225. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31820eb8d7>
367. Tan, D. W., Yap, S. H., Wang, M., Fan, P. W., Teo, Y. S., Krishnasamy, P., ... Lee, J. K. W. (2015). Body Mass Changes Across a Variety of Running Race Distances in the Tropics. *Sports Medicine – Open*, 2(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40798-016-0050-3>
368. Tang, J. E., Moore, D. R., Kujbida, G. W., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology*, 107(3), 987–992. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00076.2009>
369. Tappy, L., & Rosset, R. (2017). Fructose Metabolism from a Functional Perspective: Implications for Athletes. *Sports Medicine*, 47(1), 23–32. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0692-4>
370. Teixeira, V. H., Valente, H. F., Casal, S. I., Marques, A. F., & Moreira, P. A. (2009a). Antioxidants do not prevent postexercise peroxidation and may delay muscle recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(9), 1752–1760. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31819fe8e3>
371. Teixeira, V., Valente, H., Casal, S., Marques, F., & Moreira, P. (2009b). Antioxidant status, oxidative stress, and damage in elite trained kayakers and canoeists and sedentary controls. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(5), 443–456.
372. Tenforde, A. S., Barrack, M. T., Nattiv, A., & Fredericson, M. (2016). Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes. *Sports Medicine*, 46(2), 171–182. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0411-y>
373. Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(3), 543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>
374. Thomas, F., Pretty, C. G., Signal, M., & Chase, J. G. (2015). Accuracy and Performance of Continuous Glucose Monitors in Athletes. *IFAC-PapersOnLine*, 48(20), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.10.105>
375. Thomas, F., Pretty, C. G., Signal, M., Shaw, G., & Chase, J. G. (2017). Accuracy and performance of continuous glucose monitors in athletes. *Biomedical Signal Processing and Control*, 32, 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2016.08.007>
376. Tinsley, G. M., Forsse, J. S., Butler, N. K., Paoli, A., Bane, A. A., La Bounty, P. M., ... Grandjean, P. W. (2017). Time-restricted feeding in young men performing resistance training: A randomized controlled trial. *European Journal of Sport Science*, 17(2), 200–207. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1223173>
377. Tipton, K. D., Ferrando, A. A., Phillips, S. M., Doyle, D., & Wolfe, R. R. (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *The American Journal of Physiology*, 276(4 Pt 1), E628–634.
378. Tipton, K. D., Elliott, T. A., Cree, M. G., Aarsland, A. A., Sanford, A. P., & Wolfe, R. R. (2007). Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *American Journal of Physiology – Endocrinology and Metabolism*, 292(1), E71–E76. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00166.2006>
379. Torrens, S. L., Areta, J. L., Parr, E. B., & Hawley, J. A. (2016). Carbohydrate dependence during prolonged simulated cycling time trials. *European Journal of Applied Physiology*, 116(4), 781–790. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3333-y>
380. Trakman, G. L., Forsyth, A., Hoye, R., & Belski, R. (2017). The nutrition for sport knowledge questionnaire (NSKQ): development and validation using classical test theory and Rasch analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 26. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0182-y>

-
381. Trakman, G. L., Forsyth, A., Hoyer, R., & Belski, R. (2018). Development and validation of a brief general and sports nutrition knowledge questionnaire and assessment of athletes' nutrition knowledge. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0223-1>
382. Trangmar, S. J., & González-Alonso, J. (2017). New Insights Into the Impact of Dehydration on Blood Flow and Metabolism During Exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *45*(3), 146. <https://doi.org/10.1249/JES.000000000000109>
383. Trappe, T. A., Gastaldelli, A., Jozsi, A. C., Troup, J. P., & Wolfe, R. R. (1997). Energy expenditure of swimmers during high volume training: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *29*(7), 950–954. <https://doi.org/10.1097/00005768-199707000-00015>
384. Traylor, D. A., Gorissen, S. H., Hopper, H., Prior, T., McGlory, C., & Phillips, S. M. (2018). Aminoacidemia following ingestion of native whey protein, micellar casein, and a whey-casein blend in young men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0240>
385. Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Hoffman, J. R., Wilborn, C. D., Sale, C., ... Antonio, J. (2015). International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *12*. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0090-y>
386. Trommelen, J., Kouw, I. W. K., Holwerda, A. M., Snijders, T., Halson, S. L., Rollo, I., ... van Loon, L. J. C. (2017). Presleep dietary protein-derived amino acids are incorporated in myofibrillar protein during postexercise overnight recovery. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, *314*(5), E457–E467. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00273.2016>
387. Trumbo, P., Schlicker, S., Yates, A. A., Poos, M., & Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *Journal of the American Dietetic Association*, *102*(11), 1621–1630.
388. Twerenbold, R., Knechtle, B., Kakebeeke, T. H., Eser, P., Müller, G., Arx, P. von, & Knecht, H. (2003). Effects of different sodium concentrations in replacement fluids during prolonged exercise in women. *British Journal of Sports Medicine*, *37*(4), 300–303. <https://doi.org/10.1136/bjsm.37.4.300>
389. Urbain, P., Strom, L., Morawski, L., Wehrle, A., Deibert, P., & Bertz, H. (2017). Impact of a 6-week non-energy-restricted ketogenic diet on physical fitness, body composition and biochemical parameters in healthy adults. *Nutrition & Metabolism*, *14*. <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0175-5>
390. Urso, M. L., & Clarkson, P. M. (2003). Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*, *189*(1–2), 41–54.
391. Vanata, D. F., & Steed, C. L. (2013). Risk Factors Associated with the Female Athlete Triad in Recreational Exercisers. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *113*(9), A96. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2013.06.342>
392. Volek, J. S., Noakes, T., & Phinney, S. D. (2015). Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. *European Journal of Sport Science*, *15*(1), 13–20. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.959564>
393. Vránová, D. (2013). Chronická onemocnění a doporučená výživová opatření. ANAG.
394. Wagner, S., Knechtle, B., Knechtle, P., Rüst, C. A., & Rosemann, T. (2011). Higher prevalence of exercise-associated hyponatremia in female than in male open-water ultra-endurance swimmers: the 'Marathon-Swim' in Lake Zurich. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(3), 1095–1106. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2070-5>
395. Waldman, H. S., Basham, S. A., Price, F. G., Smith, J. W., Chander, H., Knight, A. C., ... McAllister, M. J. (2018). Exogenous ketone salts do not improve cognitive responses after a high-intensity exercise protocol in healthy college-aged males. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *43*(7), 711–717. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0724>
396. Walker, D. K., Dickinson, J. M., Timmerman, K. L., Drummond, M. J., Reidy, P. T., Fry, C. S., ... Rasmussen, B. B. (2011). Exercise, amino acids, and aging in the control of human muscle protein synthesis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(12), 2249–2258. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318223b037>
397. Wall, B. A., Watson, G., Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., Siegel, R., & Laursen, P. B. (2015a). Current hydration guidelines are erroneous: dehydration does not impair exercise performance in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(16), 1077–1083. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092417>

-
398. Wall, B. T., Hamer, H. M., de Lange, A., Kiskini, A., Groen, B. B. L., Senden, J. M. G., ... van Loon, L. J. C. (2013). Leucine co-ingestion improves post-prandial muscle protein accretion in elderly men. *Clinical Nutrition*, 32(3), 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.09.002>
399. Wall, B. T., Morton, J. P., & Loon, L. J. C. van. (2015b). Strategies to maintain skeletal muscle mass in the injured athlete: Nutritional considerations and exercise mimetics. *European Journal of Sport Science*, 15(1), 53–62. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.936326>
400. Wallis, G. A., & Wittekind, A. (2013). Is There a Specific Role for Sucrose in Sports and Exercise Performance? *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 23(6), 571.
401. Walsh, N. P., Gleeson, M., Pyne, D. B., Nieman, D. C., Dhabhar, F. S., Shephard, R. J., ... Kajeniene, A. (2011). Position statement. Part two: Maintaining immune health. *Exercise Immunology Review*, 17, 64–103.
402. Wardenaar, F., Brinkmans, N., Ceelen, I., Van Rooij, B., Mensink, M., Witkamp, R., & De Vries, J. (2017). Micronutrient Intakes in 553 Dutch Elite and Sub-Elite Athletes: Prevalence of Low and High Intakes in Users and Non-Users of Nutritional Supplements. *Nutrients*, 9(2), 142. <https://doi.org/10.3390/nu9020142>
403. Webster, C. C., Noakes, T. D., Chacko, S. K., Swart, J., Kohn, T. A., & Smith, J. A. H. (2016). Gluconeogenesis during endurance exercise in cyclists habituated to a long-term low carbohydrate high-fat diet. *The Journal of Physiology*, 594(15), 4389–4405. <https://doi.org/10.1113/JP271934>
404. Webster, C. C., Swart, J., Noakes, T. D., & Smith, J. A. (2018). A Carbohydrate Ingestion Intervention in an Elite Athlete Who Follows a Low-Carbohydrate High-Fat Diet. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(7), 957–960. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0392>
405. West, D. W. D., Burd, N. A., Coffey, V. G., Baker, S. K., Burke, L. M., Hawley, J. A., ... Phillips, S. M. (2011). Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 94(3), 795–803. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.013722>
406. Westwater, M. L., Fletcher, P. C., & Ziauddeen, H. (2016). Sugar addiction: the state of the science. *European Journal of Nutrition*, 55(2), 55–69. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1229-6>
407. Wijnen, A. H. C., Steennis, J., Catoire, M., Wardenaar, F. C., & Mensink, M. (2016). Post-Exercise Rehydration: Effect of Consumption of Beer with Varying Alcohol Content on Fluid Balance after Mild Dehydration. *Frontiers in Nutrition*, 3, 45. <https://doi.org/10.3389/fnut.2016.00045>
408. Wilson, J. M., Fitschen, P. J., Campbell, B., Wilson, G. J., Zanchi, N., Taylor, L., ... Antonio, J. (2013). International Society of Sports Nutrition Position Stand: beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(1), 6. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-6>
409. Wilson, J. M., Lowery, R. P., Roberts, M. D., Sharp, M. H., Joy, J. M., Shields, K. A., ... D'Agostino, D. (2017). The Effects of Ketogenic Dieting on Body Composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Males. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001935>
410. Yancy, W. S., Foy, M., Chalecki, A. M., Vernon, M. C., & Westman, E. C. (2005). A low-carbohydrate, ketogenic diet to treat type 2 diabetes. *Nutrition & Metabolism*, 2, 34. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-2-34>
411. Yeargin, S. W., Finn, M. E., Eberman, L. E., Gage, M. J., McDermott, B. P., & Niemann, A. (2015). Ad libitum fluid consumption via self- or external administration. *Journal of Athletic Training*, 50(1), 51–58. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.76>
412. Yeo, W. K., Paton, C. D., Garnham, A. P., Burke, L. M., Carey, A. L., & Hawley, J. A. (2008). Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. *Journal of Applied Physiology*, 105(5), 1462–1470. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90882.2008>
413. Zadák, Z., Hyšpler, R., Tichá, A. (2012). Nová role a renesance rozvětvených aminokyselin v intenzivní péči. *Anesteziologie a intenzivní medicína*, 23(5), 253–258.
414. Zahedi, M. J., Behrouz, V., & Azimi, M. (2018). Low fermentable oligo-di-mono-saccharides and polyols diet versus general dietary advice in patients with diarrhea-predominant irritable bowel syndrome: A randomized controlled trial. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 33(6), 1192–1199. <https://doi.org/10.1111/jgh.14051>

-
415. Zahradník, D., Korvas, P. (2017). *Základy sportovního tréninku* [webpage]. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5890-3. Retrieved from <https://munispace.muni.cz/index.php/munispace/catalog/book/697> [cit. 10. 9. 2018]
416. Ziegler, P., Nelson, J. A., Barratt-Fornell, A., Fiveash, L., & Drewnowski, A. (2001). Energy and macronutrient intakes of elite figure skaters. *Journal of the American Dietetic Association*, *101*(3), 319–325. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(01\)00083-9](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(01)00083-9)
417. Zouhal, H., Groussard, C., Minter, G., Vincent, S., Cretual, A., Gratas-Delamarche, A., ... Noakes, T. D. (2011). Inverse relationship between percentage body weight change and finishing time in 643 forty-two-kilometre marathon runners. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(14), 1101–1105. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.074641>

Přílohy

Příloha 1 – Energetická dostupnost (ED)

Energetická dostupnost (kcal/kg FFM) je kalkulována:

$$ED = \frac{EP - EVpa}{FFM}$$

Kde **EP (kcal)** je celkový denní energetický příjem, **EVpa (kcal)** je celková energie vydaná na tréninkovou a/nebo soutěžní (závodní) pohybovou aktivitu za jeden den, **FFM (kg)** je beztuková tělesná hmotnost.

Platí, že hraniční je $ED \leq 30$ kcal/kg/FFM/den, protože negativně ovlivňuje výkonnost, růst (u dětí a adolescentů), regenerační schopnosti a zdraví sportovců. Nízká energetická dostupnost je součástí ženské atletické triády (interrelace: nízká energetická dostupnost, amenorea, osteoporóza) nově formulovaného syndromu relativní energetické nedostatečnosti ve sportu (RED-S). Za optimální ED se považuje hodnota ~ 45 kcal/kg/FFM/den. Kalkulaci ED můžeme využít jako **diagnostický nástroj** k okamžité identifikaci (ne)dostatečného energetického příjmu (tab. 1), nebo jako **nástroj plánování a preskripce** optimálního energetického příjmu.

Tab. 1 Rozmezí hodnot ED (kcal/den) vzhledem k cílům sportovce

> 45 kcal/kg FFM	Nárůst tělesné hmotnosti, svalová hypertrofie, předzásobené sacharidy
~ 45 kcal/kg FFM	Udržení tělesné (svalové) hmoty Udržení a rozvoj pohybových schopností / vzestup trénovanosti
30–45 kcal/kg FFM	(Kontrolovaný) pokles tělesné (tukové) složky
< 30 kcal/kg FFM	Dlouhodobě nízký ED pod touto hranicí pokles výkonnosti, zdravotní rizika

Doporučený postup při využití ED k preskripci energetického příjmu:

1. Stanovení beztukové tělesné hmotnosti (např. při 10 % tělesného tuku u 80 kg = **72 kg**).
2. Stanovení tréninkového energetického výdeje (např. při **denním jogingu 1 h = 7 kcal/kg/h = 560 kcal**) (Ainsworth et al., 2011).
3. Vybrána hodnota ED podle cílů sportovce (viz tabulka) (cíl: zabránit poklesu tělesné hmotnosti, tj. ED by neměla klesnout pod **40–45 kcal/kg FFM**).
4. Kalkulujeme denní energetický příjem modifikací rovnice pro kalkulaci ED:

$$EP = EVpa + (ED \times FFM)$$

Dosažením:

$$EP = 560 + (45 \times 72) = 3\,800 \text{ kcal}$$

Pozn. Při $ED = 40$ kcal/kg/FFM jde o 3 440 kcal. Je dobré počítat s variabilitou, a proto kalkulovat horní a dolní hranici. V našem modelu tedy ED i s ohledem na nenáročnou aktivitu – jogging spíše nižší, tj. $ED = 40\text{--}45$ kcal/kg FFM.

5. Je nastaven jídelníček v rozmezí 3 440–3 800 kcal a dodržován sportovcem.

Příloha 2 – Plán výživy během plaveckého maratonu

PLÁNOVANÁ OBČERSTVOVACÍ ZASTÁVKA		PITÍ	ENERGETICKÝ GEL	GAINER	OSTATNÍ	Σ g S/hod
hod	min					
1	15"	iont/w	gel free			
	30"	iont/w				
	45"	iont/w			pre sport gel	
	60"	iont/w				82,8
2	15"	iont/w	gel free			
	30"	iont/w	gel kofein			
	45"	iont/w				
	60"	iont/w		gainer		95,6
3	15"	iont/w			magnesium	
	30"	iont/w	gel free			
	45"	iont/w			BCAA – 5 kapslí	
	60"	iont/w			pre sport gel	92,8
4	15"	iont/w			gutar	
	30"	iont/w		gainer		
	45"	iont/w				
	60"	iont/w	gel free		banán	88
5	15"	iont/w				
	30"	iont/w	gel kofein			
	45"	iont/w		gainer		
	60"	iont/w			pre sport gel	102,8
6	15"	iont/w	gel free		magnesium	
	30"	iont/w			gutar	
	45"	iont/w				
	60"	iont/w			banán	78
7	15"	iont/w	gel free			
	30"	iont/w		gainer		
	45"	iont/w				
	60"	iont/w			magnesium	88
8	15"	iont/w	gel kofein			
	30"	iont/w	gel free			
	45"	iont/w				
	60"	iont/w			banán	85,8
9	15"	iont/w	gel free			
	30"	iont/w				
	45"	iont/w				
	60"	iont/w				58

Pozn. iont – iontový nápoj; w – voda;

Vědecká redakce MU

prof. Ing. Petr Dvořák, CSc.

PhDr. Jan Cacek, Ph.D.

Mgr. Tereza Fojtová

Mgr. Michaela Hanousková

prof. MUDr. Lydie Izakovičová Hollá, Ph.D.

doc. RNDr. Petr Holub, Ph.D.

doc. Mgr. Jana Horáková, Ph.D.

doc. PhDr. Mgr. Tomáš Janík, Ph.D.

doc. JUDr. Josef Kotásek, Ph.D.

prof. PhDr. Tomáš Kubiček, Ph.D.

doc. RNDr. Jaromír Leichmann, Dr.

PhDr. Alena Mizerová

doc. Ing. Petr Pirožek, Ph.D.

doc. RNDr. Lubomír Popelínský, Ph.D.

Mgr. Kateřina Sedláčková, Ph.D.

doc. RNDr. Ondřej Slabý, Ph.D.

prof. PhDr. Jiří Trávníček, M.A.

doc. PhDr. Martin Vaculík, Ph.D.

Sportovní výživa jako vědecká disciplína

Mgr. Michal Kumstát, Ph.D.

Vydala Masarykova univerzita, Žerotínovo nám. 617/9, 601 77 Brno

Grafická úprava Renata Jeníčková

Jazyková redakce Mgr. Eva Strnadová

První, elektronické vydání, 2018

ISBN 978-80-210-9163-4