

FYZIOLOGIE PRO TĚLOVÝCHOVNÉ OBORY

(vybrané kapitoly, část II.)

Filip Neuls
Michal Botek
Michal Valenta
Iva Klimešová
Barbora Sládečková
Martin Sigmund
Jakub Krejčí



Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

Fyziologie pro tělovýchovné obory **(vybrané kapitoly, část II.)**

Filip Neuls
Michal Botek
Michal Valenta
Iva Klimešová
Barbora Sládečková
Martin Sigmund
Jakub Krejčí

Olomouc 2024

Recenzenti:

doc. MUDr. Dalibor Pastucha, Ph.D., MBA

Mgr. Karel Hůlka, Ph.D.

Autoři:

Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Mgr. Michal Valenta

PhDr. Iva Klimešová, Ph.D.

Mgr. Barbora Sládečková

PhDr. Dr. Martin Sigmund, Ph.D., DBA

RNDr. Jakub Krejčí, Ph.D.

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

1. vydání

© Filip Neuls, Michal Botek, Michal Valenta, Iva Klimešová, Barbora Sládečková,
Martin Sigmund, Jakub Krejčí, 2024

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2024

ISBN 978-80-244-6417-6 (print)

ISBN 978-80-244-6418-3 (online: iPDF)

VUP 2024/0002 (print)

VUP 2024/0003 (online: iPDF)

Obsah

Seznam nejužívanějších zkratek	8
Úvod	9
1 Fyziologické aspekty fotbalu	10
1.1 Stručná charakteristika zatížení ve fotbalu	10
1.2 Somatická charakteristika hráčů fotbalu	10
1.3 Fyziologická charakteristika výkonu ve fotbalu	11
2 Fyziologické aspekty ledního hokeje.....	13
2.1 Stručná charakteristika zatížení v ledním hokeji.....	13
2.2 Somatická charakteristika hráčů ledního hokeje.....	13
2.3 Fyziologická charakteristika výkonu v ledním hokeji	15
3 Fyziologické aspekty běhů na krátké tratě	16
3.1 Somatická a fyziologická charakteristika sprinterů	16
3.2 Metabolická charakteristika sprinterských disciplín	18
3.3 Adaptace organismu na sprinterský trénink.....	19
3.4 Zranění u sprinterů.....	20
4 Fyziologické aspekty běhů na střední a dlouhé tratě.....	21
4.1 Somatická charakteristika běžců na střední a dlouhé tratě.....	21
4.2 Fyziologické determinanty výkonu v běžích na střední a dlouhé tratě.....	24
4.3 Trénink u vytrvalostních běžců.....	27
4.4 Zranění u běžců na střední a dlouhé tratě.....	28
5 Fyziologické aspekty silniční cyklistiky.....	29
5.1 Stručná charakteristika zatížení v silniční cyklistice.....	29
5.2 Somatické předpoklady a fyziologická charakteristika výkonu v silniční cyklistice	30
6 Fyziologické aspekty plavání	33
6.1 Vliv vodního prostředí a plavání na lidský organismus.....	34
6.2 Somatická a fyziologická charakteristika plavců	34
6.3 Charakteristika plaveckého výkonu a plaveckého tréninku.....	36
6.4 Zdravotní rizika plavání.....	38
7 Fyziologické aspekty potápění.....	40
7.1 Šnorchlování.....	41
7.2 Potápění na nádech.....	41
7.3 Přístrojové potápění.....	42

8	Fyziologické aspekty a specifika pohybového zatížení u dětí a mládeže.....	46
8.1	Aerobní kapacita.....	48
8.2	Anaerobní kapacita.....	49
8.3	Kardiovaskulární systém.....	49
8.4	Dýchací systém.....	50
8.5	Termoregulace.....	50
9	Fyziologie biorytmů.....	52
9.1	Biorytmy a hormonální systém.....	53
9.2	Biorytmy a sport.....	54
10	Imunitní systém a zátěž.....	57
10.1	Nespecifická imunita.....	57
10.2	Specifická imunita.....	58
10.3	Vliv pohybové zátěže na imunitní systém.....	59
11	Fyziologické základy vyladění před výkonem.....	64
12	Zdravotní aspekty pohybové aktivity.....	67
12.1	Pohybová aktivita a inaktivita ve vztahu k vybraným onemocněním.....	68
12.2	Zdravotní doporučení k pohybové aktivitě.....	72
12.3	Adherence k pohybové aktivitě.....	75
13	Možnosti kvantifikace odezvy organismu sportovce na zatížení.....	76
13.1	Subjektivní metody.....	76
13.2	Monitoring srdeční frekvence.....	78
13.3	Biomarkery.....	81
13.4	GPS technologie.....	82
13.5	Hodnocení hydratace.....	83
14	Výživa jako podpora tréninkového procesu: nutriční trénink.....	85
14.1	Tréninkový stimul, reakce a adaptace.....	86
14.2	Nutriční podpora při vytrvalostním zatížení.....	86
14.2.1	Denní příjem sacharidů.....	87
14.2.2	Příjem sacharidů před vytrvalostním zatížením.....	87
14.2.3	Příjem sacharidů během zatížení, nutriční trénink.....	88
14.2.4	Role tuků a bílkovin během vytrvalostního zatížení.....	90
14.2.5	Příjem sacharidů po zatížení.....	90
14.2.6	Zajištění optimální hydratace.....	91
14.3	Nutriční podpora při silovém zatížení.....	92
14.3.1	Denní příjem bílkovin.....	93
14.3.2	Příjem bílkovin po silovém zatížení.....	93
14.3.3	Příjem bílkovin před spánkem.....	94
14.3.4	Příjem sacharidů při silovém zatížení.....	94
14.3.5	Příjem tuků při silovém zatížení.....	94
14.4	Nejčastěji využívané doplňky stravy.....	95
14.5	Nutriční podpora zotavení po vytrvalostním i silovém zatížení.....	96

15 Účinky molekulárního vodíku na lidský organismus během tělesné práce a zotavení.....	98
16 Současný pohled na zdroje acidózy vznikající během svalové práce	101
16.1 ATP-CP systém	101
16.2 Anaerobní glyko(geno)lýza	102
16.3 Aerobní metabolismus.....	104
P1 Somatodiagnostika a sport.....	106
P1.1 Konstituční typologie – somatotyp (pohled z historie do současnosti).....	106
P1.1.1 Morfofenotyp a dědičnost	107
P1.1.2 Somatotyp a sport	108
P1.2 Somatické a morfologické dispozice ve sportu	108
Použitá a doporučená literatura	114

Seznam nejužívanějších zkratk

ADP – adenosindifosfát
ANP – anaerobní práh
ANS – autonomní nervový systém
AP – aerobní práh
ATP – adenosintrifosfát
BMI – body mass index (kg/m^2)
CNS – centrální nervový systém
CoA – koenzym A
CP – kreatinfosfát
EKG – elektrokardiogram
EPO – erytropoetin
FAD – flavinadenindinukleotid
FITT – frekvence, intenzita, trvání a typ pohybové aktivity
G6P – glukóza-6-fosfát
HRW – hydrogen rich water (hydrogenovaná voda)
MAS – maximal aerobic speed (maximální aerobní rychlost)
MCT1 – monokarboxylátový transportér 1
METs – metabolický ekvivalent
MTR – maximální tepová rezerva (rozdíl SFmax a SFklid)
NAD – nikotinamidenindinukleotid
OBLA – onset of blood lactate accumulation (začátek kumulace krevního laktátu)
OSB – odbourávání svalových bílkovin
 P_i – anorganický fosfát
 P_{max} – maximální výkon (W/kg)
RE – running economy (ekonomika běhu)
RQ – respirační kvocient
RSA – repeated sprint ability (schopnost opakovaných sprintů)
SF – srdeční frekvence (tepy/min)
SFklid – klidová srdeční frekvence (tepy/min)
SFmax – maximální srdeční frekvence (tepy/min)
SSB – syntéza svalových bílkovin
VAS – visual analogue scale (vizuální analogová škála)
 $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ – ventilační ekvivalent pro kyslík
 $\dot{V}O_2$ – spotřeba kyslíku (ml/kg/min)
 $\dot{V}O_{2\text{max}}$ – maximální spotřeba kyslíku (ml/kg/min)

Úvod

Vážené studentky, vážení studenti,

v učebních textech s názvem Fyziologie pro tělovýchovné obory (vybrané kapitoly, část I.; Botek, Neuls, Klimešová, & Vyhnánek, 2017) bylo prezentováno celkem 34 kapitol představujících určité penzum základních a rozšiřujících poznatků, které jsou využitelné v řadě bakalářských i magisterských předmětů přednášených a studovaných na FTK UP v Olomouci, jejichž obsah je orientován výhradně nebo částečně na zátěžovou fyziologii a spřízněné obory. Tato navazující druhá část „vybraných kapitol“ zpracovává v podobném duchu další témata, u nichž bychom stejně jako v případě prvního dílu byli rádi, aby z vašeho pohledu sloužila nejen jako zdroj informací nezbytných pro splnění příslušných zápočtů a zkoušek, ale byla též uplatnitelná v tělovýchovné a sportovní praxi. Nezbytnou součástí našich skript je i množství zajímavostí, které, jak doufáme, přispějí k vyšší čtivosti textu.

Těžiště tohoto druhého dílu představují fyziologické aspekty vybraných sportovních odvětví (fotbal a lední hokej jako zástupci sportovních her, atletické běhy, silniční cyklistika a plavání). Dále následují kapitoly věnované potápění, specifickým dětského věku a dospívání, biorytmům, imunitnímu systému, vyladění před výkonem nebo zdravotním aspektům pohybové aktivity. Řadu praktických rad obsahují témata zaměřená na možnosti kvantifikace odezvy organismu na zatížení a také na současné poznatky ve sportovní výživě. Velmi aktuálně je zařazena kapitola pojednávající o účincích molekulárního vodíku, a protože se výzkum fyziologických a biochemických pochodů neustále vyvíjí, reagujeme i aktualizací poznatků o zdrojích acidózy při svalové práci, čímž jsou do velké míry nahrazeny či upřesněny odpovídající kapitoly v první části skript. Vzhledem k tomu, že se ve fyziologických aspektech vybraných sportů detailněji věnujeme i somatické charakteristice sportovců, jako „bonus“ na závěr přikládáme též doplňující informace o somatodiagnostice ve sportu.

Nechť jsou vám oba díly „vybraných kapitol“ spolu s našimi přednáškami a prezentacemi užitečným průvodcem při studiu na naší alma mater.

Hodně štěstí při studiu přejí autoři!

1 Fyziologické aspekty fotbalu

1.1 Stručná charakteristika zatížení ve fotbalu

Fotbal se řadí mezi kolektivní sportovní hry. Z pohledu průběhu zatížení během 2 × 45 min utkání je fotbal příkladem *intermitentního zatížení*, při kterém se střídají vysoce intenzivní pasáže a momenty nízkého zatížení, které lze označit za *aktivní zotavení* (výklus, chůze apod.). Mezi kondičně nejexponovanější herní posty se ve fotbale řadí kraj obrany a zálohy a útok. Pro fotbalové zatížení je charakteristický vysoký počet (až 1500) krátkodobých aktivit (souboje, sprinty, změny směru, akcelerace, decelerace apod.), které se opakují přibližně každých 6 s. Hráč absolvuje za utkání 10 až 20 sprintů s průměrnou délkou 15–20 m, přičemž nejdelší sprinty jsou do 40–50 m. Profesionální fotbaloví hráči překonají za 90 min hry vzdálenost v rozmezí od 10 do 12 km, z toho na chůzi připadají přibližně 3 km, v poklusu stráví hráči 4 km, v běhu 3 km a v intenzivním běhu a sprintech přibližně od 300 do 1000 m.

1.2 Somatická charakteristika hráčů fotbalu

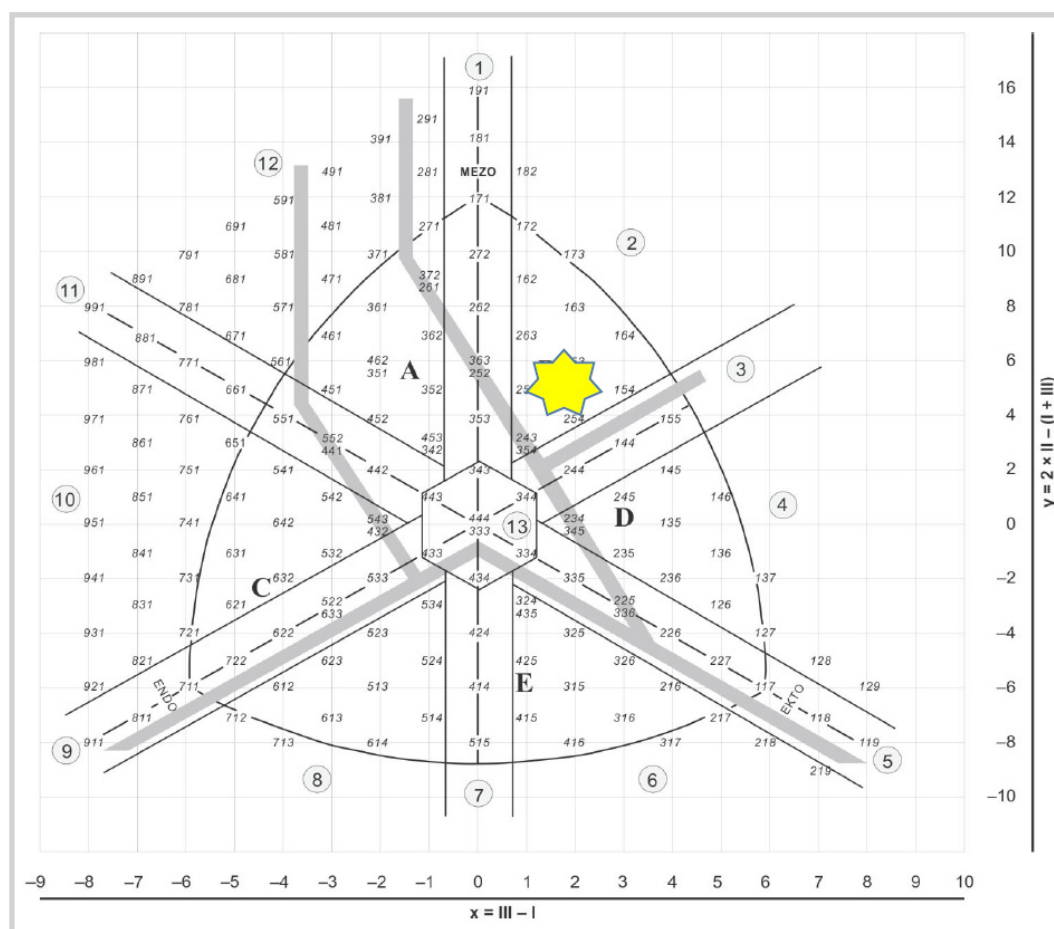
Somatické předpoklady vrcholových fotbalistů vykazují určitou variabilitu, která zohledňuje především herní postavení hráče. Rozsáhlá antropometrická měření ukázala, že nelze stanovit ideální tělesnou výšku ani hmotnost. V současném fotbalu se prosazují hráči jak s menší tělesnou výškou na úrovni hodnot 165–170 cm, tak i hráči poměrně vysocí. Mezi hráče s preferovanými požadavky na vyšší tělesnou výšku patří především brankáři, případně obránci a hrotoví útočníci. U brankářů se optimální tělesná výška pohybuje v intervalu 190–200 cm, obdobné dispoziční charakteristiky u tělesné výšky pak lze očekávat u středních obránců či hrotových útočníků. Hráči s průměrnou tělesnou výškou na úrovni hodnot 178–185 cm pak nacházejí uplatnění na pozicích ve středu pole nebo jako útočníci. Dosažená úroveň tělesné výšky hráče ovlivňuje i jeho herní styl, práci s míčem, schopnost prosadit se v hlavičkových soubojích apod.

Tělesná hmotnost fotbalistů vykazuje rovněž určitý rozptyl, taktéž s ohledem na tělesnou výšku. Tělesná hmotnost hráče by se měla pohybovat v optimálním poměru k tělesné výšce, což lze vyjádřit např. pomocí BMI na úrovni hodnot 21–23 kg/m². Současně je důležité zohlednit i složení těla, zejména pak procentuální zastoupení celkového tělesného tuku. Pro vrcholové hráče fotbalu se doporučuje zastoupení celkového tělesného tuku na úrovni 8–10%, eventuálně s dlouhodobou udržitelností pod hranicí 12%.

Z hlediska tělesné konstituce vyjádřené somatotypem a ve vztahu k herní pozici hráče se jako somatické optimum jeví oblast ektomorfní mezomorfie (2–5–4), vyrovnané mezomorfie (2–5–2), mezomorfie-ektomorfie (2–4–4) a oblast mezomorfní ektomorfie (1–3–5; 2–3–6), (obrázek 1).

Obrázek 1

Oblast optimální lokalizace výskytu somatotypu – fotbal (muži)



1.3 Fyziologická charakteristika výkonu ve fotbalu

Průměrná intenzita zatížení za celé utkání se pohybuje mezi 80 a 90 % SFmax, což přibližně odpovídá úrovni ANP (75–85 % $\dot{V}O_2\text{max}$). Z výše uvedeného vyplývá, že moderní fotbal klade vysoké nároky na kondiční připravenost hráčů, především na maximální rychlost, rychlostní vytrvalost, obecnou vytrvalost, explozivní sílu dolních končetin a v neposlední řadě také na *agilitu* (herní, resp. kombinovaná lokomoce). Jedním z nejčastěji skloňovaných termínů u kondiční připravenosti hráče fotbalu je schopnost provádět opakované sprinty neboli *RSA – repeated sprint ability* (≤ 10 s) s minimální dobou zotavení (≤ 60 s). Mezi významné fyziologické determinanty RSA se počítá rychlost resyntézy ATP pomocí kreatinfosfátu, pufrální kapacita periferie a její rezistence vůči vzniklé acidóze (pokles pH, tj. nárůst koncentrace H^+). Důležité je zmínit, že i přes skutečnost, že hráči s vyšší aerobní kapacitou během utkání překonají vyšší vzdálenost a absolvují více sprintů, vztah mezi hodnotou $VO_2\text{max}$ a RSA není v zásadě nijak těsný ($r = .62\text{--}.68$). Proto je možné za určitých okolností dospělým hráčům fotbalu doporučit pro zvýšení RSA suplementaci kreatinfosfátem nebo užívání *karnosinu* jakožto intramuskulárního pufru.

Z analýzy herního výkonu u sportovních her vyplývá, že na kondiční připravenost hráčů ve fotbalu připadá asi jen 25 až 30 %, zatímco dominantní role jako základ úspěšného výsledku spočívá ve vysoké úrovni specifických herních dovedností a technicko-taktické vyspělosti hráčů. Z metabolického pohledu lze fotbal označit za aerobní pohybovou aktivitu, ve které se

často objevují pasáže vyžadující anaerobní příspěvek hrazení energie (resyntézy ATP), tudíž při nich dochází k vytvoření kyslíkového dluhu a zakyselení. Hladina laktátu jakožto nepřímého indikátoru zakyselení organismu, potažmo aktivace anaerobního metabolismu, je u hráčů vysoce individuálně variabilní a po utkání se pohybuje v rozmezí od 3 do 12 mmol/l. Pozátěžovou koncentraci krevního laktátu bude determinovat herní post a především aerobní kapacita hráčů, přičemž nižších hodnot pozátěžového laktátu zpravidla dosahují hráči s vyšší hodnotou $\dot{V}O_2\text{max}$, a naopak.

Profesionální hráči fotbalu (vyjma brankářů) vykazují hodnoty $\dot{V}O_2\text{max}$ okolo 57–65 ml/kg/min. Jen velmi zřídka nacházíme hodnoty přesahující 65 ml/kg/min. Energetická náročnost fotbalu se pohybuje v rozmezí 5–12 MET, což odpovídá hodnotě $\dot{V}O_2$ 17,5–42 ml/kg/min. Uvádí se, že doba zotavení po utkání by měla být delší než 72 h (optimálně až 96 h), především z důvodu odeznění opožděné svalové únavy, návratu mentální a fyzické výkonnosti a regenerace neuromuskulárního systému.

V průběhu náročného utkání dochází ke ztrátám 1–2 l vody (a iontů) v podobě potu. Fotbalisté během utkání vydají energii odpovídající přibližně 1500–1700 kcal, která dominantně pochází ze sacharidových (glykogenových) rezerv.

Hráči fotbalu v laboratoři standardně podstupují hodnocení stavu hydratace, tělesného složení, měření aktivity autonomního nervového systému jako prevenci přetížení a přetrénování, vertikální skok a maximální zátěžový test na běhátku s cílem zjistit úroveň AP a ANP a dále maximální hodnoty vybraných kondičně relevantních ukazatelů jako např. $\dot{V}O_2\text{max}$ nebo běžeckého výkonu (P_{max}).