

Posudek oponenta habilitační práce **VLIV VYTRVALOSTNÍHO TRÉNINKU NA RESPIRAČNÍ PARAMETRY ADOLESCENTNÍCH BĚŽCŮ**

Habilitation: PhDr. Petr Bahenský, Ph.D., Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Katedra tělesné výchovy a sportu, Jeronýmova 10, 371 15 České Budějovice

Obor řízení: Kinantropologie

Oponent: prof. PharmDr. Petr Babula, Ph.D., Fyziologický ústav LF MU a Katedra sportovního výkonu a diagnostiky, Fakulta sportovních studií MU

Habilitační práce uchazeče PhDr. Petra Bahenského, Ph.D., je zaměřena na hodnocení vlivu dlouhodobého vytrvalostního běžeckého tréninku a dvou typů krátkodobých intervencí – dechových cvičení a tréninkového pobytu ve vyšší nadmořské výšce – na vybrané respirační parametry u adolescentních běžců. Autor v rámci práce využívá longitudinální přístup doplněný o intervenční design, a zkoumá jak přirozené změny během dospívání a tréninkové adaptace, tak i akutní vlivy cílených zásahů.

Práce má rozsah 176 stran a je členěna do osmi kapitol: Úvod, Přehled poznatků, Cíle a hypotézy, Metodika, Výsledky, Diskuse, Limity práce a Závěr. Navzdory formální logické struktuře vykazuje práce výraznou disproporci v rozsahu jednotlivých částí – konkrétně kapitola Výsledky zabírá více než polovinu celého textu (strany 58 až 150), zatímco kapitola Diskuse je naopak velmi stručná, nekomplexní a nepřesvědčivá. Tato nevyváženost poněkud zpochybňuje schopnost autora provést hlubší analýzu získaných dat, syntézu a kritické zhodnocení získaných poznatků, což by ale mělo být jedním ze zásadních předpokladů habilitační práce.

Kapitola Přehled poznatků je sice rozsáhlá, ale postrádá teoretickou hloubku a aktuálnost, zejména ve fyziologické oblasti, která je ovšem zásadní pro porozumění a uchopení dané problematiky. Již ve třetí větě nacházím první mírně zavádějící tvrzení: „Energetický ekvivalent 1 ml kyslíku je v závislosti na zdroji energie (sacharidy, tuky či bílkoviny) okolo 20–21 J (5 cal)“. Již zde měl autor uvést, že uvádí hodnotu pro smíšenou stravu, neboť pro jednotlivé živiny se hodnoty liší; navíc, klíčovou roli zde hrají další parametry, jako je tělesná teplota. Obecně by bylo vhodné uvést přesně alespoň základní terminologii týkající se metabolismu, například bazální metabolismus, specificko-dynamický účinek stravy, respirační kvocient, poměr respirační výměny (který je v práci definován velmi nepřesně na straně 39), metabolický ekvivalent atd. Terminologické nedostatky se ostatně objevují v celé práci, jen namátkou – v kapitole 2.5.2 „Tepový kyslík“ je uvedeno: „Hodnota tepového kyslíku ($\text{VO}_2 \cdot \text{SF}^{-1}$) vyjadřuje množství kyslíku, které se jedním úderem srdce (tepem) přenesou prostřednictvím krevního oběhu do tkání...“. Co se myslí úderem srdce? Úder srdečního hrotu je mechanickým projevem srdeční činnosti vznikající nárazem hrotu srdce do hrudní stěny při systole komor. Tep je opět mechanickým projevem činnosti srdce vznikající v průběhu ejekční fáze srdečního cyklu. V názvu práce je výslovně uvedeno „vliv...na respirační parametry...“. V kapitole ovšem zcela

Masarykova univerzita, Lékařská fakulta

Kamenice 753/5, 625 00 Brno, Česká republika

T: +420 549 49 2910, E: info@med.muni.cz, www.med.muni.cz

Bankovní spojení: KB Brno-město, ČÚ: 85636621/0100, IČ: 00216224, DIČ: CZ00216224

V odpovědi, prosím, uvádějte naše číslo jednací.

chybí detailnější pojednání o fyziologických mechanismech ventilace, včetně mechanismů řízení dýchání (nervové, humorální) během různých úrovní zatížení a interakce mezi centrálními a periferními regulačními mechanismy (např. role $p\text{CO}_2$, pH, chemoreceptorů a aferentních zpětných vazeb z dýchacích svalů). V práci se pouze jednou vyskytuje pojem *ventilační limitace*, zcela chybí pojem *respirační rezerva*, což považuji za poměrně významný nedostatek s ohledem na danou problematiku. Respirační (ventilační) rezerva (breathing reserve, BR) je ukazatel, který slouží k posouzení, jak blízko se jedinec během zátěže přibližuje svému maximálnímu ventilačnímu potenciálu, tj. maximální usilovné minutové ventilaci. U zdravých netrénovaných jedinců je BR typicky 20–40 %, u trénovaných vytrvalců může být BR ještě vyšší, nízké hodnoty BR (<15–20 %) naznačují ventilační limitaci – jedinec se při zátěži blíží svému ventilačnímu maximu. Je to tedy zásadní parametr při rozhodování, zda má smysl cílit tréninkové intervence (např. dechová cvičení) na „zlepšení ventilace“. Samozřejmě je v dnešní době otázkou, zda je právě ventilace oním omezujícím faktorem vytrvalostního výkonu; některé práce poukazují na rozpory v obecně přijímaných faktech ventilace jako limitujícího faktoru zátěže (např. Powers SK. *Is the lung built for exercise?* J Appl Physiol (1985). 2020 Dec 1;129(6):1233-1234. doi: 10.1152/jappphysiol.00819.2020. Epub 2020 Oct 29. PMID: 33119466.; Dempsey JA, La Gerche A, Hull JH. *Is the healthy respiratory system built just right, overbuilt, or underbuilt to meet the demands imposed by exercise?* J Appl Physiol (1985). 2020 Dec 1;129(6):1235-1256. doi: 10.1152/jappphysiol.00444.2020. Epub 2020 Aug 13. PMID: 32790594; PMCID: PMC7864246.). V práci jsou sice zmíněny ventilační prahy VT1, VT2, dále však nejsou představeny. Přitom se jedná o poměrně citlivé indikátory trénovanosti a fyziologické odezvy na zátěž – první ventilační práh je z hlediska metabolického vlastně aerobním prahem, se často nazývá jako ventilační anaerobní práh (VAT, VT1). Druhý ventilační práh je z hlediska metabolického anaerobním prahem a nejčastěji bývá označován jako práh respirační kompenzace (RCT, VT2). Jejich sledování při dechové intervenci by bylo logickým doplněním a rozšířením práce. Poměrně závažné nedostatky teoretické části zpochybňují, zda autor disponuje dostatečně hlubokým porozuměním fyziologickým principům, o které by se měl celý výzkum opírat.

K metodické části práce – kombinace longitudinálního sledování a intervenčních modelů je z hlediska designu zcela jistě ambiciózní. Přesto metodická část vykazuje několik vážných nedostatků. Tím prvním je absence kontrolní skupiny v longitudinální části, která znemožňuje odlišení efektu vývoje od tréninku. Nahrazení referenčními daty z populace je v tomto případě zcela neadekvátní. Zcela chybí údaje o věku, pohlaví nebo stádiu puberty, ačkoliv se jedná o klíčové faktory ovlivňující všechny sledované parametry. V případě dechových cvičení není uvedena intenzita, respirační frekvence při cvičení, compliance nebo kontrolní měření (4.2.1 Design krátkodobé intervence dechových cvičení). U pobytu ve vyšší nadmořské výšce chybí jakákoliv data o adaptaci (SpO_2 , HRV, hemoglobin, EPO) – není jasné, zda vůbec došlo k hypoxickému stimulu. V metodice je dále nekonzistentní popis tréninkové zátěže mezi experimentální a kontrolní skupinou při pobytu ve středohoří. Na několika místech je uvedeno, že trénink byl identický, jinde že byl odlišný – tento rozpor nebyl vysvětlen („Členové kontrolní skupiny absolvovali stejné tréninkové zatížení, s výjimkou turistiky. Všechny tréninky, s výjimkou vybíhaných kopců, byly u kontrolní skupiny absolvovány bez převýšení.“ versus „V prvních dvou dnech soustředění byly zařazeny tréninky nižší intenzitou, než jsou zvyklí v domácích podmínkách... od třetího dne byly zakomponovány tréninky o větší intenzitě i objemu. (...) Probíhal především rozvoj obecné vytrvalosti, tempa běhu na úrovni

aerobního a anaerobního prahu.“). Tato skutečnost měla být v práci diskutována minimálně jako metodologická limitace. V metodické části dále chybí výsledky tělesného složení a antropometrie, přestože byla měřena. Nevíme tedy, zda došlo k proporcionální změně mezi zastoupením svalové/tukové tkáně, růstu hmotnosti a růstu obecně nebo dalším změnám – všechny tyto proměnné mohou zásadně ovlivnit výpočet VO_2max relativně k tělesné hmotnosti.

Statistická analýza je jen rámcově popsána. Výstupy ANOVA jsou prezentovány zjednodušeně a bez specifikace efektů (není uváděno, k čemu se hodnota p vztahuje), což snižuje transparentnost. Uvádí se rovněž, že normalita dat byla potvrzena pomocí Shapiro-Wilkova testu, avšak konkrétní hodnoty testu nejsou uvedeny. To je vážný nedostatek, protože bez těchto údajů nelze posoudit, zda je aplikace parametrických testů (např. ANOVA) oprávněná a vhodná pro konkrétní sady dat.

Prezentace výsledků je prakticky pouze deskriptivní. Autor sice prezentuje velké množství grafických dat, ale většina výsledků je pouze popisná. Intervence nejsou doprovázeny srovnáním s kontrolními skupinami, ačkoliv ty v některých případech existovaly. Zcela chybí analýza individuální variability – např. vliv výchozí výkonnosti, míry compliance nebo tělesného vývoje na výsledek intervence. Není ani diskutována možnost non-responderů. Ve výsledcích se uvádí rovněž sporné tvrzení, že po vysokohorské intervenci došlo k signifikantní změně BF (hodnota BF u experimentální skupiny se sice zvýšila z $54,0 \pm 12,1$ na $57,1 \pm 10,7$ dechů/min, tedy o cca 7,5 %), přičemž výstupy ANOVA tento efekt nepotvrzují (při ANOVA analýze však byla zjištěna p -hodnota 0,221, což není statisticky signifikantní změna). Autor zde měl uvést, že se jednalo o trend bez statistické významnosti. Podobně není diskutována skutečnost, že VO_2max se při dechové intervenci mírně snížil (z $54,71$ na $54,04 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, statisticky nevýznamný rozdíl ($p = 0,642$). Avšak následně v textu (v kapitole Diskuze i Závěr) pracuje habilitant s premisou, že dechová cvičení „měla pozitivní vliv na dýchací parametry a vytrvalostní výkon“, aniž by tuto nekonzistenci vysvětlil nebo výsledky dále rozebral. Zde by bylo na místě analyzovat efekt na submaximální parametry (např. VT, VE, BF při 80 % VO_2max), nikoliv jen absolutní maxima.

Největší slabinou práce je ovšem diskuze, která je ve své stávající podobě naprosto nedostatečná. Autor zde sice rekapituluje základní výsledky a hypotézy, ale dále se nezabývá žádnou ze slabin metodiky, neprovádí srovnání s aktuálními studiemi v oblasti hypoxie, respiračních intervencí nebo vývoje v adolescenci. Dále nezohledňuje interindividuální odpovědi, ani implikace pro tréninkovou praxi, neformuluje žádné ucelené doporučení nebo hypotézy pro další výzkum. Pokud se v diskuzi toto objevuje, jedná se pouze o náznaky. V důsledku toho není možné objektivně posoudit, jakým způsobem autor interpretuje svá zjištění v kontextu širšího vědeckého rámce.

K předložené disertační práci mám následující dotazy:

1. Jak autor ověřil, že ventilace je limitujícím faktorem výkonnosti, pokud v práci není uveden výpočet respirační rezervy (BR, breathing reserve) ani žádná zmínka o maximální usilovné ventilaci (MVV, V_{max})? Rozumí tím habilitant ventilační minutový objem VE?
2. Jak autor zohlednil proměnlivost ontogenetického vývoje, výšky a tělesné hmotnosti adolescentů při longitudinálním sledování vývoje VO_2max , pokud nejsou v práci uvedeny ani základní antropometrické údaje a jejich vývoj v čase? Významná část nárůstu

VO₂max v adolescenci je dána somatickým růstem, nikoli pouze tréninkem. Bez uvedení údajů o výšce, hmotnosti či složení těla nelze posoudit, jaký je skutečný podíl tréninkové adaptace na zjištěných změnách.

3. Jak autor vysvětluje, že dechová cvičení nevedla ke změně VO₂max ani ventilačních parametrů VE/VO₂, a přesto jsou výsledky prezentovány jako pozitivní zjištění bez zpochybnění jejich praktického významu?
4. Jak autor zdůvodňuje použití VO₂max (ml·kg⁻¹·min⁻¹) jako hlavního výstupu u rostoucí adolescentní populace, pokud nebyly kontrolovány změny tělesné hmotnosti a složení těla, které mohou tento parametr výrazně zkreslit?
5. Do jaké míry může absence kontrolní skupiny a ignorování ontogenetického vývoje ovlivnit výsledek longitudinální studie? Jak by bylo možné tyto faktory kompenzovat statisticky?
6. Jaký je důvod, že autor neanalyzoval odpovědi na intervence na úrovni ventilačních prahů (VT1, VT2), které by byly citlivějšími ukazateli vlivu dechových cvičení nebo vysokohorské adaptace než absolutní VO₂max? Autor neuvádí žádné prahové metriky, přestože prováděl spiroergometrická měření, kde se běžně získávají. Navíc, intervence (např. dechová cvičení) jsou hodnoceny výhradně na základě absolutních hodnot VO₂max, VE, BF atd., nikoliv dle změn v submaximálních nebo prahových úrovních.
7. Vzhledem k absenci hodnot MVV (Vmax) není možné odvodit respirační rezervu. Jak lze za těchto okolností posuzovat, že dechový systém byl „zatížen na hranici své kapacity“, jak autor tvrdí u části adolescentní populace?
8. Na základě čeho byly zvoleny použité statistické metody ke zpracování dat? Z kapitoly Úkoly práce vyplývá jistá předurčenost zvolených statistických metod bez ověření, zda jsou tyto zvolené metody vhodné pro dané soubory dat.
9. Jak hodnotíte přenositelnost vašich výsledků na jiné věkové kategorie, typy sportovců nebo pohlaví, když nebyla provedena žádná stratifikace souboru?

Předložená habilitační práce uchazeče sice představuje dílčí přínos v oblasti aplikace dechových cvičení a vysokohorského tréninku v mládežnickém sportu, ale jako celek vykazuje závažné nedostatky ve fyziologické interpretaci, metodické konzistenci, statistickém zpracování i diskusi výsledků. Po dlouhém zvažování a s přihlédnutím ke skutečnosti, že se jedná o habilitaci v oboru kinantropologie (což ovšem neznamená možnost pominutí zásadních neznalostí fyziologie tělesné zátěže) doporučuji přijmout habilitační práci pouze **s výhradami, za předpokladu hluboké a kritické diskuse** nad uvedenými slabinami v rámci obhajoby. Poté, v souladu s příslušnými paragrafy novely č. 137/2016 Sb. Zákona o vysokých školách (č. 111/1998 Sb. v podobě pozdějších novel) doporučuji přijetí habilitační práce a udělení titulu docent.

A large black rectangular redaction mark covering the signature of the reviewer.

V Brně dne 8. dubna 2025.