

POSUDEK OPONENTA HABILITAČNÍ PRÁCE

Masarykova univerzita

Uchazeč

PhDr. Petr Bahenský, Ph.D.

Habilitační práce

Vliv vytrvalostního tréninku na respirační parametry adolescentních běžců

Oponent

doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Pracoviště opONENTA, instituce

Katedra přírodních věd v kinantropologii
Fakulta tělesné kultury University Palackého v Olomouci

Obecná charakteristika habilitačního spisu:

Předložená habilitační práce se zaměřuje na změny vybraných respiračních parametrů u adolescentních běžců na střední a dlouhé tratě v kontextu působení respiračních intervencí, environmentálních faktorů a systematického tréninku včetně dospívání. Toto téma považuji za relevantní z hlediska sportovní či zátěžové fyziologie a tréninkové diagnostiky, přičemž jeho praktická využitelnost spočívá v možnostech optimalizace tréninkových plánů na základě individuálních fyziologických předpokladů. Ačkoliv je oblast výzkumu dobře vymezena, v kontextu současného poznání práce nepřináší zcela zásadně nové poznatky. Klíčové výsledky práce jen potvrzují již existující znalosti o vlivu dospívání a vytrvalostního tréninku na vzestup sportovní výkonnosti a růst respirační funkce u adolescentní trénované populace, což by ostatně bylo možné intuitivně predikovat i bez sofistikovaného a longitudinálního vědeckého zkoumání. Na druhou stranu výsledky a závěry krátkodobých intervencí, konkrétně tréninku ve vyšší nadmořské výšce a dechových cvičení na vybrané respirační parametry poskytují, podle mého názoru, zajímavé a v tréninkové praxi dobře uplatnitelná zjištění. Navíc, stěžejní vědecké poznatky pocházející právě z krátkodobých experimentů autor již úspěšně publikoval jako hlavní autor v zahraničních časopisech s impakt faktorem (*Medicina a Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*), což jenom dokresluje tematickou atraktivitu zvolených krátkodobých intervencí.

Habilitační spis je zpracován celkově na 176 stranách, které se člení do osmi základních kapitol, když pominu neindexovanou kapitolu Referenční seznam. Struktura spisu je logická, nicméně rozsah jednotlivých kapitol nepovažuji za zcela adekvátní významu dané problematiky a typu práce, a to především z důvodu značné disproporce mezi kapitolou Výsledky (str. 58 až 150) a Diskuze (str. 151 – 156). Kapitolu Přehled poznatků (str. 11 až 44) svým rozsahem považuji za přiměřenou, ale informace v ní jsou místy zbytečně deskriptivní. Kapitola Metodika práce by si zasloužila podrobnější specifikaci

provedených experimentů, zejména co se týče popisu intervenčních protokolů, což bude podrobně popsáno dále. Objem literárních zdrojů, o které se autor opíral při vypracování spisu, je dostatečně robustní a z větší části je tvořen relevantní zahraniční studiemi, avšak očekával bych větší počet odkazů na nejnovější studie.

Detailnější rozbor a vyjádření k hlavním kapitolám habilitační práce:

Syntéza poznatků je vcelku logicky uspořádaná a obsahuje základní atributy zkoumané problematiky. Za klad považuji zařazení přehledného shrnutí na konce kapitoly. V kontextu působení vytrvalostního tréninku v kapitole však absentuje velmi důležitá subkapitola adaptace, ve které se autor bude explicitně věnovat podrobnějšímu rozboru projevů a průběhu adaptace klíčových parametrů provázejících tréninkový proces a které mohou mít souvislost s případnými změnami vybraných respiračních ukazatelů v klidu a během zatížení různé intenzity. S ohledem na těžiště výzkumu bych také očekával detailnější autorův rozbor vysokohorského tréninku, nastalých hematologických a nehematologických adaptací, kvantitativní popis změn v respiračních a výkonnostních parametrech v důsledku aplikace konkrétního modelu vysokohorské přípravy včetně aplikované nadmořské výšky viz Bailey, (1997), Mujika et al., (2019), Wilber (2021), Millet et al. (2020), Millet et al., (2010) atd. V kapitole se vyskytují zavádějící až nepřesná tvrzení. Konkrétně na str. 17 a 18 se uvádí, že *morfologické předpoklady jsou víceméně dané a nedají se v zásadě ovlivnit*. Za morfologické parametry se považuje i tělesná hmotnost či zastoupení tělesného tuku, což jsou podle mého názoru komponenty, které se tréninkem, popřípadě dietologickým zásahem dají modifikovat relativně snadno. Naopak tréninkem podle mých poznatků nelze změnit poměrové zastoupení jednotlivých typů svalových vláken, když odhlédnu od specifických funkčních adaptací na konkrétním typu svalového vlákna. Na str. 24 autor uvádí, že *trénink je zvláštní typ adaptace*. Domnívám se, že trénink je spíše stresový podnět k vyvolání adaptace, nikoliv adaptací sám o sobě. Můžeme polemizovat nad uvedeným tvrzením, že *dýchací systém je determinant vytrvalostního výkonu* (str. 27.). Za fyziologických podmínek totiž platí, že za klíčové determinanty vytrvalostního výkonu je považována hodnota VO_{2max} (výkon srdce + extrakce O_2 svalovou buňkou), ekonomika pohybu, % úroveň anaerobního prahu nebo MLSS z VO_{2max} a v neposlední řadě odolnost (fyzická a mentální resilience) vůči nastalé únavě (Jones et al., 2025). Na str. 39 autor uvádí, že *ventilace je do úrovně $VT2$ řízena pCO_2 a nad touto intenzitou už jen na základě pH*. Prosím o bližší vysvětlení regulačního mechanismu. Na str. 40 autor tvrdí, že *se stoupající hodnotou VE/VO_2 roste stupeň využití kyslíku*. Podle mého názoru rostoucí hodnota VE/VO_2 pouze indikuje vyšší nároky kladené na dýchací systém k získání

1 l O₂, čímž se zhoršuje ekonomika jeho práce. V syntéze poznatků se opakovaně objevují tvrzení, která nejsou opatřena příslušnou citací.

Cíle, úkoly a hypotézy

Byl formulován hlavní a pět dílčích cílů práce, jejichž formulaci považuji za logickou a srozumitelnou. Dílčí cíle práce se částečně překrývají a některé aspekty výzkumu nejsou dostatečně propojeny s teoretickou částí. Dále si autor v práci stanovil šest hypotéz, ke kterým nemám výhrady.

Metodika

Kapitola obsahuje standardní subkapitoly, které se týkají charakteristiky souboru, časoprostorovém uspořádání jednotlivých dílčích výzkumů, popis sledovaných proměnných, zdůvodnění jejich výběru, způsobu testování a použité statistické nástroje, které považuji za odpovídající. Autor v případě výběru probandů do longitudinální i krátkodobých intervencí správně podotýká, že nejde o reprezentativní výběr a výsledky nelze zobecňovat.

Na str. 50–51 autor nastiňuje provedení dílčího experimentu ověřující efekt tréninku ve středohoří (1000 m. n. m), pro kterou využil i kontrolní skupinu. Po přečtení tréninkové náplně experimentální a kontrolní skupiny se však čtenář dozvídá, že obě skupiny podstupovaly stejné zatížení, což je však dále v textu popřeno. Dále autor zmiňuje, že se upravovalo tempo, protože v 1000 m. n. m. se již projevuje efekt snížené dostupnosti kyslíku. Byla tedy hodnocena odezva organismu, která by verifikovala, že sportovci začínají “trpět” hypoxií, jako např. monitorování saturace krve kyslíkem, ranní srdeční frekvence, popřípadě variabilita SF (Botek et al., 2017), nebo skórování subjektivních metrik dotazníku Lake Louise Score (Roach et al., 2018)?

Longitudinální studie postrádá kontrolní skupinu, což snižuje validitu zjištěných změn, přestože se autor snažil elegantně nahradit neexistenci kontrolní skupiny normativy běžné populace. Z metodiky však není zcela zřejmé, jaké časové okno pro věkovou hranici probandů bylo použito pro finální analýzu výsledků, protože se ve výsledcích objevují sportovci, kteří byli sledováni např. ve věku mezi 10-17 let nebo 12,5-19,5 let, nebo naopak mezi 16,5-18 lety, což z logicky věci musí mít na výsledky svůj vliv. V metodice se dále uvádí, že probandi kromě spirometrie a spiroergometrie podstupovali i hodnocení základních antropometrických měření včetně hodnocení změn tělesného složení. Bohužel výsledky dynamiku v čase těchto parametrů neposkytují. Byl k jejich nezveřejnění nějaký relevantní důvod? Konkrétně uvedení dynamiky hodnoty např. SF_{max}, jejíž hodnota se mění s věkem, což dohromady s tréninkovým efektem mohlo, podle mého názoru, u dospívajících sportovců významně přispět k ovlivnění sledovaného parametru tepový kyslík (VO₂/SF).

Z hlediska statistiky postrádám uvedení buď v metodice nebo ve výsledcích práce výsledky analýzy normality dat, autor se zde spokojil pouze s konstatováním, že *normalita dat byla potvrzena pomocí Shapiro-Wilkova testu*.

Výsledky

Výsledky jsou prezentovány spíše deskriptivním způsobem, i když už zde autor projevils snahu o jejich interpretaci a zasazování do kontextu. Domnívám se, že grafické výstupy, které prezentovaly pouze výsledky experimentálních skupin, svojí extrémní četností snížily přehlednost výsledků. Výsledky jednotlivých studií mohly být prezentovány přehledně v tabulkách včetně kontrolních skupin, tak jako tomu bylo u publikovaných výstupů. Navíc, čitatel se může z poskytnutých p hodnot jen kontextuálně domnívat, co ona hodnota doopravdy označuje, protože autor pro porovnání výsledků použil velmi správně dvoufaktorovou ANOVU, ale prezentuje pouze jednu hodnotu p . Prosím o zdůvodnění tohoto postupu.

Z výsledků vlivu dechových cvičení na respirační parametry včetně hodnoty $VO_2\text{max}$ vyplývá, že aplikovaná intervence sice dílčím způsobem mění některé respirační parametry, nikoliv však $VO_2\text{max}$ nebo VE/VO_2 , a dle autora, nebyl její vliv zkoumán ani ve vztahu ke změně běžecké výkonnosti. Zamýšlel se autor nad analýzou sledovaných parametrů na úrovni ventilační prahu ($VT1$ a $VT2$), kde by se eventuelně mohly projevit pozitivní vlivy respiračních cvičení?

Trénink ve vyšší nadmořské výšce je standardním přístupem ke zvyšování výkonnosti ve vytrvalostních disciplínách po návratu zpět do nížiny. Z uvedených výsledků str. 64-71 je patrné, že vlivem tréninku ve středohoří došlo ke zvýšení relativní hodnoty $VO_2\text{max}$, ale bez kvalitativní změny v dýchání. Je tento výsledek podle autora důsledkem čistě efektem geografické změny lokace absolvování tréninků nebo kombinací udávané hypoxie a tréninku v ní v kontextu jiného tréninkového zatížení kontrolní skupiny?

Na str. 78 autor uvádí, že vlivem pobytu a tréninku ve vyšší nadmořské výšce (Livigno, 1860 m. n. m.) došlo k signifikantní změně dechové frekvence (BF – značka používaná ve spise), avšak výsledky ANOVY ze strany 75. ukazují na nesignifikantní změnu tohoto parametru. Prosím o vysvětlení rozporu ve tvrzeních.

Na základě výsledků longitudinální studie autor konstatuje, že vlivem dospívání a tréninku dochází k významnému zlepšení sledovaných respirační ukazatelů včetně hodnoty $VO_2\text{max}$ vůči normativu, což je ostatně výsledek, který nikterak nevybočuje ze současného poznání v oblasti sportovní fyziognomie. Za zajímavé zjištění této studie však považuji minimální efekt tréninku a dospívání na maximální hodnotu dechové frekvence, která byla mimochodem u specifické sportující populace významně vyšší, než je populační normativ. Za užitečné v tomto kontextu by bylo sledovat nebo uvést také hodnoty

respirace v klidu, zda kombinovaný efekt tréninku a dospívání nepovede k projevům bradypnoe. Za prospěšné považuji prezentaci individuálních odpovědí sledovaných respiračních parametrů, které byly pozitivně asociovány s dosaženou tělesnou výškou a s výkonností. Přestože autor dospěl k silným korelacím mezi vybranými respiračními parametry a dosahovanou sportovní výkonností, jsem toho názoru, že autor význam respiračních parametrů v kontextu determinace běžeckého výkonu nadhodnocuje. Není pochyb o tom, že sledování vývoje respiračních ukazatelů má směrem k maximalizaci sportovního výkonu svou diagnostickou, preventivní i profylaktickou indikaci. Na druhou stranu je zcela logické, že sledované parametry přímo ovlivňující hodnoty VO_{2max} , jako např. ventilace, nebo jsou z nich odvozené - VO_2/SF , budou vykazovat taktéž vysokou korelaci s výkonem, protože zmíněné parametry jsou ovlivněny tréninkem společně s dospíváním (výškou, hmotností a plochou těla).

Diskuze a Závěr

Kapitola je svým rozsahem na tento typ práce neobyčejně strohá (necelých 6 str.). Působí příliš obecným dojmem, protože se v ní autor uchýlil mnohdy pouze k repetici již zmíněných informací z přehledu poznatků, které doplnil o výsledky a o vyjádření se k hypotézám, avšak bez hlubší analýzy a širšího objasnění. Orientaci v kapitole by usnadnila její lepší struktura, což by ostatně napomohlo i k ucelené a podrobnější interpretaci výsledků z dílčích studií a jejich komparace s ostatními autory. Daleko rozsáhlejší diskusi by, podle mého názoru, zasloužily výsledky studií zabývající se aplikací vysokohorského tréninku na respirační parametry. Dále jsem v kapitole očekával hlubší zamyšlení nad příčinami zjištěné vyšší dechové frekvence u zkoumané populace atletů oproti normativu v longitudinální studii, protože už skutečnost, že sportovci běhají jiné distance, které jsou v literatuře asociovány s jinými nároky na metabolismus, homeostatickou regulaci a projevy adaptace, mohou mít vliv na úroveň dechové frekvence a na dechový vzor obecně. Oceňuji, že autor je si dobře vědom limit výzkumu, které také neopomenul zmínit. V Závěru práce autor sumarizuje dosažené výsledky výzkumu a vyjmenovává praktická uplatnění zjištěných poznatků do sportovní praxe.

Celkové hodnocení a způsobilost práce k obhajobě:

Předložená habilitační práce se zabývá nesporně relevantním tématem, ale její vědecký přínos v kontextu aktuálních poznatků v kinantropologii a světového písemnictví je poněkud omezenější. Jsem však toho názoru, že i přes uvedené výtky k metodologii, interpretaci výsledků a nepříliš robustní diskusi, habilitační práce přináší důležité, a především do tréninkové praxe velmi cenné informace,

které mohou přispět k optimalizaci tréninkového zatížení a maximalizace tréninkového efektu u sportující mládeže.

Dotazy oponenta k obhajobě habilitační práce (počet dotazů dle zvážení oponenta)

Prosím o bližší vysvětlení regulačního mechanismu ventilace pouze na základě pH bez regulačního vlivu CO₂ na dechové centrum ve vysokých intenzitách.

Bylo pro objektivní komparaci velikosti zatížení experimentální a kontrolní skupiny při zkoumání vlivu tréninku ve středohoří použito objektivních metrik jako např. TRIMPS (Banister, 1991; Edwards, 1992)?

Čím si autor vysvětluje těsnější vztah mezi hodnotou VO₂max a dosaženou běžeckou výkonností u dívek než u chlapců?

Závěr

Habilitační práce PhDr. Petra Bahenského, Ph.D. „Vliv vytrvalostního tréninku na respirační parametry adolescentních běžců“ **splňuje** požadavky standardně kladené na habilitační práce v oboru Kinantropologie.

V Olomouci

Dne 31. 03. 2025

doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D. v.r.