

SROVNÁNÍ VYŠETŘENÍ FYZICKÉ ZDATNOSTI NA BICYKLOVÉM ERGOMETRU A BĚHÁTKU PRO ÚČELY PRIMÁRNĚ PREVENTIVNÍHO VYŠETŘENÍ

COMPARISON OF PHYSICAL FITNESS EXAMINATIONS MEASURED ON BICYCLE ERGOMETER AND TREADMILL FOR THE PURPOSE OF PRIMARY PREVENTIVE EXAMINATION

PAVEL ŘIMÁK^{1, 2}, JINDŘICH FIALA^{1, 2}, ŠÁRKA KUNZOVÁ^{1, 2}, PETR KAŇOVSKÝ

¹Ústav preventivního lékařství, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita, Brno

²Mezinárodní centrum klinického výzkumu, Cardio 6, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Brno

SOUHRN

Cílem této pilotní studie bylo srovnat výsledky ze dvou používaných nepřímých metod pro stanovení maximální spotřeby kyslíku (odhadu $\text{VO}_{2\text{max}}$) a zhodnotit jejich využitelnost pro posuzování fyzické zdatnosti v rámci primárně preventivního vyšetření. K tomuto srovnání jsme použili Cooperův 12minutový běžecký test (CT 12) na běhátku a stupňovaný zátěžový test na bicyklovém ergometru (BE) do maxima. Naše výsledky ukázaly signifikantně nižší hodnoty odhadu $\text{VO}_{2\text{max}}$ z CT 12 na běhátku oproti stupňovanému zátěžovému testu na BE do maxima napříč různými skupinami populace. V celkovém souboru byly tyto hodnoty v průměru o 8,6 % ($p < 0,001$) nižší. Rozdíly v odhadech $\text{VO}_{2\text{max}}$ se lišily svojí mírou v jednotlivých skupinách podle trénovanosti a převažujícího typu pohybové aktivity; největší rozdíly mezi oběma testy byly u cyklistů (–12,0 %), studentů medicíny (–10,9 %) a „nevyhraněných“ (–10,4 %) a u těchto skupin dosáhly rovněž statistické významnosti ($p < 0,01$). Podstatně nižší rozdíly byly naopak u běžců (–4,6 %, statisticky nevýznamné) a ve skupině triatlonistů prakticky žádné rozdíly nebyly. Výsledky a pozorování z tohoto pilotního testování naznačují, že CT 12 na běhátku je oproti stupňovanému testu na BE do maxima podstatně náchylnější k vlivům jako trénovanost, převládající typ pohybové aktivity, motivace apod.

Po celkovém zhodnocení výsledků se nám pro vyšetření fyzické zdatnosti v rámci primárně preventivního vyšetření u běžné populace s průměrnou, ale i mírně nadprůměrnou fyzickou zdatností jako vhodnější jeví stupňovaný zátěžový test na BE do maxima.

Klíčová slova: fyzická zdatnost, zátěžové testy, Cooperův test, bicyklová ergometrie

SUMMARY

The aim of this pilot study was to compare the results of two commonly used indirect methods of assessing maximum oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$ estimation) and to assess the applicability of these two methods for physical fitness assessment of an individual as part of primary preventive examination. For this comparison we selected the Cooper run/walk test (CT 12) on a treadmill and an incremental maximum test on a bicycle ergometer (BE).

Our results showed significantly lower $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimations gained from CT 12 on a treadmill in comparison to incremental maximum testing on a BE in the population groups examined. In total the results were lower by about 8.6% on average ($p < 0.001$). The differences varied in the groups according to how trained the subjects were and according to the prevailing type of their physical activity. The highest differences between the two tests appeared in the group of cyclists (–12.0%), medical students (–10.9%) and in the group of subjects without a preferred type of physical activity. In these groups the differences were also statistically significant ($p < 0.01$). They were less substantial in the group of runners (–4.6%, statistically insignificant), and in the group of triathletes there were practically no differences. This suggests that a CT 12 on a treadmill is much more susceptible to influences such as training experience, prevailing type of physical activity and motivation compared with an incremental maximum test on a BE.

Evaluation of results leads us to consider incremental maximal testing on a BE a more suitable tool for assessing physical fitness in the averagely trained and slightly above-averagely trained population.

Key words: physical fitness, endurance tests, Cooper walk/run test, bicycle ergometry

Úvod

Součástí komplexního primárně preventivního vyšetření by mělo být i posouzení fyzické zdatnosti jedince. Zatímco úroveň obvykle prováděné pohybové aktivity (a její parametry jako frekvenci, délku a intenzitu) zjišťu-

jeme zpravidla anamnesticky, dotazníkovým způsobem (např. Mezinárodní dotazník pohybové aktivity – IPAQ), pro objektivní posouzení aktuální fyzické zdatnosti je potřeba vystavit jedince některému ze zátěžových testů. Pro testování fyzické zdatnosti (ve smyslu aerobní kapacity) je celá řada možností. Uvažujeme-li testování

pouze v místnosti (laboratoři), nikoliv např. na atletickém oválu (tzv. terénní testy), potom nejběžnějšími dvěma způsoby jsou dnes využití bicyklového ergometru (BE, stacionárního bicyklu) a běhátko. Zatímco BE je více využíván v evropských zemích, v USA je tradičnějším vyšetřovacím přístupem běhátko. Oba přístroje jsou využívány nejen v preventivní medicíně, ale bohatou historii užití mají především v zátěžové diagnostice v interní medicíně (kardiologii), ve sportovním lékařství a rehabilitaci k posuzování funkční zdatnosti, stavu trénovanosti či pracovní kapacity jedince, při diagnostikování zátěže, když posuzujeme trénovanost u zdravých jedinců a sportovců a při lokomotorické rehabilitaci. Každý z těchto přístrojů má své specifické vlastnosti, výhody a nevýhody (1, 2). V rámci obou metodik existuje celá řada vyšetřovacích protokolů, přičemž konkrétní forma testu se může značně lišit v mnoha aspektech, včetně požadavků na vyšetřovanou osobu. Nejinak je tomu i u námi zvolených dvou vyšetřovacích testů, které jsme se rozhodli blíže prozkoumat a posoudit jejich využitelnost pro účely vyšetření fyzické zdatnosti v rámci primárně preventivního vyšetření. CT 12 na běhátku a stupňovaný zátěžový test na (BE) do maxima se do značné míry liší v podmínkách týkajících se nejen druhu zátěže, nýbrž i její délky a obsahu, jakožto i rozdílů v energetickém metabolismu. Oba vyšetřovací přístupy jsou známými a užívanými prostředky k nepřímému stanovení maximální spotřeby kyslíku (odhadu VO_2max). Hodnota VO_2max je všeobecně uznávána jako nejlepší jednotlivý ukazatel a mezinárodní standard aerobní složky fyzické zdatnosti – zdatnosti kardiovaskulární (3). V rámci výstupního protokolu nám obě metodiky hodnotu VO_2max automaticky poskytují i s dalšími výstupními parametry proběhlého zátěžového testu.

Na základě výše uvedených skutečností jsme si položili otázku, do jaké míry jsou výsledky z obou metodik srovnatelné, zda jsou metodiky vzájemně zastupitelné a jaká je jejich celková využitelnost pro naše účely. Cílem této pilotní studie tedy bylo srovnat výsledky ze dvou nepřímých metod stanovení odhadu VO_2max a kriticky zhodnotit jejich využitelnost pro posuzování fyzické zdatnosti v rámci primárně preventivního vyšetření.

Metodika

Soubor

Testování se zúčastnilo celkem 52 dobrovolníků (26 zdravých mladých mužů a 26 zdravých mladých žen) s různou úrovní fyzické trénovanosti. Nábor do studie probíhal formou internetové inzerce a nabídky studentům v rámci výuky praxe preventivního lékařství. Mezi zúčastněnými byli studenti 5. ročníku všeobecného lékařství Lékařské fakulty Masarykovy univerzity (LF MU; $n = 19$), amatérští běžci ($n = 11$), cyklisté ($n = 10$), triatlonisté ($n = 4$) a klienti Centra prevence při LF MU bez vyhraněné preference běhu či cyklistiky ($n = 8$). Všichni zúčastnění podepsali informovaný souhlas. Charakteristiky souboru, včetně antropometrických údajů, jsou shrnuty v tabulce 1.

Metodika vyšetření

Každý jedinec podstoupil oba typy testů v náhodném pořadí s časovým odstupem 2–7 dní. Oba testy probíhaly též v podobnou denní dobu, abychom vyloučili možné

výkyvy ve fyziologických pochodech organismu a podávaných výkonech dané vlivem cirkadiánních rytmů (4). Testovaní byli poučeni, aby se vyhnuli konzumaci alkoholu, tabáku, jiných návykových látek či požití většího množství jídla a nadměrně intenzivní pohybové aktivitě v definovaném časovém intervalu před testem, zatímco lehký fyzický trénink jim byl dovolen.

Pro potřeby posouzení fyzické zdatnosti je nejdůležitějším výstupem z obou metodik odhad VO_2max . Je nutno zdůraznit, že obě námi použité metodiky se řadí k metodikám nepřímým, tzn. že hodnotu VO_2max pouze odhadují. U CT 12 (v terénu či na běhátku) se tak děje na základě korelace s uběhnutou (absolvovanou) vzdáleností v metrech či kilometrech (pozn.: v evropském prostředí se udává uběhnutá vzdálenost při CT 12 zpravidla v metrech, v USA v yardecích). U stupňovaného zátěžového testu na BE do maxima je hodnota VO_2max odvozena z maximálního dosaženého jednotkového výkonu (P_i) ve $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$, což je do jisté míry analogie s CT 12. Druhým způsobem je využití matematické analýzy lineární regrese, která využívá extrapolace na predikovanou maximální srdeční frekvenci testovaného dle věku a pohlaví (TFmax-predik). Pro porovnání odhadů VO_2max jsme u BE využili jen prve zmíněný způsob (dle skutečně ušlapaného výkonu). Odhady VO_2max z CT 12 jsou odvozeny taktéž od skutečně dosaženého výkonu (uběhnuté vzdálenosti), navíc odhady TFmax-predik přinášejí do výpočtu další nepřesnosti kvůli vysoké variabilitě TFmax v populaci (Fox, 1971: $\text{TFmax} = 215,4 - 0,9147 \cdot \text{věk}$, $r = 0,51$; 2 SD = až ± 21 tepů/min) (5).

Běhátko: Pro testování jsme použili běhátko Tunturi T85 Endurance. Software T-Ware přístroje Tunturi nabízí pro vyšetření fyzické zdatnosti několik možností (3 chodecké a 3 běžecké protokoly). Pro jeho známost, široce rozšířené použití, atraktivitu a zároveň optimální dobu trvání zátěže jsme pro naše pilotní testování zvolili 12minutový běžecký test (Cooper walk/run test, CT 12). Podstatou testu je absolvovat (během, chůzí či kombinovaně) co nejdelší vzdálenost za 12 minut. CT 12 se obvykle provádí v terénu na ploché dráze s viditelně označenými ukazateli vzdálenosti. Je možné jej adaptovat na běhátko, ale je potřeba simulovat venkovní podmínky 1% inklinací běžeckého pásu (6). Samotnému testu předcházelo 4–6minutové zahřátí na běhátku, během něhož si proband vyzkoušel obsluhu přístroje, způsob pohybu na něm a psychicky i fyzicky se připravil na samotný test. Poté následovala kratší 2–3minutová pauza na protažení, zklidnění a zkoncentrování se na samotný běžecký test. Testovanému byla snímána tepová frekvence (TF) pomocí hrudního pásu (model Polar T34). Aktuální hodnota TF byla vizualizována na displeji ovládacího panelu běhátko a testovanému byla známa. Na nastavení počáteční rychlosti běžeckého pásu (děje se jednoduchou manipulací na panelu Tunturi 2 tlačítka) se mohl testovaný předem domluvit s vyšetřujícím, po zbytek testu byla již rychlost plně v režii probanda. Jednotnou instrukcí bylo zadání: „Uběhni, kolik nejvíce můžeš, během následujících 12 minut!“ Dovoleno byl běh, chůze nebo kombinace obojího. Testovaní byli povzbuzeni, aby vynaložili maximální úsilí, ale sami si udávali tempo, přidávali si rychlost, pokud se cítili pohodlně s dechem, aby si rychlost snížili, pokud by cítili potíže s dechem či únavu. Měli běžet tak, aby si na konci testu mohli říct, že během oněch 12 minut nemohli uběhnout větší vzdá-

Tab. 1: Charakteristika vyšetřovaného souboru a jednotlivých skupin

	Celý soubor			Běžci			Cyklisté		
	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady
	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD
Počet osob	26	26	52	8	3	11	7	3	10
Věk (roky)	29,3 ± 6,3	26 ± 5,4	27,7 ± 6,1	27,5 ± 2,9	25,7 ± 1,9	27 ± 2,8	26 ± 4,9	27,7 ± 2,9	26,5 ± 4,5
Hmotnost (kg)	77,8 ± 15,2	60,1 ± 5,9	69 ± 14,6	70,3 ± 6,8	54,4 ± 3,2	65,9 ± 9,3	72,3 ± 7,0	64,9 ± 3,1	70,1 ± 7,0
Výška (cm)	180 ± 6,6	168 ± 6,5	174 ± 8,9	179,2 ± 5,2	163,3 ± 4,4	174,9 ± 8,6	176,9 ± 2,8	167,7 ± 5,2	174,2 ± 5,6
BMI (kg.m ⁻²)	24 ± 4,4	21,3 ± 1,6	22,6 ± 3,6	21,7 ± 2,2	20,3 ± 0,4	21,5 ± 2,0	23,1 ± 2,4	23,1 ± 0,9	23,1 ± 2,1
	Studenti LF			Triatlonisté			Nevyhranění		
	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady
	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD	Průměr ± SD
Počet osob	3	16	19	2	2	4	6	2	8
Věk	25 ± 1	24 ± 1,3	24,2 ± 1,3	42 ± 1	27 ± 0	34,5 ± 7,5	33,7 ± 5,5	38,5 ± 12,5	34,9 ± 8,1
Hmotnost (kg)	84,2 ± 15,2	61,6 ± 5,7	65,1 ± 11,2	74,5 ± 6,9	52,3 ± 1,3	63,4 ± 12,2	92,3 ± 21,2	57,6 ± 1,1	83,7 ± 23,7
Výška (cm)	182,5 ± 1,8	170,1 ± 6,7	172,1 ± 7,7	184,3 ± 7,3	161 ± 3,5	172,6 ± 12,9	182,2 ± 9,9	165,8 ± 3,8	178,1 ± 11,3
BMI (kg.m ⁻²)	25,3 ± 4,4	21,3 ± 1,8	21,9 ± 2,6	21,9 ± 0,3	20,2 ± 0,4	21 ± 0,9	27,8 ± 6,3	21,0 ± 1,4	26,1 ± 6,2

BMI (kg.m⁻²) – index tělesné hmotnosti

lenost (6, 7). Při běhu se neměli přidržovat postranních madel přístroje, aby nedocházelo k nadnášení těla.

Vyhodnocení testu bylo prováděno pomocí PC softwaru T-Ware, dodaného s běhátkem. Nejdůležitější výstupní hodnotou testu je odhad $\dot{V}O_2\max$, který je součástí výstupní zprávy. Výrobce neuvádí konkrétní způsob výpočtu $\dot{V}O_2\max$, ale matematickou analýzou jsme zjistili, že uběhnutá vzdálenost byla jediným kritériem (nezávislou proměnnou) pro odhad $\dot{V}O_2\max$ z CT 12. Byl zjištěn tento vztah: $\dot{V}O_2\max$ ($\dot{V}O_{2peak}$) [ml.kg⁻¹.min⁻¹] = -4,38 + 20,21 . dkm (kde dkm je uběhnutá vzdálenost v kilometrech). Dalším v literatuře uváděným vzorcem pro výpočet (odhad) $\dot{V}O_2\max$ z CT 12 je např.: $\dot{V}O_2\max = 22,36 \cdot dkm - 11,29$ (6, 8); kde dm je uběhnutá vzdálenost v metrech; pro $\dot{V}O_2\max$ je platná jednotka [ml.kg⁻¹.min⁻¹]).

Bicyklový ergometr: U bicyklové ergometrie jsme použili přístroj Ergoline – Ergoselect 200K. Samotný přístroj nedisponuje žádnou nabídkou protokolů pro testování fyzické zdatnosti, k tomu bylo nezbytné zakoupit speciální software Opticare (výrobce Ergoline) a přístroj propojit s PC. Použili jsme verzi Opticare Professional v.3. Pro vlastní vyšetření jsme z nabídky zvolili stupňovaný (progresivní) protokol zátěžového testu – tzv. stupňovaný test bez přestávek do maxima (4). Počáteční zátěž byla pro muže 50 W a pro ženy 40 W, další nárůst zátěže byl o 25 W každé 2 minuty pro muže a o 20 W/2min pro ženy skokově. Požadovaný počet otáček byl 55–65 ot/min, ke konci testu se nároky na počet otáček zvyšovaly (72 ot/min a více). Testovaným jsme na vrcholu zátěže umožnili šlapat s vyššími otáčkami (výhodnější z ergonomického hlediska) pro „minimalizaci lokální svalové únavy a pohodlnou kadenci pro poměrně fyzicky zdatnější jedince“ (9). Test končil za asistence vyšetřujícího v momentu, kdy již proband nebyl schopen ušlapat požadovaný počet otáček (minimálně 55 ot/min), cítil nepřekonatelnou svalovou únavu, celkové vyčerpání nebo již dále nerostla jeho TF. TF byla snímána pomocí hrudního pásu (model Polar T34 nebo T31), který je vybaven bezdrátovým přenosem (přijímač je součástí BE). Zátěžový test je posuzován jako

přijatelný, je-li splněno jedno nebo více z následujících kritérií: 1) RER (respiratory exchange ratio, respirační výměnný koeficient $\geq 1,0$; 2) dosažená $TF_{\max} > 90\%$ $TF_{\max}$ -predik; 3) jsou přítomny známky intenzivní námahy (hyperventilace, faciální flush) nebo 4) neschopnost udržet požadovaný počet otáček (minimálně 55 ot/min) (10). (Pozn.: kritéria pro dosažení maxima jsou ještě přísnější, uvádí se $RER \geq 1,10$; u rizikovějších probandů $\geq 1,05$.) Pro povahu našeho testování nepřímým měřením – odhadem $\dot{V}O_2\max$ – jsme pro posuzování přijatelnosti testu využili jen kritéria 2)–4). Důležitým momentem zátěžového testu byl jeho samotný závěr, kdy bylo potřeba určité zkušenosti a komunikace s vyšetřovaným, aby došlo k ukončení testu ve správnou chvíli. Po dosažení subjektivního maxima jsme testovanému ponechali 2–5 minut na vyšlapání nohou na ergometru (tzv. cool-down fáze) při nízké zátěži (40–50 W).

Vyhodnocení testu bylo provedeno pomocí programu Opticare Professional v.3. Nejdůležitější hodnotou výstupní zprávy je podobně jako u CT 12 odhad $\dot{V}O_2\max$ (pozn.: program Opticare kromě jiných funkcí nabízí pro tento účel přímo možnost „testování $\dot{V}O_2\max$ “). Matematickou analýzou jsme zjistili, že P_i ve $W.kg^{-1}$ byl jedinou nezávislou proměnnou použitou pro odhad $\dot{V}O_2\max$ u námi užitého protokolu zátěžového testu na BE (výrobce přesný způsob výpočtu $\dot{V}O_2\max$ neuvádí). Zjistili jsme vztah: $\dot{V}O_2\max$ [ml.kg⁻¹.min⁻¹] = $4,07 + 12,19 \cdot P_i$, vyjadřující lineární závislost odhadu $\dot{V}O_2\max$ na jednotkovém výkonu, který je dán podílem $P_i = P_{\max}/m$, kde P_i je maximální jednotkový výkon, $P_{\max}$ je maximální celkový dosažený výkon a m je hmotnost probanda v kilogramech.

Statistická analýza

Hlavním hodnocením bylo porovnání odhadů $\dot{V}O_2\max$ odvozených z objektivně změřených ukazatelů výkonnosti dosažených při obou testech. Statistická významnost těchto rozdílů byla hodnocena párovým t-testem (jednalo se o opakované měření u stejného souboru vyšetřených). Stejným způsobem jsme porovnávali i rozdíly v maximální dosažené tepové frekvenci ($TF_{\max}$). Uve-

Tab. 2: Souhrnné výsledky z Cooperova testu na běhátku a stupňovaného zátěžového testu na bicyklovém ergometru do maxima

	Celý soubor				Běžci				Cyklisté			
	Muži		Ženy		Muži		Ženy		Muži		Ženy	
	Průměr ± SD	26	Průměr ± SD	52	Průměr ± SD	8	Průměr ± SD	3	Průměr ± SD	7	Průměr ± SD	3
Počet osob												
$VO_2 \text{ max} - \text{CT } 12 \text{ (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$	46,5 ± 9,7	189 ± 9	36,4 ± 8,3	189 ± 10	41,5 ± 10,3	51 ± 4,9	46,8 ± 8,5	189 ± 5	49,9 ± 6,4	50,3 ± 7,8	38,4 ± 7,0	46,7 ± 9,3
TFmax – CT 12												
Délka (km) – CT 12	2,52 ± 0,48		2,02 ± 0,42		2,27 ± 0,51	2,68 ± 0,2	2,54 ± 0,4		2,68 ± 0,3	2,71 ± 0,39	2,12 ± 0,35	2,54 ± 0,46
$VO_2 \text{ max} - \text{HR-BE (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$	54,1 ± 11,8		43,6 ± 10,3		48,9 ± 11,8	56,7 ± 5,8	52,5 ± 8,1		55,4 ± 6,9	61,4 ± 5,7	50,5 ± 2,7	58,3 ± 7,0
$VO_2 \text{ max} - \text{ET-BE (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$	49,9 ± 10,7		40,8 ± 7,3		45,4 ± 10,2	53,8 ± 6,1	48,3 ± 7,9		52,3 ± 7	56,2 ± 8,8	46 ± 3,4	53,2 ± 8,9
TFmax – BE	186,0 ± 12,0		187,0 ± 8,0		186,0 ± 10,0	186,8 ± 6,8	182,7 ± 4,5		185,6 ± 6,5	187,6 ± 6,3	184,0 ± 5,0	186,5 ± 6,2
Pmax (W) – BE	279 ± 37		182 ± 34		230 ± 60	280,5 ± 28	198 ± 24,7		258 ± 45,6	305 ± 43,3	225 ± 26,9	281 ± 53,6
Pi (W.kg ⁻¹) – BE	3,7 ± 0,8		3 ± 0,6		3,4 ± 0,8	4 ± 0,4	3,7 ± 0,7		3,9 ± 0,5	4,3 ± 0,7	3,4 ± 0,2	4,0 ± 0,7
	Studenti LF				Triatlonisté				Nevyhranění			
	Muži		Ženy		Muži		Ženy		Muži		Ženy	
	Průměr ± SD	3	Průměr ± SD	16	Průměr ± SD	2	Průměr ± SD	2	Průměr ± SD	6	Průměr ± SD	2
Počet osob												
$VO_2 \text{ max} - \text{CT } 12 \text{ (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$	44,7 ± 11,2		32,5 ± 3,5		34,4 ± 6,7	53,6 ± 0,7	52,2 ± 4,6		52,9 ± 3,4	34,6 ± 7,4	33,6 ± 7,5	34,3 ± 7,5
TFmax – CT 12	201 ± 9,5		190 ± 11,7		192 ± 11,9	174,5 ± 2,5	192,5 ± 1,5		183,5 ± 9,2	185 ± 6,2	179 ± 12	183,5 ± 8,5
Délka (km) – CT 12	2,43 ± 0,56		1,82 ± 0,18		1,92 ± 0,34	2,88 ± 0,04	2,81 ± 0,24		2,84 ± 0,17	1,93 ± 0,37	1,88 ± 0,37	1,92 ± 0,37
$VO_2 \text{ max} - \text{HR-BE (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$	45,9 ± 14,4		38,1 ± 5,3		39,7 ± 7,9	60 ± 4,8	57,2 ± 5,7		58,6 ± 5,4	43,8 ± 8,6	43,1 ± 5,5	43,5 ± 7,7
$VO_2 \text{ max} - \text{ET-BE (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$	45,9 ± 14,9		37,2 ± 4,1		38,6 ± 7	52,7 ± 1,9	53,4 ± 3,9		53 ± 3,1	38,6 ± 8,8	37,7 ± 6,5	38,4 ± 8,3
TFmax – BE	199,0 ± 7,9		189,5 ± 7,9		191,0 ± 8,5	167,5 ± 6,5	184,5 ± 4,5		176,0 ± 10,2	181,2 ± 16,1	174,5 ± 9,5	179,5 ± 15,0
Pmax (W) – BE	266,3 ± 22,8		168,9 ± 29,2		184,3 ± 45,8	295,5 ± 16,5	215 ± 7		255,3 ± 42,2	247,5 ± 20,1	158,5 ± 27,5	225,3 ± 44,5
Pi (W.kg ⁻¹) – BE	3,2 ± 0,9		2,7 ± 0,3		2,8 ± 0,5	4,0 ± 0,2	4,2 ± 0,3		4,1 ± 0,2	2,8 ± 0,7	2,8 ± 0,6	2,8 ± 0,7

CT 12 – Cooperův 12minutový běžecký test na běhátku

BE – stupňovaný zátěžový test na bicyklovém ergometru do maxima

 $V'O_2 \text{ max} - \text{CT } 12 \text{ (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$ – odhad maximální spotřeby kyslíku z Cooperova testu na běhátku

TFmax – CT 12 (tepůl/min) – maximální dosažená tepová frekvence při Cooperově testu na běhátku

 $V'O_2 \text{ max} - \text{HR-BE (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$ – odhad maximální spotřeby kyslíku ze stupňovaného zátěžového testu na bicyklovém ergometru do maxima; dle predikované TF_{max} $V'O_2 \text{ max} - \text{ET-BE (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$ – odhad maximální spotřeby kyslíku ze stupňovaného zátěžového testu na bicyklovém ergometru do maxima; dle dosaženého výkonu

TFmax – BE (tepůl/min) – maximální dosažená tepová frekvence při stupňovaném zátěžovém testu na bicyklovém ergometru do maxima

Pmax (W) – BE – dosažený maximální výkon při stupňovaném zátěžovém testu na bicyklovém ergometru do maxima ve wattlech

Pi (W.kg⁻¹) – BE – maximální jednotkový výkon při stupňovaném zátěžovém testu na bicyklovém ergometru do maxima

Tab. 3: Srovnání rozdílů v odhadech VO_2max a dosažené TFmax z CT 12 a BE a zhodnocení jejich statistické významnosti (párový t-test)

	Celý soubor			Běžci			Cyklisté		
	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady
Počet (n)	26	26	52	8	3	11	7	7	10
Rozdíl mezi VO_2max – CT 12 a VO_2max – ET-BE ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	-3,4 ± 5,6	-4,4 ± 3,3	-3,9 ± 4,5	-2,7 ± 7,4	-1,5 ± 0,8	-2,4 ± 6,2	-5,9 ± 5,8	-7,6 ± 5,5	-6,4 ± 5,4
Rozdíl v %	-6,8	-10,8	-8,6	-5,0	-3,1	-4,6	-10,5	-16,5	-12,0
Významnost (p)	0,004**	<0,001***	<0,001***	0,328	0,094	0,230	0,035*	0,138	0,005**
Rozdíl mezi TFmax – CT 12 a TFmax – BE ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	3,3 ± 6,7	2,5 ± 10,5	2,9 ± 8,7	3,8 ± 6,6	6,3 ± 4,2	4,6 ± 6,0	1,7 ± 4,3	4,7 ± 3,8	2,6 ± 4,2
Rozdíl v %	1,8	1,3	2,4	2,4	3,4	2,5	0,9	2,6	1,4
Významnost (p)	0,020*	0,230	0,020*	0,154	0,119	0,033*	0,337	0,166	0,083
	Studenti 5. ročníku LF MU			Triatlonisté			Nevyhranění		
	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady	Muži	Ženy	Dohromady
Počet (n)	3	16	19	2	2	4	6	2	8
Rozdíl mezi VO_2max – CT 12 a VO_2max – ET-BE ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	-1,2 ± 3,7	-4,8 ± 2,8	-4,2 ± 3,2	0,95 ± 1,6	-1,2 ± 1,0	-0,13 ± 1,7	-4,0 ± 3,4	-4,1 ± 1,3	-4,0 ± 2,9
Rozdíl v %	-2,6	-12,9	-10,9	1,8	-2,2	-0,2	-10,4	-10,9	-10,4
Významnost (p)	0,623	<0,001***	<0,001***	0,560	0,336	0,890	0,036*	0,138	0,006**
Rozdíl mezi TFmax – CT 12 a TFmax – BE ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	2,0 ± 2,0	0,5 ± 12,9	0,7 ± 11,8	7,0 ± 5,7	8,0 ± 4,2	7,5 ± 4,1	3,8 ± 11,0	4,5 ± 3,5	4,0 ± 9,4
Rozdíl v %	1,0	0,3	0,4	4,2	4,3	4,3	2,1	2,6	2,2
Významnost (p)	0,225	0,878	0,788	0,330	0,228	0,036*	0,434	0,323	0,269

VO_2max – CT 12 ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) – odhad maximální spotřeby kyslíku z Cooperova testu na běhátku

VO_2max – ET-BE ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) – odhad maximální spotřeby kyslíku ze stupňovaného zátěžového testu na bicyklovém ergometru do maxima, dle dosaženého výkonu

TFmax – CT 12 (tepů/min) – maximální dosažená tepová frekvence při Cooperově testu na běhátku

TFmax – BE (tepů/min) – maximální dosažená tepová frekvence při stupňovaném zátěžovém testu na bicyklovém ergometru do maxima

* – statistická významnost na hladině $p < 0,05$; ** – statistická významnost na hladině $p < 0,01$; *** – statistická významnost na hladině $p < 0,001$

tučné číslice – statistická významnost na hladině $p < 0,05$

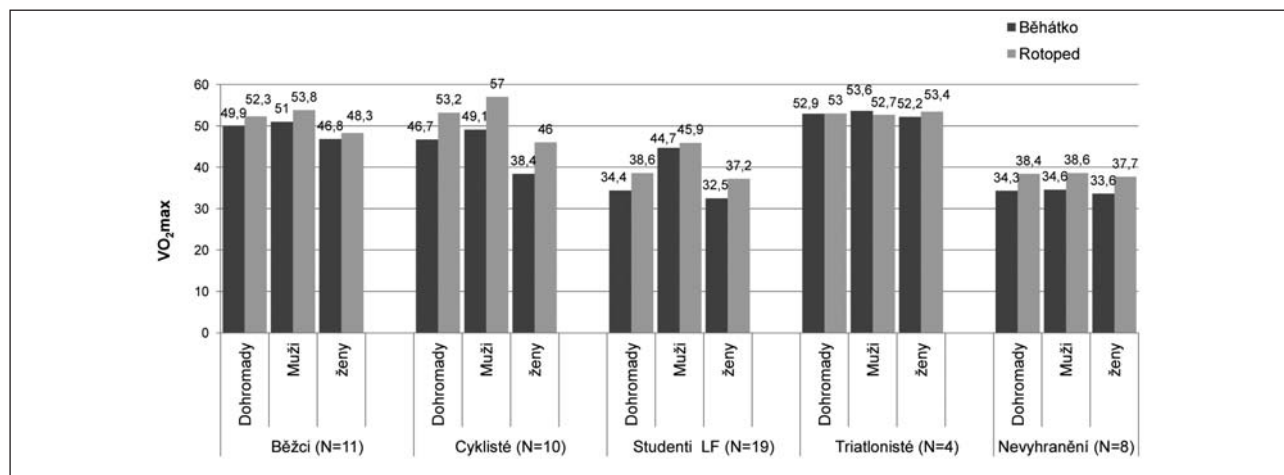
dená srovnání byla provedena jednak pro celý vyšetřený soubor, jednak v rámci jednotlivých skupin dle převažujícího typu pohybové aktivity. Ke statistickému zhodnocení výsledků jsme použili programy Statistica 9 a SPSS 15.

Výsledky

Celkový počet hodnocených byl $n = 52$ (26 mužů a 26 žen). Tabulka 2 shrnuje průměrné hodnoty parametrů naměřených při CT 12 na běhátku a při stupňovaném zátěžovém testu na BE do maxima v celkovém souboru a v rámci jednotlivých skupin. Tabulka 3 ukazuje rozdíly v odhadech VO_2max mezi oběma testy a zhodnocení jejich statistické významnosti. Je patrné, že hodnoty odhadu

VO_2max z CT 12 byly u celého souboru nižší oproti hodnotám z BE, v průměru o 8,6 % ($p < 0,001$). Rozdíly v odhadech VO_2max se lišily svojí mírou ve skupinách dle trénovanosti a převažujícího typu pohybové aktivity, což je nejlépe patrné v grafickém znázornění (graf 1). Největší rozdíly mezi oběma testy byly ve skupině cyklistů (-12,0 %), studentů LF (-10,9 %) a nevyhraněných (-10,4 %), u nichž dosáhly rovněž statistické významnosti. Podstatně nižší rozdíly byly u běžců (-4,6 %, statisticky nevýznamné) a u triatlonistů prakticky žádné rozdíly nebyly.

Co se týče TFmax, v celkovém souboru byla její hodnota při CT 12 vyšší o +2,4 % ($p < 0,05$) oproti testu na BE. I zde však byly rozdíly mezi jednotlivými skupinami



Obr. 1: Srovnání odhadů VO_2max z CT 12 na běhátku a z BE (rotopedu) ve skupinách dle převažujícího typu pohybové aktivity a dle pohlaví.

dle preference pohybové aktivity. Největší rozdíl mezi hodnotami TFmax z obou testů byl ve skupině triatlonistů (+4,3 %) a běžců (+2,5 %). Pouze u těchto dvou skupin dosáhly rozdíly TFmax statistické významnosti ($p < 0,05$), v ostatních byly rozdíly menší a statisticky nevýznamné.

Diskuse

Cooperův test (CT 12) byl vyvinut v roce 1968 Dr. Kennethem H. Cooperem a byl určen k hodnocení kardiorespirační zdatnosti u dospělých. Jedná se původně o terénní test určený k testování velké masy lidí zároveň. Výsledky z CT 12 statisticky významně korelují s hodnotami VO_2max získanými přímou metodikou v laboratorních podmínkách (např. dle Coopera, 1968, $R = 0,897$ u mužů) (8). Spolu s dalším terénním testem (MST – multistage shuttle run test) vykazuje vysokou validitu u aerobně zdatné populace ($r > 0,90$), avšak nižší validitu ($r < 0,75$) pro populaci zahrnující celou šíři aerobní fyzické výkonnosti (8, 11). CT 12 vyžaduje vysoký stupeň motivace, aby poskytl opravdu reprezentativní maximální námahu nezbytnou k odhadu VO_2max . Dle Granta S. a kol. byl CT 12 vyhodnocen jako nejlepší predikční metoda ke stanovení VO_2max mezi třemi predikčními testy (submaximální test na BE s lineární extrapolací TF a VO_2 , CT 12 a MST – a multi-stage progressive shuttle run test) ve skupině mladých pravidelně sportujících mužů (12). Ačkoliv se svým designem CT 12 do jisté míry vymyká klasickému pojetí testů do maxima (vystupňováním zátěže), je přesto fyzicky hodně náročný a předpokládá vysokou míru osobní motivace, fyzického nasazení a alespoň základní úroveň fyzické připravenosti. Ačkoli byl CT 12 originálně vyvinut jako test terénní (nejčastěji se provádí na atletickém ovále s ukazateli vzdálenosti), figuruje i v nabídce zátěžových protokolů softwaru T-Ware běhátko Tunturi. Chceme-li CT 12 adaptovat pro specifické podmínky běhátko, je potřeba upravit náklon běhacího pásu na +1 % k simulaci venkovních podmínek (6) a poskytnout testovanému dostatek času na vyzkoušení si obsluhy přístroje a seznámení se specifiky pohybu na běhátku. CT 12 v sobě snoubí výhodný poměr standardizovaných podmínek, jednotné a snadné instruktáže a optimální doby trvání zátěže. Nevýhodou varianty CT 12 na běhátku by mohla být případná nižší motivace testovaného při absenci konkurenčního prostředí, typického pro souběžné testování většího počtu osob. Tento psychologický faktor u masovějšího testování však může působit i právě opačně, tedy podáním horšího výkonu, zejména u méně zdatných jedinců. Dalším limitem testování na běhátku může být menší subjektivní pohodlí a pocit nejistoty při běhu či chůzi. Největší problém by test na běhátku mohl představovat pro osoby s dyspraxií a zhoršenou cerebelární funkcí, my jsme však žádné významnější problémy tohoto charakteru v rámci našeho testování u probandů dosud nezaznamenali. Možným nevýhodám a případným limitům jsme se snažili předcházet nebo je neutralizovat povzbuzováním probanda před a v průběhu testu a poskytnutím mu dostatečného času na seznámení se specifiky pohybu na běhátku (prostor k zaučení). V nabídce T-Ware nefigurovaly uznávané zátěžové protokoly pro běhátko – např. Bruceho či Balkeův (13), které navíc nejsou v technických možnostech běhátko Tunturi T85 Endurance, jež neumožňuje náklon běhací-

ho pásu větší než 10%. Software T-Ware též neumožňuje programovatelnou kombinaci změny náklonu a rychlosti v rámci jednoho protokolu (viz např. Bruceho protokol). Alternativami k CT 12 na běhátku byl 2km chodecký test, 2 chodecké testy o různé konstantní rychlosti a vzrůstajícím náklonu běhacího pásu, obdobný protokol běžec-ký a běžec-ký protokol s postupně se navyšující rychlostí a konstantním náklonem. Zařazení dalšího zátěžového testu o jiném protokolu do srovnání (např. některého z chodeckých testů) by mohlo být zajímavé, celkově by však zvýšilo náročnost pro účastníky a pravděpodobně snížilo compliance.

Bicyklová ergometrie – stejně jako v případě běhátko Tunturi jsme brali v potaz co největší uživatelskou compliance a vycházeli pouze z dostupné nabídky protokolů programu Opticare. Možnou slabinou použitého protokolu u bicyklové ergometrie je nezohledňování hmotnosti probanda. V praxi to znamená různou strmost navyšování zátěže ve W.kg^{-1} u různě hmotných jedinců, a tedy i různou délku trvání testu u stejně fyzicky zdatných jedinců s odlišnou hmotností. Doba trvání zátěže u fyzicky zdatnějších a/nebo hmotnějších jedinců pak může být zbytečně prodlužována a/nebo naopak může být růst zátěže příliš strmý pro fyzicky málo zdatné a subtilní jedince (záleží na počáteční zátěži a strmosti navyšování zátěže). Zátěžový protokol automaticky přizpůsobující nárůst zátěže ve W.kg^{-1} jen na základě zadání hmotnosti, výšky, věku a pohlaví v nabídce není k dispozici. Software Opticare toto částečně kompenzuje nabídkou protokolů modifikovaných dle pohlaví a fyzické zdatnosti jedince (muž/žena – neaktivní/aktivní/atlet). Tyto se liší v počáteční zátěži a strmosti navyšování ve W.2min^{-1} . Po absolvování zátěžového testu jsou dále možné dva způsoby hodnocení fyzické zdatnosti – odhadu VO_2max : 1) dle skutečně dosaženého jednotkového výkonu Pi nebo 2) extrapolací na TFmax-predik (viz metodika). Kvůli nepřesnostem vznikajícím z vysoké variability TFmax v populaci ($2 \text{ SD} = \pm 18\text{--}20$ tepů/min (5, 14)); což může představovat rozdíl až 40 tepů/min) jsme pro srovnání s CT 12 vybrali modus hodnocení VO_2max dle Pi na vrcholu zátěže.

Přestože jsou oba testy (CT 12 na běhátku a stupňovaný zátěžový test na BE do maxima) svébytné svým designem i fyziologicko-biochemickým profilem (např. způsob úhrady energie, délka trvání zátěže a její změny, zapojení svalových skupin atd.), u obou je nejdůležitějším vstupním parametrem pro odhad VO_2max skutečně dosažená, objektivně změřená a reprodukovatelná zátěž. U CT 12 je to uběhnutá vzdálenost d [m, km], u BE maximální dosažený jednotkový výkon Pi [W.kg^{-1}].

Skutečnost, že zátěžové testování na BE a na běhátku zpravidla neposkytuje shodné výsledky odhadu VO_2max ani dosažené TFmax, je dobře známa a lze ji vysvětlit na základě odlišné biomechaniky pohybu na obou přístrojích s nestejným zapojením svalových skupin i celkovým objemem pracující svalové masy. Svou roli zde také sehrává použitý typ protokolu, převládající typ tréninku, sportovní specializace a osobní motivace (15). Hodnoty VO_2max z testů na BE bývají v průměru o 6–11 % nižší oproti výsledkům z běžec-kých testů na běhátku, nejčastěji se při přímém měření hodnoty VO_2max nebo $\text{VO}_{2\text{peak}}$ z maximálních testů liší o 6–8 % ve prospěch testů na běhátku (16–18). „Někteří výzkumníci dokázali, že protokoly na bicyklovém ergometru do maxima generují VO_2max skóre dokonce

o 10–20 % nižší než maximální protokoly na běhátku u netrénovaných účastníků“ (17).

Výsledky našeho pilotního testování naznačily opačný trend, než je v literatuře obvykle prezentováno, přestože v našem souboru mírně převládali pohybově a fyzickou zdatností nadprůměrní jedinci (dobrá korelace odhadu VO_2max a uběhnuté vzdálenosti u CT 12). Odhady VO_2max ze stupňovaného zátěžového testu na BE do maxima poskytovaly v našich podmínkách ve všech hodnocených skupinách vyšší hodnoty ve srovnání s CT 12 na běhátku, v průměru o 8,6 %, rozdíly byly ve většině srovnání i statisticky významné (viz tab. 3). Pro úplnost nicméně upozorňujeme, že výše referované studie (16–18) předkládají výsledky srovnání z přímého měření VO_2max .

CT 12 (na běhátku) je náročný pro testovaného z hlediska nastavení optimální rychlosti běhu, nezbytné vysoké dávky motivace a vhodného rozvržení sil. Určitou roli snad může sehrát i předchozí znalost testu (opakované provedení testu ve stejných podmínkách a lepší adaptace na pohyb na běhátku.) Uběhnutá vzdálenost při CT 12 na běhátku by pak mohla záležet i na počtu opakování tohoto testu a nemusela odrážet jen rozvoj kondice, ale jednoduše souviset s poznáním povahy a podmínek samotného testu a s efektivnějším využitím svých možností v jeho průběhu. Weisgerber M. a kol. (7) uvádí, že CT 12 je vhodnou metodikou k jednorázovému posouzení kardiorepirační zdatnosti, ne však dostatečně citlivou metodou k odhalení změn ve fyzické kondici (změny v odhadech VO_2max) v rámci několikátýdenní tréninkové intervence. Tento argument tedy hovoří spíše proti možnosti nácviku testu (v terénu), ale nepostihuje problematiku „zaučení“ na běhátku, která může mít významnější vliv. CT 12 na běhátku se nám jeví jako více náchylný k ovlivněním – způsob provedení testu, znalost pohybu na běhátku, znalost CT 12, aktuální motivace, laboratorní podmínky atd. a míra předchozí zkušenosti zde mohou sehrát svou roli. Případnou předchozí zkušenost je tedy třeba vzít do úvahy při hodnocení výsledků, exaktní posouzení tohoto faktoru ovšem nebylo součástí tohoto pilotního testování a je námětem pro další zkoumání (test spolehlivosti, test – retest reliability).

Na základě našich dosavadních pozorování a výsledků se domníváme, že u některých jedinců, zejména takových, kteří se pravidelně nevěnují běhu, může být posouzení aerobní zdatnosti na základě odhadu VO_2max dle absolvování jednoho CT 12 na běhátku poněkud zavádějící. CT 12 vykazuje dobrou korelaci mezi uběhnutou vzdáleností a odhadem hodnoty VO_2max v případě, že proband dokáže absolvovat celý test se skutečně maximálním úsilím a zároveň si vhodně rozvrhne síly. Při hodnocení objektivitu výsledků z CT 12 zejména u méně zdatných jedinců je třeba počítat se dvěma krajními situacemi. 1) proband test tzv. přepálí – tzn. dosáhne svého maxima již v průběhu testu, brzy před jeho koncem (při disponování přímou metodikou by se dalo změřit aktuální VO_2max , RER, odebrat laktát atd.); testovaný je záhy nucen výrazně zpomalit, výsledek testu je negativně ovlivněn. 2) proband z různých důvodů nevyvaloží své maximální úsilí (vědomě či podvědomě se „šetří“). Tehdy svůj běžecký/aerobní potenciál nenaplní, maxima nedosáhne a/nebo se mu nepřiblíží ani ke konci testu. Odhad VO_2max pak neodráží skutečný potenciál běžce, výsledný odhad

VO_2max bude rovněž podhodnocen. Navíc způsob pohybu na běhátku vnáší do testování další specifika. Přestože jsme nezaznamenali žádné výraznější lokomotorické problémy s pohybem na běžeckém pásu, u některých jedinců se nám přesto jeví, že i po poskytnutém času na přípravu běhátka nepředstavuje optimální „prostředí“ pro vyjádření jejich aerobního potenciálu. Takovíto jedinci pravděpodobně nebudou schopni podat na běhátku srovnatelně kvalitní výkon jako na trati venku.

Bylo dokázáno, že uběhnutá vzdálenost při CT 12 výborně koreluje s přímými metodami zjišťování VO_2max u osob s výbornou a nadprůměrnou kardiorepirační zdatností (8, 12). Překvapivé tedy je, že ani u skupiny běžců (v našem srovnání) nebyly hodnoty odhadů VO_2max z CT 12 na běhátku vyšší a/nebo alespoň stejné ve srovnání s testem na BE. Nicméně rozdíl odhadů VO_2max byl mezi těmito dvěma metodikami ve skupině běžců významně nižší než ve skupině cyklistů. Tyto výsledky jsou sice v souladu s očekávaným vlivem pohybové specializace, nevysvětlují však už ale tak vysoké rozdíly mezi oběma testy v opačném směru, navíc u fyzicky nadprůměrně vyspělé skupiny. Loftin a kol. (2004) referují o srovnávací studii u adolescentů s nadváhou, u nichž sice nebyl shledán statisticky významný rozdíl mezi hodnotami VO_2peak (peak oxygen uptake) z bicyklové ergometrie a běhátka, i tak ale byly hodnoty VO_2peak z běhátka o 5,6–7 % vyšší než z bicyklové ergometrie. U dětí s normální hmotností nebo u dětí a adolescentů s rizikem pro nadváhu (nespadajících do kategorie obézních) byly hodnoty z běhátka typicky průměrně o 7–12 % vyšší než hodnoty z bicyklové ergometrie (19). Pro normální populaci a vytrvalceky a běžceky méně zdatnou populaci může být vhodnějším způsobem pro nepřímé stanovení VO_2max běžecký protokol se stupňující se rychlostí a/nebo náklonem běžeckého pásu, kdy odpadá problém s motivací a nastavováním si rychlosti na začátku a v průběhu testu (u CT 12 nebo 2km chodeckého testu, tzv. self-pacing). Zde jsme nemohli využít klasický Bruceho protokol (13) kvůli technickým limitům modelu běhátka Tunturi T85 Endurance, které umožňuje maximální sklon běhacího pásu jen +10 %. Balkeův protokol by z výše uvedeného důvodu posloužil k získání odhadů VO_2max pouze u podprůměrně aerobně zdatných jedinců.

Co se týče terminologie, pak index VO_2max je úžeji vyhrazen pouze pro skutečně změřenou spotřebu kyslíku získanou přímými metodami – při spiroergometrii – na vrcholu zátěže. Naše pracoviště má k dispozici pouze metody nepřímého stanovení VO_2max , a tak ze získaných výsledků můžeme na skutečnou hodnotu VO_2max pouze usuzovat. Kvůli nemožnosti verifikace, zda bylo při testu dosaženo skutečně maxima, bychom měli užívat spíše indexů VO_2peak (peak oxygen uptake) či VO_2SL (symptom limited oxygen uptake), nebo dokonce „odhad VO_2peak “ či „odhad VO_2SL “, což vyplývá ze způsobu odvozování (maximální) spotřeby kyslíku nepřímými metodami. Pro větší jednoduchost se v textu držíme jednotně termínu „odhad maximální spotřeby kyslíku“ či „odhad VO_2max “ (VO_2max prediction, VO_2max estimation). Těmi míníme odhadovanou hodnotu maximální spotřeby kyslíku a nebo spotřebu kyslíku blížící se maximu, která koreluje s objektivně změřenou zátěží za předpokladu vyvinutí maximálního úsilí probanda při zátěžovém testu. V praxi se můžeme celkem často setkat s neúplně korektním použitím termínu VO_2max užívá-

ným i pro hodnoty odhadu VO_2max získané nepřímými metodami. Tak je tomu i u námi používaného přístrojového vybavení Ergoselect a jeho softwaru Opticare (u BE) a přístroje Tunturi T85 Endurance a jeho softwaru T-Ware (u běhátku). Pro laickou a s problematikou zátěžového testování méně obeznámenou veřejnost mohou být rozdíly mezi těmito indexy a termíny pouhou nuancí. To, zda se při daném konkrétním testování jednalo skutečně o výkon do „vita maxima“ a z něj odvozenou hodnotu VO_2max , z povahy našich vyšetřovacích metod jednoznačně prokázat nelze. Zde se musíme odvolávat pouze na maximální vynaložené úsilí probanda v průběhu celého testu (u CT 12) nebo na známky vyčerpání či maximálního úsilí testovaného a jeho další neschopnost v testu pokračovat (u BE).

Dle Milese a kol. „vyšší koncentrace laktátu, vyšší hodnoty RER a nižší TFmax u bicyklové ergometrie na vrcholu zátěže podporují hypotézu lokalizované svalové únavy z anaerobního způsobu metabolismu jako možné příčiny omezení potenciálu aerobního výkonu. Z toho lze usuzovat, že kardiovaskulární odezva na ekvivalentní zatížení při bicyklové ergometrii a testu na běhátku jsou podobné, avšak přítomnost vyšší metabolické acidózy během testu na BE hovoří pro zapojení menší svalové masy“ (18). Je také důležité, že parametr VO_2max je měřítkem aerobní zdatnosti (kapacity), zatímco maximální výkon dosažený při BE je kombinovaným měřítkem jak aerobní, tak i anaerobní kapacity (20). Tento fakt by mohl být také jednou z příčin vyšších odhadů VO_2max z BE, neboť výhradně aerobně je zátěž kryta jen do intenzity na úrovni anaerobního prahu. Dencker M. a kol. ale uvádí, že: „maximální dosažený výkon při BE slouží jako jednoduchý a přitom odpovídající náhradní parametr místo VO_2max , poskytující jednoduchý způsob pro stanovení aerobní zdatnosti v epidemiologických studiích, které vyžadují méně odborné vybavení či mimořádný trénink“ (20).

V rámci tohoto pilotního testování jsme vycházeli výhradně z dostupných podmínek a přístrojového vybavení našeho pracoviště preventivního lékařství LF MU v Brně, které má v současnosti k dispozici bicyklový ergometr a běhátko, nikoli však přímou metodiku stanovení VO_2max – spiroergometrii. Ta je v současnosti všeobecně považována za „zlatý standard“ a referenční metodu pro hodnoty získané nepřímo, má však vyšší pořizovací náklady, dražší provoz a vyžaduje též vyšší nároky na personální obsluhu i údržbu (např. nutnost častých kalibrací). V našem případě by ani zařazení 1 testu metodikou přímého měření VO_2max zřejmě nepřineslo pádnější odpověď na otázku, která z námi použitých nepřímých metod posuzuje kardiorespirační zdatnost jedince přesněji, a to kvůli výlučnosti a odlišnému charakteru zátěže. Bylo by potom potřeba verifikace jak odhadů VO_2max z BE (s možností využití stejného nebo jen lehce pozměněného protokolu), tak i odhadů VO_2max z CT 12 na běhátku (za užití některého z běžeckých protokolů do maxima).

Závěr

V našich výsledcích byly odhady VO_2max z CT 12 na běhátku oproti stupňovanému zátěžovému testu na BE do maxima u celého souboru statisticky významně nižší. Ukázalo se ale, že rozdíly v odhadech VO_2max se lišily svo-

jí mírou mezi jednotlivými skupinami podle trénovanosti a převažujícího typu pohybové aktivity. Způsob tréninku a/nebo převažující typ pohybové aktivity sehraji svou roli ve výsledcích u obou způsobů měření, CT 12 na běhátku se nám však jeví jako více ovlivnitelný těmito faktory.

Pracovištím typu ordinací praktického lékaře, preventivního lékařství a dalším, která chtějí testovat kardiorespirační zdatnost s použitím nepřímých metod stanovení VO_2max a váhají, zda zvolit tradičnější bicyklovou ergometrii, nebo svým způsobem atraktivnější běhátko, bychom doporučili spíše první jmenovanou. Bicyklová ergometrie se nám po zhodnocení výsledků a zvážení výhod a nevýhod obou přístupů jeví jako vhodnější způsob pro posouzení fyzické zdatnosti u běžné populace. Její použití pro účely primárně preventivního vyšetření se zdá být vhodnější i z důvodů provozních a zdravotně bezpečnostních. Běhátko jako testační metodiku obecně nezavrhujeme, bude však potřeba dalšího zkoumání na větším počtu probandů s jejich náhodným výběrem a zkoušení dalších typů zátěžových protokolů pro běhátko, které by mohly lépe vyhovovat specifikám preventivního vyšetření, obvykle limitovaného jednou návštěvou. Volba vhodného zátěžového protokolu je nezbytným předpokladem exaktního posouzení fyzické zdatnosti v rámci obou přístrojů. Při jeho výběru je vhodné věnovat pozornost nejen věku, hmotnosti nebo BMI (index tělesné hmotnosti), ale i předpokládané úrovni fyzické zdatnosti (na základě anamnézy), pohybovým dovednostem a případné sportovní specializaci.

Domníváme se, že nepřímé metody odhadu VO_2max budou pro svou snazší obsluhu, nižší nároky na kvalifikovaný personál a nižší pořizovací náklady nadále metodou volby na pracovištích typu preventivního lékařství, v ordinacích praktického lékaře a jiných pracovištích nepatřících do kategorie vysoce specializovaných. Tato však musejí počítat s určitým dílem nejistoty týkající se přesnosti odhadů VO_2max , potažmo posouzení úrovně fyzické zdatnosti, a být obezřetná ke správné interpretaci výsledků získaných těmito metodikami.

Poděkování:

Podpořeno Evropským fondem pro regionální rozvoj (ERDF), projektem FNUSA-ICRC (No. CZ.1.05/1.1.00/02.0123).

LITERATURA

1. Bunc V, Heller J. Exercise intensity conversion from a bicycle ergometer to a treadmill. J Sports Med Phys Fitness. 1991 Sep;31(3):490-3.
2. Bunc V, Heller J. Conversion of the intensity of loading from the bicycle ergometer to a treadmill and to field training in women. Cas Lek Cesk. 1991 Dec 13;130(24-25):696-8. (In Czech.)
3. Donoso H, Osorio J. Measurement of maximal oxygen uptake in a Chilean population sample. Rev Med Chil. 1997 Sep;125(9):1002-10. (In Spanish.)
4. Placheta Z, Siegelová J, Štefja M a kol. Zátěžová diagnostika v ambulantní a klinické praxi. Praha: Grada; 1999.
5. Fox SM 3rd, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. Ann Clin Res. 1971 Dec;3(6):404-32.
6. Quinn E. Fitness test - 12 minute run fitness test for endurance [Internet]. New York: About.com; c2012 [cited 2012 Jun 30]. Available from: <http://sportsmedicine.about.com/od/fitnesssealandassessment/a/12MinRun.htm>.
7. Weisgerber M, Danduran M, Meurer J, Hartmann K, Berger

- S, Flores G. Evaluation of Cooper 12-minute walk/run test as a marker of cardiorespiratory fitness in young urban children with persistent asthma. *Clin J Sport Med*. 2009 Jul;19(4):300-5.
8. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA*. 1968 Jan 15;203(3):201-4.
 9. George JD, Vehrs PR, Babcock GJ, Etchic MP, Chinevere TD, Fellingham GW. A Modified submaximal cycle ergometer test designed to predict treadmill VO₂max. *Meas Phys Educ Exerc Sci*. 2000;4(4):229-43.
 10. Welsman JR, Armstrong N. Interpreting exercise performance data in relation to body size. In: Armstrong N, van Mechelen W, editors. *Paediatric exercise science and medicine*. Oxford: Oxford University Press; 2000. p. 3-9.
 11. Penry JT, Wilcox AR, Yun J. Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults. *J Strength Cond Res*. 2011 Mar;25(3):597-605.
 12. Grant S, Corbett K, Amjad AM, Wilson J, Aitchison T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Br J Sports Med*. 1995 Sep;29(3):147-52.
 13. Marinov B, Kostianev S, Turnovska T. Modified treadmill protocol for evaluation of physical fitness in pediatric age group - comparison with Bruce and Balke protocols. *Acta Physiol Pharmacol Bulg*. 2003;27(2-3):47-51.
 14. Pinkstaff S, Peberdy MA, Kontos MC, Finucane S, Arena R. Quantifying exertion level during exercise stress testing using percentage of age-predicted maximal heart rate, rate pressure product, and perceived exertion. *Mayo Clin Proc*. 2010 Dec;85(12):1095-100.
 15. Lear SA, Brozic A, Myers JN, Ignaszewski A. Exercise stress testing. An overview of current guidelines. *Sports Med*. 1999 May;27(5):285-312.
 16. Sánchez J, Donoso H. Maximal oxygen uptake in Chilean workers of normal nutritional status. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988;57(1):26-32.
 17. McArdle WD, Katch FI, Pechar GS. Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle tests for max Vo₂. *Med Sci Sports*. 1973 Fall;5(3):156-60.
 18. Miles DS, Critz JB, Knowlton RG. Cardiovascular, metabolic, and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1980 Spring;12(1):14-9.
 19. Loftin M, Sothorn M, Warren B, Udall J. Comparison of VO₂ peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth. *J Sports Sci Med*. 2004;3(4):254-60.
 20. Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Lindén C, Wollmer P, Andersen LB. Maximal oxygen uptake versus maximal power output in children. *J Sports Sci*. 2008 Nov;26(13):1397-402.

Došlo do redakce: 6. 3. 2012

Přijato k tisku: 3. 7. 2012

MUDr. Pavel Římaček
 Ústav preventivního lékařství
 Lékařská fakulta Masarykovy univerzity
 Kamenice 5
 602 00 Brno-Bobunice
 E-mail: pavel.rimak@seznam.cz