

TESTOVÁNÍ MAXIMÁLNÍ SRDEČNÍ FREKVENCE V PLAVECKÉM TRENAŽÉRU (FLUMU)

TESTING OF MAXIMUM HEART RATE IN THE SWIMMING FLUME

D. Jurák¹, T. Hubička¹, L. Zahálková² & B. Chrzanowská¹

¹Univerzita Karlova v Praze, fakulta tělesné výchovy a sportu, katedra plavání a plaveckých sportů

²Univerzita Karlova v Praze, fakulta tělesné výchovy a sportu, biomedicínská laboratoř

ABSTRACT

The aim of this study was to propose a way of testing the maximum HR in the pool with counter current (flume). To obtain relevant data, we modified the methodology used for testing maximum HR on land. A sample of probands was chosen from students and teachers of Faculty of Physical Education and Sport of Charles University who are former or still active swimmers. A sporttester was used to detect a heart rate. Data processing was made by Polar Precision Performance program. After completing the test, we checked the collection of blood lactate. Each proband warmed up on his individual submaximal speed which we determined using the CSS test. The analysis results show that four of the six probands reached maximum values of HR, which was higher than the values obtained by theoretical calculation of max HR. Lactate levels ranged from 7.7 to 13.4 mmol/l.

Keywords: swimming flume, maximum heart rate, Critical Swim Speed, sporttester, lactate

SOUHRN

Cílem studie bylo navrhnout způsob testování maximální srdeční frekvence (SF) v bazénu s protiproudem. Pro získání relevantních dat jsme upravili a použili metodiku testování maximální srdeční frekvence (SF_{max}) na suchu. Vzorek probandů k výzkumu byl vybrán ze studentů a učitelů UK FTVS, kteří jsou bývalí nebo stále aktivní plavci. Pro zaznamenávání SF byl použit sporttestr a vyhodnocení dat bylo provedeno programem Polar Precision Performance. Po dokončení testu jsme odběrem kontrolovali hladinu laktátu v krvi. Každý proband zahajoval test rozplaváním na své individuální submaximální rychlosti, kterou jsme stanovili pomocí testu kritické rychlosti plavání (Critical Swimming Speed – CSS). Z analýzy výsledků vyplývá, že čtyři probandi ze šesti dosáhli hodnot SF_{max} , která byla vyšší než hodnoty získané teoretickým výpočtem SF_{max} . Hodnoty laktátu variovaly v rozsahu od 7,7 do 13,4 mmol/l.

Klíčová slova: plavecký trenažér, maximální SF, kritická plavecká rychlost, sporttestr, laktát

Úvod

Hlavní funkcí srdce je neustálý transport živin a kyslíku v krvi k orgánům lidského těla. Činnost srdce je do jisté míry autonomní, podněty ke kontrakci vznikají přímo ve vlastní svalovině. Srdce přizpůsobuje svou činnost měnícím se potřebám organismu změnami tepové frekvence, tepového objemu a krevního tlaku. Změny v oběhovém systému můžeme rozdělit na reaktivní a adaptační. Reaktivní změny jsou spojeny s bezprostřední reakcí na pohybové zatížení a podle své lokalizace mají v systému složku centrální (srdce) a periferní (cévy, tepny, vlásečnice, žíly). Adaptační změny jsou výsledkem dlouhodobého a opakujícího se

tréninku. Pro řízení srdeční činnosti je charakteristické, že v reakci na intenzitu pohybu nejprve probíhají změny v srdeční frekvenci a teprve poté nastupují změny objemové. Mezi hlavní ukazatele činnosti srdce patří srdeční frekvence SF, systolický objem srdeční (Q_s) a minutový objem srdeční (Q), které jsou ve vzájemném vztahu: $Q = SF \cdot Q_s$. Zdravé srdce je schopné měnit množství přečerpávané krve v poměrně velkém rozsahu. Minutový objem srdce (tj. množství krve, které jedna komora přečerpá za minutu) se může v případě potřeby zvýšit více než pětikrát oproti klidové úrovni na 5 až 6 l/min. Vztah mezi srdeční frekvencí, systolickým objemem srdečním a

minutovým objemem srdečním je nejvíce determinován rychlostí cirkulace krve cévami. Netrénovaný člověk je schopen navýšit minutový srdeční objem přibližně na 20 l/min. Pravidelným pohybovým tréninkem je možno tuto hranici zvýšit na 30 až 35 l/min (MAGLISCHO, 2003; HAVLÍČKOVÁ, 2008; www.med.muni.cz, 2012).

Variabilitu srdeční frekvence pro potřeby pohybového tréninku můžeme rozdělit na čtyři měřitelné kategorie, a to na SF_{klid} , SF_{max} , SF_{submax} , SF ve fázi zotavení. V našem sdělení se zaměříme na SF_{max} , která se u člověka pohybuje v rozmezí od 175 do 220 tepů za minutu (tepů/min). SF_{max} se tréninkem znatelně nemění, přesto někteří autoři udávají, že po několika týdenním vytrvalostním tréninku SF_{max} mírně poklesne (WILMORE & COSTILL, 1999). Maximální SF klesá s věkem. Je nejvyšší v dětském věku, kdy děti dosahují kolem 210 tepů/min. Klesá během puberty a dospělosti, kde se pohybuje od 180 do 200 tepů/min. U seniorů se pohybuje pod 180 tepů/min. Je potřeba říci, že hodnoty, které uvádíme, jsou průměrné. Z textu vyplývá, že v každé věkové hladině je SF_{max} jiná, proto je obtížné predikovat SF_{max} pouze na základě věku (BUNC, 1990; MAGLISCHO, 2003).

SF_{max} obecně neposkytuje žádné důležité informace o změnách tělesné kondice, ačkoliv náhlý pokles maximální srdeční frekvence, která přetrvává několik dnů, může indikovat přetrénování (UUSITALO, UUISTALO & RUSKO, 1998). Každý pravidelně trénující člověk by měl znát svou maximální srdeční frekvenci, a to z důvodů výpočtu submaximálních intenzit tělesné zátěže, které je dále možno využít k řízení pohybového tréninku. Pro potřeby řízení pohybových aktivit se hledal jednodušší způsob posouzení SF_{max} z důvodů finančních a časové náročnosti prováděných testů. Víme, že věk je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících hodnotu SF_{max} . Vůbec poprvé tento vztah popsal ROBINSON v roce 1938 v podobě $SF_{max} = 212 - (0,77 \cdot \text{věk})$ (ROBINSON in ROBERGSE & LANDEWEHR, 2002).

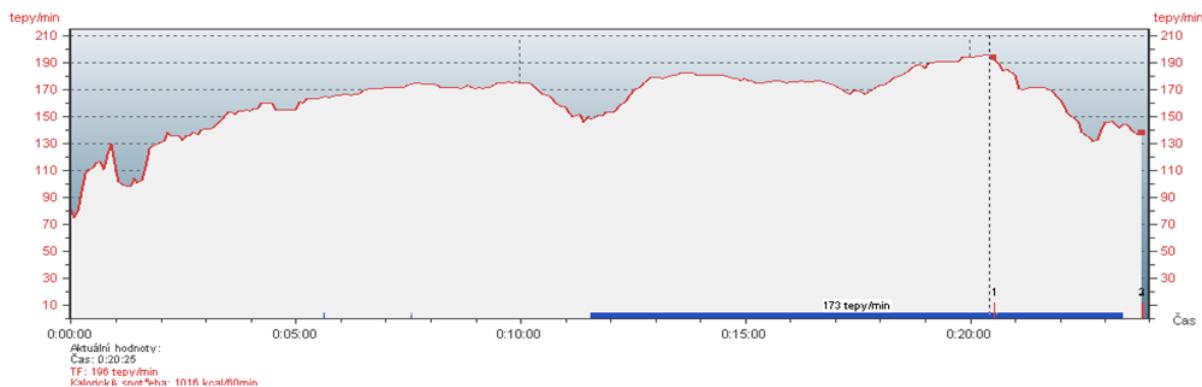
Aktuálně neexistuje ideální vzorec výpočtu SF_{max} . Rozdíl mezi odhadovanou a laboratorně posouzenou SF_{max} je příliš vysoký a pohybuje se kolem ± 10 tepů za minutu. Za akceptovatelnou chybu lze považovat 2 tehy za minutu, což ani jeden z mnoha používaných vzorců nedosahuje. Pro potřebu odhadu SF_{max} autoři doporučují využít vzorec, jehož tvar je $SF_{max} = 205,8 - (0,685 \cdot \text{věk})$, nicméně, i zde je rozdíl poměrně velký (směrodatná odchylka se rovná $\pm 6,4$ tepů za minutu) (ROBERGSE & LANDEWEHRA, 2002). I přes výše popsané problémy se v odborném tisku velice často setkáváme se vzorcem (FOX & HASKELL in ROBERGS & LANDEWEHR, 2002), který vypadá

následovně: $SF_{max} = 220 - \text{věk}$. Rovněž se můžeme setkat s upravenými hodnotami SF_{max} tak, aby odpovídaly dané pohybové činnosti. Pro pohybový trénink ve vodě byl navržen vzorec $SF_{max} = 200 - (0,93 \cdot \text{věk})$, ale i ten vykazuje příliš velké rozdíly oproti skutečnosti (BUNC in HENDL & DOBRÝ, 2011).

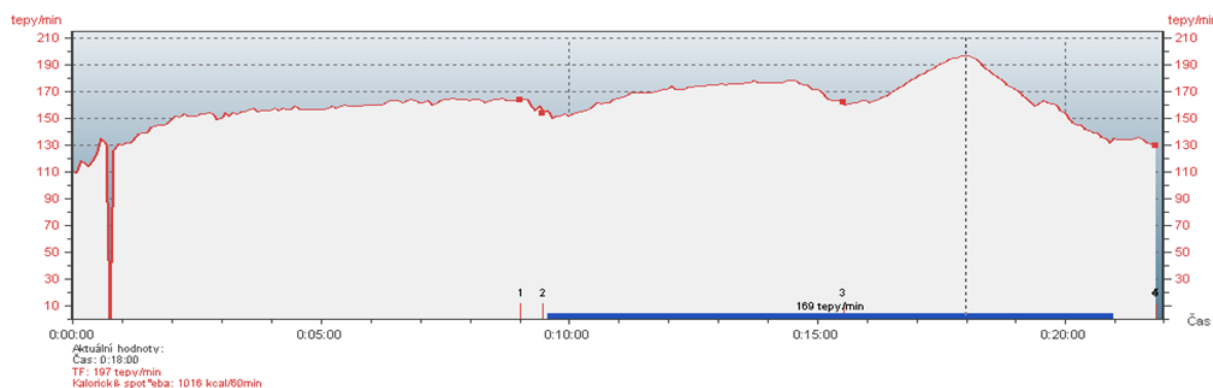
Další rovnice, které řeší teoretický výpočet se snahou o co nejpřesnější hodnoty vzhledem k věku, pohlaví a tělesné zdatnosti se objevují v pracích (MILLER et al. 1993; WHYTE et al. 2008; JACKONS et al. 2007; GULATI et al. 2010). Je potřeba si uvědomit, že většina teoretických výpočtů je určena pro výpočet SF_{max} běžné populace. Používáme-li teoretický výpočet pro potřeby kontroly tělesně zdatné populace, je nutné počítat s většími rozdíly s porovnáním se skutečnými individuálními hodnotami.

Je známo, že člověk během pohybu ve vodě dosahuje nižších hodnot SF oproti pohybu na suchu. Odhaduje se, že SF je nižší o 6 až 15 tepů. Autoři zabývající se touto otázkou preferují různé důvody, které vedou ke snížení srdeční frekvence ve vodě, a ne všichni se shodují v rozmezí SF , které by se mělo standardně odečítat. Přesto je obecně přijato, že největší vliv na snížení hodnoty SF ve vodním prostředí má teplota vody, poloha těla, hydrostatický vztlak, hloubka ponoření, klidová SF a intenzita prováděné činnosti. Z těchto důvodů by se z teoretického výpočtu SF_{max} pro pohyb ve vodě mělo odečíst přibližně 10 tepů (McARDLE et al. 1978; DiCARLO et al. 1991; COLWIN, 1992; AMERICAN RED CROSS, 1992; EDWARDS, 1996; OLBRECHT, 2000; MAGLISCHO, 2003; GRAEF & KRUEL, 2006; JURÁK & SUCHOMELOVÁ, 2010).

Pravidelně trénující člověk získá reálné hodnoty SF_{max} provedením praktického zátěžového testu, který by měl být proveden v prostředí sportovní disciplíny, kterou daný sportovec preferuje. Pro získání relevantních hodnot ve vodním prostředí můžeme použít několik motorických testů, které kromě jiných fyziologických parametrů zjišťují i SF_{max} . Prezентujeme testy FORMÁNKA a HORČICE (2003). První test je charakteristický souvislým rovnoměrným zatížením, plavaný maximální intenzitou po dobu 8 až 12 minut s průběžným měřením rychlosti pohybu a záznamem SF . Dosaženou průměrnou rychlost lze posuzovat jako maximální (V_{max}) na úrovni VO_{2max} a SF v posledních 2 až 3 minutách jako SF_{max} . Druhý test je plavaný intenzitou na úrovni 85-90 % SF_{max} s následným 1 až 2 minutovým zrychlením do maxima. Hodnotu SF dosaženou v poslední minutě zrychlení lze posuzovat jako SF_{max} .



Obrázek 1. Křivka SF proband 1
Figure 1. Heart rate curve proband 1



Obrázek 2. Křivka SF proband 2
Figure 2. Heart rate curve proband 2

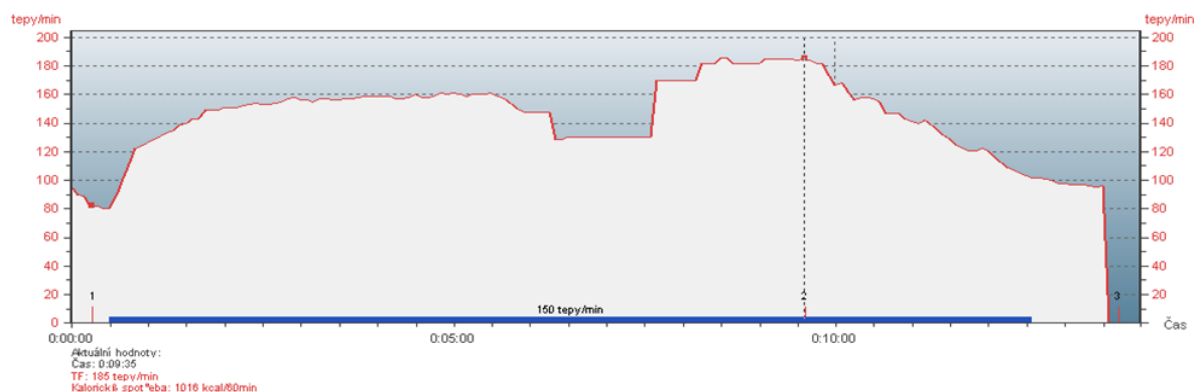
Jednou z dalších možností, jak získat hodnoty SF_{max} , je podstoupit zátěžový test v prostředí specializované sportovní laboratoře. Maximální zátěžový test zatěžuje organismus buď zatížením konstantní intenzity, která musí být tak vysoká, aby vedla k rychlé únavě, nebo stupňovaným zatížením, kdy k dosažení maximálního zatížení dochází postupně (ASTRAND, 1977). Bohužel pro plavce je tento typ zátěžového testu prováděn nespécificky k jejich poloze a prostředí.

S koupí plaveckého trenažeru (flumu) Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze získala možnost testovat sportovce, jejichž výkon je spojen s pohybem ve vodním prostředí. V první fázi užívání flumu jsme se učili zvládnout především celkový provoz, který zahrnoval získání nových dovedností v obsluze, v řízení a kontrole čistoty vody. Současně s testováním provozu a využití flumu pro odborné účely jsme dokončovali vybavení prostor o přístroje, které se skládaly z tenzometru, hardwarového a softwarového vybavení pro zpracování dat a videozáznamu. Tyto přístroje byly a jsou stále využívány pro analýzu techniky plaveckých způsobů (JURÁK, 2011). V další fázi plánujeme vybavit prostory přístroji pro sledování fyziologických funkcí během pohybového zatížení, abychom mohli provádět analýzu oběhového a respiračního systému člověka. V souvislosti s testováním využití flumu jsme provedli

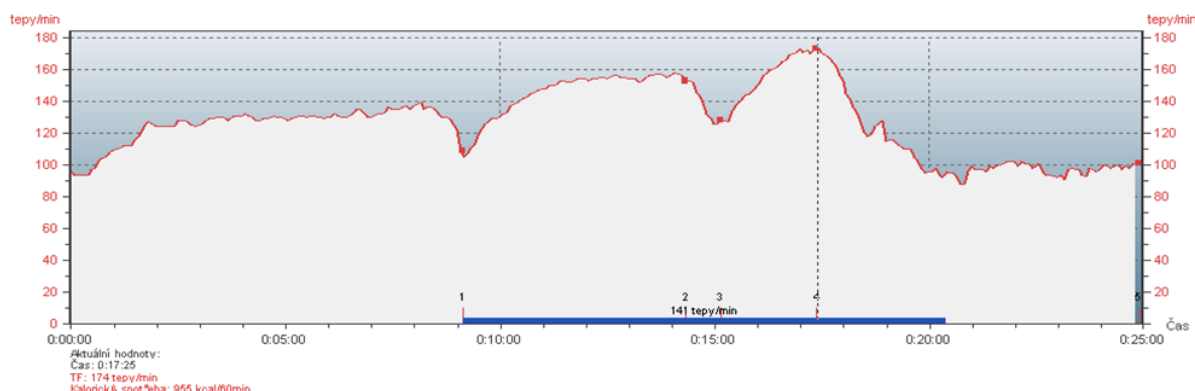
několik výzkumů, ve kterých jsme řešili jednak možnosti řízení rychlosti vodního proudu (CAGAN, 2012), tak i možnosti využití kontrolované rychlosti proudu ke sledování vybraných fyziologických parametrů (HUBIČKA, 2012). Současné možnosti testování fyziologických parametrů ve flumu jsou omezené, proto jsme si vybrali takový test, který jsme byli schopni v našich podmínkách uskutečnit. Zaměřili jsme se na možnosti využití metodiky testování SF_{max} , které se provádí ve sportovní laboratoři na běžecím nebo cyklistickém ergometru. Metodiku testu jsme upravili pro podmínky flumu a provedli jsme několik měření, abychom zjistili, zda upravenou metodikou dosáhneme maximální SF a zda tyto výsledky můžeme prezentovat jako hodnověrné.

Metody

Jedná se o pilotní studii, ve které jsme se zabývali problematikou využití metodiky laboratorních testů do vita maxima na suchu a jejich úpravou na testování probandů do vita maxima ve flumu. Studie se zúčastnili studenti a učitelé UK FTVS. Výzkumný soubor se skládal ze 6 probandů ve věku $25,8 \pm 9,45$, tělesné výšky $180,3 \pm 8,0$ cm, tělesné hmotnosti $76,3 \pm 9,08$ kg s průměrnou plaveckou kariérou, která trvala 11 let. Dva probandi plaveckou kariéru nepřerušili. Čtyři probandi plaveckou kariéru ukončili a v současnosti



Obrázek 3. Křivka SF proband 3
Figure 3. Heart rate curve proband 3



Obrázek 4. Křivka SF proband 4
Figure 4. Heart rate curve proband 4

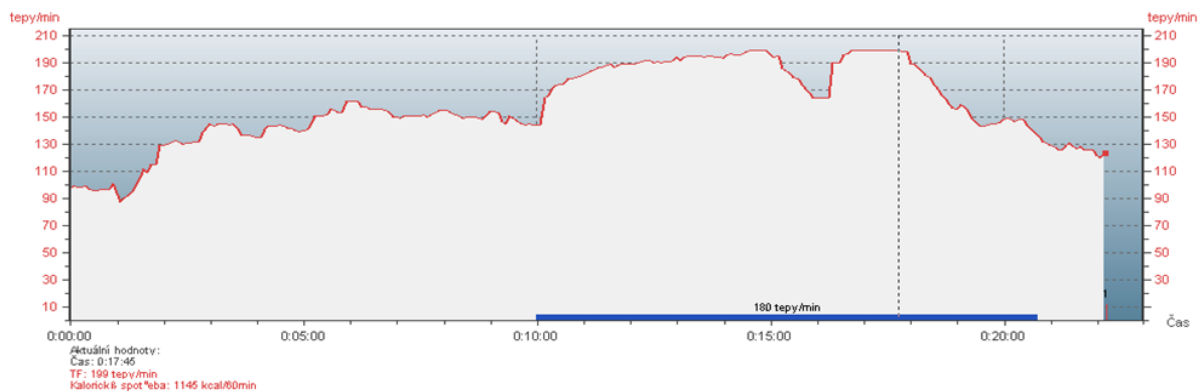
plavou nepravidelně, pro účely udržení tělesné kondice. Výběr probandů jsme redukovali na plavce s plaveckou kariérou nebo ukončenou plaveckou kariérou. Obávali jsme se, že plavci bez plavecké kariéry a vysoké úrovně kraulové techniky by průběh testování nezvládli.

Všichni probandi podstoupili plavecký test kritické rychlosti (Critical Swimming Speed – CSS), čímž jsme získali individuální hodnoty submaximální rychlosti plavání na úrovni anaerobního prahu (ANP), které probandi použili ve fázi rozplavání (GINN, 1993; JURÁK, 2011). Test se skládá ze dvou úseků [400 m (D2) a 50 m (D1) kraul] plavaných maximální rychlostí s 10min odpočinkem mezi jednotlivými úseky. Vyhodnocení a výpočet je následující $CSS = (D2 - D1) \div (T2 - T1)$. Výsledný čas ze 400 m (T2) a 50 m (T1) jsou do vzorce zapisovány v sekundách. Výsledek měření vychází v metrech/sekundu.

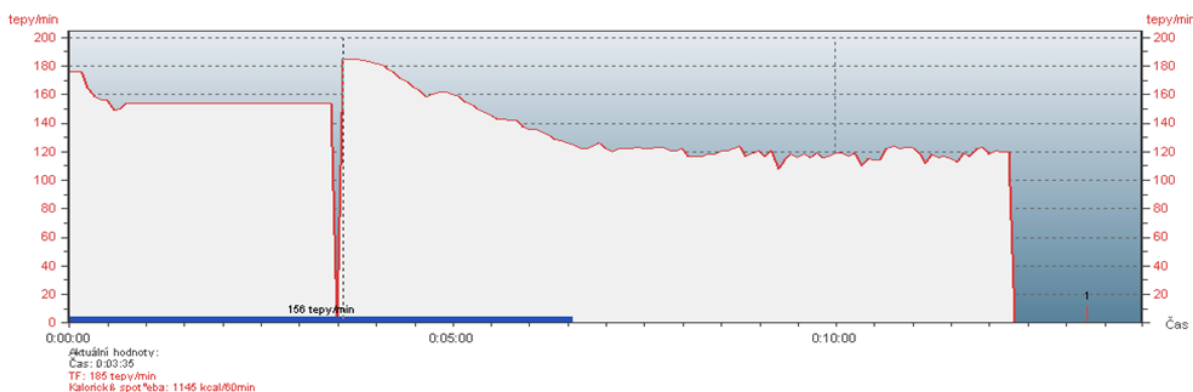
Teplota vody ve flumu před zahájením a v průběhu testu byla 27 °C. Před vlastním provedením testu byl všem probandům měřen krevní tlak, abychom vyloučili poškození organismu. Záznam testování maximální SF byl proveden sporttestry typu Polar 610i u prvních 4 probandů a 625X u zbylých dvou. Oba monitory byly nastaveny na ukládání SF v 5 sekundových intervalech. Zpracování hodnot SF a vytvoření

grafů bylo zajištěno programem Polar Precision Performance. Den před provedením testu jsme probandům doporučili vyvarovat se konzumace návykových látek a nadměrné tělesné zátěže. Všechny probandy jsme seznámili s průběhem testu. Celková doba testu trvala přibližně 20 min. Na základě výše provedené rešerše k teoretickému výpočtu SF_{max} jsme z mnoha vzorců vybrali ten, který sice byl podroben velké kritice, ale nás zajímalo, jak tento teoretický koncept obstojí v konfrontaci s praktickými výsledky našeho testu, $SF_{max} = 220 - \text{věk}$ podle FOXE – HASKELLA (1970) (in ROBERGS & LANDEWEHR, 2002). Ten jsme dále upravili pro potřeby pohybu ve vodním prostředí. Konečný teoretický vzorec, který jsme použili k porovnání s naměřenými hodnotami ve flumu, byl následující: $SF_{max} = (220 - \text{věk}) - 10$. Číslo 10 udává počet tepů, o které snižujeme celkovou hodnotu SF_{max} vlivem vodního prostředí a polohou plavce v něm.

Modifikovaný test pro flum byl upraven dle metodiky testování na cyklistickém trenažéru. Test na suchu se skládá z jedné nebo dvou submaximálních zátěží. Submaximální zátěže slouží k aktivaci a přípravě organismu na postupnou zátěž do maxima. Po té následuje krátký interval odpočinku a poslední část, ve které se po 30 sekundách nebo minutě zvyšuje zátěž až do vita



Obrázek 5. Křivka SF proband 5
Figure 5. Heart rate curve proband 5



Obrázek 6. Křivka SF proband 6
Figure 6. Heart rate curve proband 6

maxima (HELLER, 2005). Pro naše účely jsme metodiku testu upravili následovně. Po vstupu testované osoby do flumu proběhla kontrola fixace hrudního vysílače a zapnutí přijímače sporttesteru. Modifikovaný test se skládal ze tří fází. V první fázi se plavec rozplaval na individuálně zvolené rychlosti po dobu 8 minut. Po uplynulém čase obsluha plavce zastavila, plavec sám potvrdil mezičas na sporttestru. V průběhu maximálně 90 s proběhla kontrola uchycení pásu sporttesteru a jeho funkce. Na pokyn plavec znovu potvrdil mezičas na sporttestru a byla zahájena druhá fáze testování, kdy plavec plaval po dobu 5 minut v intenzitě individuálního ANP, vypočítanou pomocí CSS. Po 5 minutách byl plavec znovu zastaven, sám potvrdil mezičas a odpočíval jednu minutu. Na pokyn potvrdil mezičas a zahájil poslední fázi testu. Rychlost vodního proudu byla nastavena na individuální hodnotě ANP. Po prvních a dalších 30 sekundách obsluha postupně zvyšovala rychlost proudu o 0,1 m/s. Během navýšování rychlosti proudu byl plavec hlasově motivován k podání maximálního výkonu. Test byl ukončen v momentě, kdy plavec nebyl schopen pokračovat v nastavené rychlosti proudu. Po 3 minutách po ukončení testu jsme odebrali krev k posouzení hladiny laktátu.

Výsledky a diskuze

Na 1. obrázku vidíme průběh testu prvního probanda. Ten zahájil 5 minutové plavání na hodnotě CSS 1,1 m/s. V pěti minutovém úseku se jeho srdeční frekvence postupně zvyšovala z počátečních 149 tepů/min na 182 tepů/min. V následujících třech minutách se tělo adaptovalo na konstantní zatížení a srdeční frekvence pozvolna klesla na 177 tepů/min. Na konci minutového odpočinku SF klesla na 167 tepů/min. Po zahájení stupňovaného zatížení se SF po 2 minutách zvýšila na 194 tepů/min. Proband se v této chvíli pohyboval na rychlosti 1,5 m/s. Po zvýšení rychlosti na 1,6 m/s se SF zvýšila na 196 tepů/min, kde zůstala i po zvýšení rychlosti na 1,7 m/s. Měření trvalo celkem 2 minuty a 45 sekund. Proband dosáhl maximální hodnoty 196 tepů/min. Rychlost vodního proudu se zvyšovala z 1,1 m/s na 1,7 m/s. Hladina laktátu po 3 minutách po dokončení testu byla 13,4 mmol/l. Z grafu SF je patrné, že v poslední minutě se SF rapidně nezvyšovala a že v několika posledních desítkách sekund před ukončením testu SF dosáhla maxima. Na základě údajů z grafu a z výsledků měření laktátu se domníváme, že proband dosáhl své SF_{max} . Porovnáme-li hodnoty SF_{max} získané praktickým testem a teoretickým výpočtem, zjistíme, že provedením praktického testu byla SF_{max} o 9 tepů

Tabulka 1. Sledované parametry v testu SF max proband 1 - 6
Table 1. Observed parameters in the test SF max proband 1 - 6

	Prob. 1	Prob. 2	Prob. 3	Prob. 4	Prob. 5	Prob. 6	
Věk	23	20	23	45	22	22	let
Celková průměrná SF	173	169	150	141	180		tepů/min
Průměrná SF 5 min rozplavání	174	169	148	145	187		tepů/min
Minimální SF v průběhu testu	132	132	80	92	136		tepů/min
CSS – kritická rychlost	1,1	1,1	1,4	1,1	1,4	1,2	m/s
Teoretický výpočet $SF_{max} - 10^{(1)}$	187	190	187	165	188	188	tepů/min
Teoretický výpočet $SF_{max}^{(2)}$	197	200	197	175	198	199	tepů/min
Hodnoty SF max v testu	196	197	185	174	199	185	tepů/min
Zvýšení rychlosti	1,1-1,7	1,1-1,6	1,4-1,9	1,1-1,6	1,4-1,7	1,2-1,8	m/s
Hodnota laktátu	13,4	11	9,5	7,7	13,3	9,5	mmol/l

Legenda:

1 – Teoretický výpočet s odečtem -10 tepů pro vodní prostředí

2 – Teoretický výpočet bez odečtu FOX – HASKELL (1970) in ROBERGS – LANDEWEHR (2002)

vyšší ve flumu než hodnota vypočítaná teoretickým výpočtem. Rovněž bychom se mohli domnívat, že adaptace na vodní prostředí u tohoto probanda je na takové úrovni, že žádný dodatečný odpočet od základního vzorce nepotřebuje a že v jeho případě jde uplatnit vztah $SF_{max} = 220 - \text{věk}$. Přehledně prezentujeme všechny údaje v 1. tabulce.

Na 2. obrázku vidíme průběh testu druhého probanda. Ten zahájil 5 minutové plavání na hodnotě CSS 1,1 m/s. V pěti minutovém úseku se jeho srdeční frekvence postupně zvyšovala z počátečních 156 tepů/min na 178 tepů/min. Na konci minutového odpočinku se SF ustálila na 160 tepů/min. Po zahájení stupňovaného zatížení se SF po 2 minutách zvýšila na 193 tepů/min. Proband se v této chvíli pohyboval rychlostí 1,5 m/s. Po zvýšení rychlosti na 1,6 m/s se SF zvýšila na 197 tepů/min. Měření trvalo celkem 2 minuty a 25 sekund. Proband dosáhl maximální hodnoty 197 tepů/min. Rychlost vodního proudu se zvyšovala z 1,1 m/s na 1,6 m/s. Hladina laktátu po 3 minutách po dokončení testu byla 11,0 mmol/l. Z grafu SF je patrné, že v posledních minutě se SF zvyšovala do bodu, kdy proband nemohl pokračovat již dál a zastavil. Na rozdíl od prvního probanda jeho křivka SF neukazuje charakteristické plató. Domníváme se, že proband dokončil test příliš brzy. Přesto můžeme předpokládat, že na základě údajů z grafu a z výsledků měření laktátu se proband přiblížil svému SF_{max} . Porovnáme-li hodnoty SF_{max} získané praktickým testem a teoretickým výpočtem, zjistíme, že provedením praktického testu byla SF_{max} o 7 tepů vyšší ve flumu než hodnota vypočítaná teoretickým výpočtem. Přehledně prezentujeme všechny údaje v 1. tabulce.

Na 3. obrázku vidíme průběh testu třetího probanda. Ten zahájil 5 minutové plavání na hodnotě CSS 1,4 m/s. V pěti minutovém úseku se jeho srdeční frekvence postupně zvyšovala z počátečních 150 tepů/min na 160 tepů/min. Na konci minutového odpočinku se SF ustálila na 150

tepů/min. Během zahájení stupňovaného zatížení se SF v 1. minutě snížila na 130 tepů a nevykazovala žádný posun. Domníváme se, že tato anomálie byla způsobena stresem z očekávání, jak daný test proband zvládne. Po 2 minutách se SF stabilizovala a začala rychle stoupat až na 170 tepů/min. Proband se v této chvíli pohyboval rychlostí 1,6 m/s. Po zvýšení rychlosti na 1,7 m/s SF stoupla na 182 tepů/min. V průběhu dalšího zvýšení rychlosti na 1,8 m/s SF se krátkodobě stabilizovala na 185 tepů/min. Dále se pak již nezvyšovala, ale naopak klesla na 183 tepů/min s dalším navýšením rychlosti na 1,9 m/s. Měření trvalo celkem 3 minuty a 5 sekund. Proband dosáhl maximální hodnoty 185 tepů/min. Rychlost vodního proudu se zvyšovala z 1,4 m/s na 1,9 m/s. Hladina laktátu po 3 minutách po dokončení testu byla 9,5 mmol/l. Z grafu SF je patrné, že v posledních minutě se SF již nezvyšovala a ustálila se na 183 tepů/min. Nejsme si zcela jisti zda, na základě údajů z grafu a z výsledků měření laktátu proband dosáhl svého SF_{max} . Křivka SF sice vykazuje fázi stabilizace, ale hodnoty laktátu jsou nižší. Porovnáme-li hodnoty SF_{max} získané praktickým testem a teoretickým výpočtem, zjistíme, že provedením praktického testu, byla SF_{max} o 2 úderů nižší ve flumu než hodnota vypočítaná teoretickým výpočtem. Přehledně prezentujeme všechny údaje v 1. tabulce.

Na 4. obrázku vidíme průběh testu čtvrtého probanda. Ten zahájil 5 minutové plavání na hodnotě CSS 1,1 m/s. V pěti minutovém úseku se jeho srdeční frekvence postupně zvyšovala z počátečních 100 tepů/min na 158 tepů/min. Na konci minutového odpočinku se SF ustálila na 130 tepů/min. Po zahájení stupňovaného zatížení se SF po 2 minutách zvýšila na 173 tepů/min. Proband se v této chvíli pohyboval na rychlosti 1,4 m/s. Po zvýšení rychlosti na 1,6 m/s se SF zvýšila na 174 tepů/min, kde v krátkých časových intervalech SF kolísala v rozmezí několika úderů. Měření trvalo celkem 2 minuty a 15 sekund. Proband dosáhl

maximální hodnoty 174 tepů/min. Rychlost vodního proudu se zvyšovala z 1,1 m/s na 1,6 m/s. Hladina laktátu po 3 minutách po dokončení testu byla 7,7 mmol/l. Na základě křivky SF z obrázku 4 se domníváme, že proband dosáhl své SF_{max} , i když výsledky měření laktátu to zcela nepotvrzují. Zajímavé by bylo, o kolik mmol/l by se zvedla hladina laktátu v případě, že by proband pokračoval v testování na dané rychlosti. Křivka SF sice v poslední části již nestoupá, ale rovněž nevykazuje fázi stabilizace. Porovnáme-li hodnoty SF_{max} získané praktickým testem a teoretickým výpočtem, zjistíme, že provedením praktického testu, byla SF_{max} o 9 úderů vyšší ve flumu než hodnota vypočítaná teoretickým výpočtem. Přehledně prezentujeme všechny údaje v 1. tabulce.

Na 5. obrázku vidíme průběh testu pátého probanda. Ten zahájil 5 minutové plavání na hodnotě CSS 1,4 m/s. V pěti minutovém úseku se jeho srdeční frekvence postupně zvyšovala z počátečních 145 tepů/min na 199 tepů/min. Na konci minutového odpočinku se SF ustálila na 164 tepů/min. Po zahájení stupňovaného zatížení SF během necelé 1. minuty zvýšila na 190 tepů/min. Ve 2. minutě se SF stabilizovala na konečných 199 tepů/min a dále se již neměnila. Proband se v této chvíli pohyboval rychlostí 1,7 m/s. Měření trvalo celkem 1 minutu a 15 sekund. Proband dosáhl maximální hodnoty 199 tepů/min. Rychlost vodního proudu se zvyšovala z 1,4 m/s na 1,7 m/s. Hladina laktátu po 3 minutách po dokončení testu byla 13,3 mmol/l. Je zajímavé, že maximální hodnoty SF bylo dosaženo již ve fázi přípravy na zátěžový test. Na konci 5 minuty je patrná stabilizace SF, která se pak objevuje během 1. minuty stupňovaného zatížení. V porovnání s ostatními probandy je zarážející i krátká doba maximálního testu. Tyto rozdíly bychom mohli vysvětlit příliš vysoko nastavenou rychlostí CSS. Domníváme se, že na základě údajů z grafu a z výsledků měření laktátu proband dosáhl svého SF_{max} . Porovnáme-li hodnoty SF_{max} získané praktickým testem a teoretickým výpočtem, zjistíme, že provedením praktického testu, byla SF_{max} o 11 úderů vyšší ve flumu než hodnota vypočítaná teoretickým výpočtem. Výsledek probanda č. 5 je zajímavý z ještě jednoho důvodu. I když se jeho SF neustále pohybovala na velmi vysokých hodnotách, podle svých slov své maximální srdeční frekvence nedosáhl. Argumentoval svými výsledky testu SF_{max} na suchu, kde dosáhl hodnot přesahujících 210 tepů/min. V tomto případě se domníváme, že na základě křivky SF v 5. obrázku svého maxima dosáhl, i když to vnímal jinak. Tento výsledek podporuje i fakt, že rozdíl hodnot SF_{max} v testu na suchu a ve vodě odpovídá rozdílu hodnot SF, který se udává pro odečet pro zátěž ve vodním prostředí, což je přibližně 10 tepů. Přehledně prezentujeme všechny údaje v 1. tabulce.

Na 6. obrázku vidíme průběh testu 6. Probanda. Ten zahájil 5 minutové plavání na hodnotě CSS 1,2 m/s, ale záznam SF vykazuje chybu. Domníváme se, že chybu ve vysílání a přijímání signálu způsobil sám proband. Přesto se nám některé hodnoty podařilo zaznamenat z průběhu testu. Ve stupňované zátěži došlo k navýšení rychlosti vodního proudu z 1,3 m/s na 1,8 m/s. Měření trvalo 3 minuty. SF dosáhla maximální hodnoty 185 tepů/min. Hladina laktátu po 3 minutách po dokončení testu byla 9,5 mmol/l. Z výsledků měření laktátu a SF_{max} , si nejsme jisti, zda proband dosáhl své SF_{max} . Přehledně prezentujeme všechny údaje v 1. tabulce.

Závěr

Jedním z hlavních cílů naší práce bylo zjistit, zda je možné provést test SF_{max} ve flumu dle upravené metodiky zátěžové diagnostiky prováděné na cyklistickém trenažeru na suchu. Z výsledků vyplývá, že u tří probandů se stupňovaným testem podařilo dosáhnout vysokých hodnot jak SF_{max} , tak i hladiny laktátu. Na základě naměřených nižších hodnot laktátu a SF_{max} u 3. a 6. probanda si nejsme jisti, zda-li dosáhli maximálních hodnot, i když křivka SF u probanda číslo 3 vykazuje fázi stabilizace. V tomto případě bychom museli provést další měření, aby se potvrdilo, zda jejich hodnoty byly konečné. U probanda číslo 4 jsme sice naměřili nižší hodnoty laktátu, ale na druhou stranu velikost SF_{max} v porovnání s věkem odpovídala maximální hranici. Jak jsme již uvedli, křivka SF ve 4. obrázku u 4. probanda v poslední části mírně stoupala a klesala, ale nevykazovala zřejmou fázi stabilizace, která je v testu do víta maxima charakteristická.

Druhým cílem bylo posoudit, zda teoretický výpočet SF_{max} dle vzorce FOXE a HASKELLA (1970) in ROBERGS & LANDEWEHR (2002) ob stojí v konfrontaci s praktickými výsledky našeho testu. Čtyři z šesti probandů vykazovali rozdílné hodnoty v porovnání se vzorcem, který byl upraven pro pohyb ve vodním prostředí. Průměrně byly hodnoty probandů o 9 tepů vyšší než upravené hodnoty. Bez provedené úpravy by hodnoty teoretického výpočtu, tak i SF_{max} ve flumu byly téměř totožné. Abychom se mohli domnívat, že neupravený vzorec $SF_{max} = 220 - \text{věk}$ souvisí se SF_{max} určenou pro kontrolu zatížení ve vodním prostředí, museli bychom uskutečnit další měření s větším počtem probandů plavců a s náležitým statistickým zpracováním výsledků. Rovněž jsme zjistili, že použití konceptu CSS, kterým jsme vypočítali individuální hodnoty ANP v m/s, se ukázaly jako vhodný parametr pro plavání v submaximální intenzitě před provedením testu.

V průběhu testování jsme se setkali i s problémy, které nám ztěžovaly plnou kontrolu nad prováděným testem. Vlastní komunikace s testovaným je narušena vodním prostředím. Nejsme

schopni testovanému sdělovat průběh testu, motivovat jej k většímu výkonu. Tento problém je spojen i s kontrolou přístrojů a přenášených dat v průběhu testu. Naším cílem bylo, že budeme zaznamenávat SF každou minutu. I když se nám podařilo navázat příjem SF z hrudního pásu testovaného, signál velmi často vypadal. Stále přemýšlíme o délce intervalu jednotlivých stupňů rychlosti vodního proudu. Jeden z probandů uvedl, že by pro něj bylo vhodnější, kdyby interval zvýšení rychlosti nebyl 30 s, ale 1 minuta. Měl pocit, že se nestačil přizpůsobit dané rychlosti a tím pro něj byly „rychlé“ změny rychlosti vodního proudu psychicky náročnější. Rovněž jsme se setkali s problémem řízení rychlosti vodního proudu. Jeden z probandů nám sdělil, že jej omezovala současná maximální rychlost proudu vody. Domníval se, že by dosáhl vyšších hodnot SF_{max} , kdyby rychlost vodního proudu byla vyšší. I přes uvedené nedostatky, které jsme uvedli, si myslíme, že plavecký trenážer je možné k testování maximální SF používat. Jsme si vědomi, že bude potřeba provést ještě další měření s větším množstvím probandů, abychom byli schopni zobecnit jak použité metodiky, tak i teoretické úvahy, které jsme v textu uvedli. Naším cílem je rovněž dokončit vybavení plavecké laboratoře o spiroergometrii, která nám umožní získávat relevantní data spojená s pohybem člověka ve vodě.

Na závěr bych chtěl poděkovat paní Lence Zahálkové za její čas, trpělivost a ochotu při odběrech laktátu.

Literatura

- Bunc, V. (1990). *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Praha: Optis print. Cagaň, Š. (2012). *Aplikace Critical Swimming Speed v plaveckém trenážeru*. Praha, 51 s. Bakalářská práce na UK FTVS, Vedoucí práce Daniel Jurák.
- Formánek, J. & Horčic, J. (2003). *Triatlon* 1. vyd. Praha: Olympia. 242 s.
- Ginn, E. (1993). *The application of the critical power test to swimming and swim training programmes*. Australian National Sports Research Centre, Canberra: A. C. T.
- Graef, F., I. & Kruel L., F. (2006). *Heart rate and perceived exertion at aquatic environment: differences in relation to land environment and applications for exercise prescription*. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, Jul. vol. 12, no. 4, s. 198-201.
- Gulati, M. et al. (2010). *Heart Rate Response to Exercise Stress Testing in Asymptomatic Women*. Exercise Physiology. 130-137 dostupné z <http://circ.ahajournals.org/content/122/2/130.full>.
- Heller, J. (2005). *Laboratory Manual for Human and Exercise Physiology*. Charles University in Prague: The Karolinum Press, s. 186.

- Hendl, J., Dobrý, L. & kol. (2011). *Zdravotní benefity pohybových aktivit: Monitorování, intervence, evaluace*. Praha: Karolinum, s. 179-180.
- Hubička, T. (2012). *Testování maximální srdeční frekvence v plaveckém trenážeru*. Praha, 61 s. Bakalářská práce na UK FTVS, Vedoucí práce Daniel Jurák.

- Jackson, A., S. et al. (2007). *Estimating Maximum Heart Rate From Age: Is It a Linear Relationship?* Medicine & Science in Sports & Exercise, 39 (5), p. 822-829.

- Jurák, D. & Suchomelová, H. (2010). Vliv vodního prostředí na změny srdeční frekvence In Benčuriková, L., Macejková, Y. (Eds.) *Štúdium motoriky človeka vo vodnom prostredí*. Bratislava: FTVŠ UK, 2010. s. 186-197.

- Jurák, D. (2011). Expertní analýza provedení prsařského koku Petry Chocové. In Pokorná, J., Peslová, E. (Eds.) *Plavecká lokomoce a zatěžování ve vodě*. Sborník z konference konané v Praze dne 1. 12. 2011. Praha: UK FTVS, KPS, 2011. s. 16 - 20.

- Jurák, D. (2011). Krátký přehled neinvazivních metod kontroly a řízení plaveckého tréninku. In Pokorná, J., Peslová, E. (Eds.) *Plavecká lokomoce a zatěžování ve vodě*. Sborník z konference konané v Praze. Praha: UK FTVS, KPS, 2011. s. 95 - 98.

- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming faster*. 2. vyd. USA: Human Kinetics.

- Miller et. al. (1993). *Predicting max HR*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 25(9), p. 1077-1081

- Robergs, R., A. & Landwehr, R. (2002). *The surprising history of the "HRmax=220-age" equation*. Official Journal of The American Society of Exercise Physiologists (2005) (ASEP) [online]. May, vol. 5, issue 2. Last revision 27th of May [cit. 2012-06-01]. Dostupné z <<http://faculty.css.edu/tboone2/asep/May2002JEPonline.html>>.

- Whyte, G., P. et al. (2008). *Training Induced Changes in Maximum Heart Rate*. Int J Sports Med, 29(2), p. 129-133.

- Wilmore, J. & Costill, D. (1999). *Physiology of sport and exercise*. Champaign : Human Kinetics, 710 s.

Elektronické zdroje:

- Pešl, M. (2012). *Řízení srdeční činnosti*. [online]. [citováno 16. 5. 2012] Dostupné z WWW: <<http://www.med.muni.cz/~mpesl/trafficjam/Prirodu/LF/>>.

Mgr. Daniel Jurák

Fakulta tělesné výchovy a sportu UK

José Martino 31, Praha 6

jurak@ftvs.cuni.cz