

## Porovnání tepové frekvence ve vodním prostředí a na suchu

Dan Thiel\* a Karel Sýkora

*Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika*

**Copyright:** © 2016 D. Thiel and K. Sýkora. Toto je open access článek vydaný pod Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Východiska:** Rozdíl mezi atmosférickým vzduchem a vodou lze popsat na základě chemických a fyzikálních vlastností. Rozdíl těchto vlastností ve vodě a na suchu prokazatelně ovlivňuje sportovní výkon a nelze stejnou činnost vykonávat v obou prostředích totožně. Patrné je to zejména u biomechaniky pohybu, kde důležitou roli hraje hustota prostředí. Kromě biomechaniky je u činností porovnáván rozdíl vlivu prostředí na fyziologickou odezvu lidského organismu. Změna tepové frekvence je jedním z fyziologických parametrů, které jsou zkoumány. **Cíle:** Zjistit, zda ponoření organismu pod vodní hladinu má statisticky signifikantní vliv na změnu klidové tepové frekvence oproti tepové frekvenci na suchu. **Metodika:** Jedná se o kvantitativní studii prováděnou porovnáním hodnot tepové frekvence na suchu a pod vodní hladinou u 30 sportovců se zkušenostmi s plaveckými sporty (věk  $23,7 \pm 1,8$  let). Tepová frekvence byla měřena ve statické poloze vleže na zádech po dobu pěti minut (výška vodního sloupce = 26 cm, teplota vody byla  $30,4 \pm 0,2^\circ \text{C}$ , teplota vzduchu byla  $23,4 \pm 0,4^\circ \text{C}$ ). Pro výpočet statistické významnosti byl použit parametrický párový Studentův t-test ( $p = 0,05$ ). Pro určení věcné významnosti byla u tepové frekvence stanovena hranice  $\pm 3$  tepy za minutu. **Výsledky:** Výsledky parametrického párového Studentova t-testu, u žádného časového bodu (každá patnáctá sekunda z pětiminutového měření), nepotvrdily statisticky signifikantní rozdíl klidové tepové frekvence ve vodě a na suchu ( $p = 0,080\text{--}0,925$ ). U deseti probandů došlo ke snížení tepové frekvence ve vodě minimálně o 3 tepy za minutu, u sedmi probandů se minimálně o 3 tři tepy za minutu zvýšila tepová frekvence a u třinácti probandů se pohybovala v rozmezí  $\pm 3$  tepy za minutu. **Závěry:** Výsledky ukázaly, že vodní prostředí nemá statisticky signifikantní vliv na změnu klidové tepové frekvence. Při zkoumání věcné významnosti jsme nedospěli k výsledkům, které by ukazovaly jasný trend rozdílu tepové frekvence na suchu a ve vodě. Při činnostech ve vodě doporučujeme pracovat s aktuálně naměřenými hodnotami tepové frekvence.

**Klíčová slova:** plavání, tepová frekvence, voda, potápění, tepová frekvence ve vodě

### Úvod

Rozdílu tepové frekvence ve vodním prostředí a na suchu se v posledních letech zabývalo několik autorů a to většinou s odlišným designem výzkumu. Hodnoty rozdílu klidové i maximální tepové frekvence ve vodě a na suchu však nelze, na základě výsledků studií, jasně určit a následně zobecnit. Autoři se totiž rozcházejí jak v rozdílu tepové frekvence, tak v důsledku vzniku tohoto jevu. McEvoy (1985) doporučuje pro určení tréninkového pásma pro kondiční plavání odečítat 10 tepů za minutu. Důvodem je vodorovná poloha těla, která zlepšuje rozvod krve po krevním řečišti a zvyšuje tepový objem. Casuso et al.

(2014) zjistili, že tepová frekvence je nižší při pasivním odpočinku po plaveckém sprinterském výkonu ve vodě než na suchu. Suchomelová (2009) naměřila snížení tepové frekvence o 10 % při tažení testované skupiny ve vodě oproti tepové frekvenci měřené vleže na suchu. Obecně také další autoři počítají se snížením tepové frekvence, i když přesně neurčují míru snížení (Bunc, 1990; Bělková-Preislerová, 1988; Colwin, 1992; Edwards, 1996; Maglischo, 2003; Olbrecht, 2000). Graef a Kruel (2006) určili faktory, které změny tepové frekvence ve vodě mohou ovlivňovat. Patří mezi ně teplota vody, hydrostatický vztlak, poloha těla, hloubka ponoření, klidová tepová frekvence a intenzita prováděné činnosti.

Autoři uvádějí, že se snižující se teplotou vody dochází také ke snížení tepové frekvence (Dressendorfer, Morlock, Baker, & Hong, 1976; Lees, 2007). To potvrzuje výzkumem Alexiou (2014), v němž

\* Korespondenční adresa: Dan Thiel, Katedra fyziologie a biochemie, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova v Praze, José Martího 269/31, 162 52 Praha 6, Česká republika. E-mail: [thiel@ftvs.cuni.cz](mailto:thiel@ftvs.cuni.cz)

předkládá změnu tepové frekvence při teplotě vody 20° C, 26° C a 32° C. Bergamin, Ermolao, Matten, Sieverdes a Zaccaria (2015) zjistili, že při pohybovém výkonu u jedenácti probandů starších než 65 let, je tepová frekvence statisticky signifikantně vyšší ve vodě o teplotě 36° C oproti vodě o teplotě 28° C. Müller et al. (2001 in Graef & Kruehl, 2006) porovnávali vertikální ponoření organismu se stejnou polohou na suchu. Výsledky ukázaly, že tepová frekvence se ve vodě o teplotě 33° C snížila o 17 tepů za minutu, při teplotě vody 30° C se snížila o 24 tepů za minutu a u vody, která měla 27° C, bylo zaznamenáno snížení tepové frekvence o 27 tepů za minutu. Pokles tepové frekvence potvrdili také Robey et al. (2013) ve výrazně studenější vodě (15° C), než je pro plavání běžné.

Studie, které se zabývají vlivem hloubky ponoření organismu na změnu tepové frekvence, jsou orientované převážně na hloubkové potápění. V těchto případech jde o ponoření organismu do hloubky několika metrů nebo desítek metrů. Díky tlaku, který v těchto hloubkách působí na organismus, dochází ke snížení tepové frekvence (Marabotti et al., 2013). Vliv tlaku na tepovou frekvenci je u hloubek do 1 m nejasný. Onodera et al. (2010) předložili výsledky, které ukazují změnu tepové frekvence v závislosti na hloubce ponoření těla ve vertikální poloze. Risch, Koubenec, Beckmann, Lange a Gauer (1978) nezaznamenali rozdíl mezi tepovou frekvencí měřenou při běhu stejnou intenzitou s hloubkou vody po pás a při běhu na suchu.

Tepovou frekvenci ve vodním prostředí může ovlivnit také diving reflex. Ten je přirozenou a nejtypičtější reakcí kardiovaskulárního systému na podráždění chladových receptorů. Diving reflex ale není jevem, který by se projevoval po celou dobu ponoření organismu pod vodní hladinu. Schagatay, Andersson, Hallén a Pålsson (2001) uvádějí, že zhruba po 30 sekundách od začátku ponoření dochází k ustálení kardiovaskulárních parametrů srdečního rytmu a jeho hodnota se výrazněji nemění do konce apnoe. Velikost diving reflexu závisí také na teplotě vody, do které je lidský organismus ponořen. Přičemž platí, že větší snížení tepové frekvence je prokázáno u vody s nižší teplotou (Baran, 2010; Berk, Shea, & Crevey, 1991; Paulev et al., 1990; Schagatay & Andersson, 1998).

Rokyta (2015) uvádí, že na změnu tepové frekvence mají obecně vliv biorytmy tepové frekvence. Ty lze pozorovat stejně na suchu jako ve vodě a jsou zaznamenávány v periodách kolem 24 hodin (cirkadiánní biorytmy), delších než 24 hodin (intra-diální biorytmy) a periodách kratších než 24 hodin (ultradiální biorytmy).

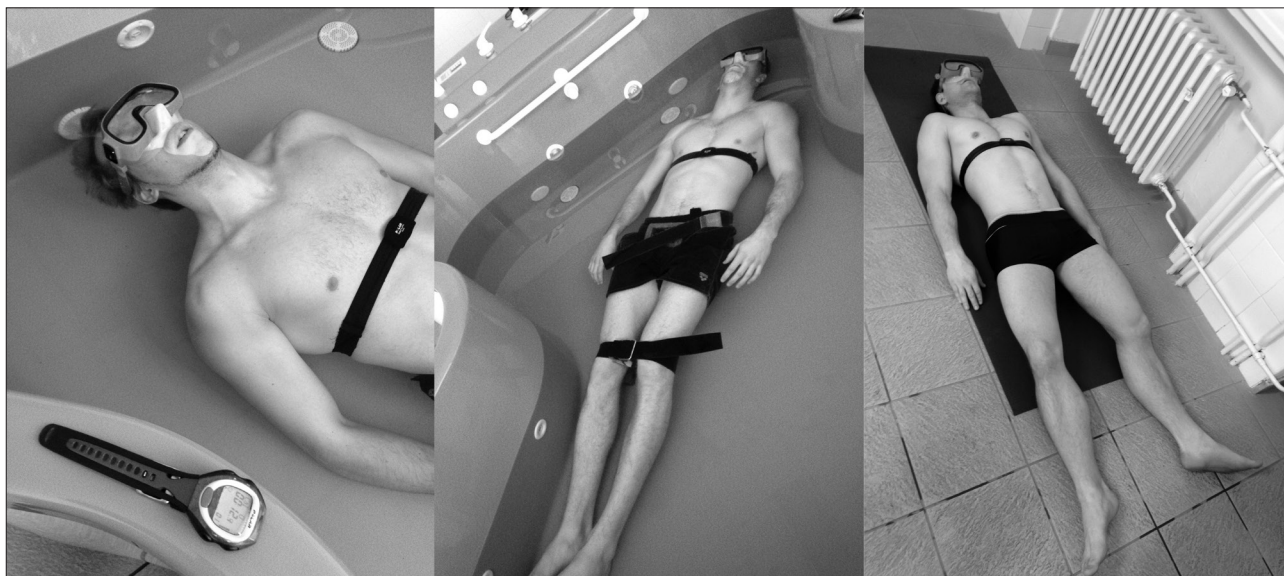
## Metodika

### Výzkumný soubor

Při výběru testovaného souboru šlo o záměrný výběr odpovídající sportující populaci, která je adaptována na vodní prostředí. Sledovaným souborem bylo 30 studentů Fakulty tělesné výchovy a sportu na Univerzitě Karlově (FTVS UK) (věk  $23,7 \pm 1,8$  let). Všichni vybraní studenti dosahují totožného minimálního stupně trénovanosti. Ten byl stanoven překonáním přijímacích zkoušek na FTVS UK. Dále všichni absolvovali alespoň jeden semestr výuky plavání. Z celkového souboru 30 probandů jich 26 absolvovalo výuku potápění a potápěčský kurz na FTVS UK. Všichni dobrovolníci se tedy na vodní prostředí při testování dokázali bez problémů adaptovat. Samozřejmostí bylo podepsání informovaného souhlasu s výzkumem, který byl schválen Etickou komisí FTVS UK (č. 010/2014).

### Výzkumné metody a způsob měření

Jedná se kvantitativní studii s teoreticko-empirickým charakterem. Výzkumnou metodou bylo pozorování. Stěžejním úkolem projektu bylo snímání tepové frekvence za pomoci neinvazivního monitorovacího zařízení Polar S610i. Měření tepové frekvence probíhalo v obou prostředích po dobu pěti minut. Nejprve probíhalo měření na suchu a poté měření ve vodě. Každému měření vždy předcházelo uklidnění organismu po dobu pěti minut, při kterém probandi setrvali v totožné poloze jako při samotném měření. Měření na fázi uklidnění plynule navazovalo. Tepová frekvence byla snímána vleže v klidové, statické poloze na zádech. Při snímání tepové frekvence jsme v obou prostředích, kromě vlivu vodního prostředí, dodrželi totožné podmínky měření. Výška vodního sloupce byla 26 cm, průměrná teplota vody při jednotlivých měřeních byla  $30,4 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  a průměrná teplota vzduchu byla  $23,4 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ . Důvodem rozptylu teploty vody bylo technické omezení zařízení, ve kterém měření probíhalo. Při jednotlivých měřeních se teplota vody a vzduchu pohybovala  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Probandi měli po celou dobu zklidnění i měření nasazenou potápěčskou masku jak ve vodě, tak na suchu. Ve vodním prostředí měli probandi kolem pasu a kolen připevněné závaží (3 kg, potažmo 2,5 kg), aby nedocházelo ke vznášení ve vodě (Obrázek 1). Závaží neomezovalo dýchání, nesvíralo probandy a nemělo vliv na tepovou frekvenci. Nad vodou byla pouze ústa a část obličeje v masce. Výšku vodního sloupce (26 cm) jsme zvolili proto, aby byly ponořeny všechny části těla kromě úst, ale přitom byla výška vodního sloupce



Obrázek 1. Pozice probandů při měření

co možná nejmenší. Důvodem bylo simulování podmínek závodního plavání, kdy je tělo plavce na hladině, nebo těsně pod ní. Ze všech naměřených hodnot tepové frekvence jsme vybrali hodnoty, které odpovídají každé patnácté sekundě z celkově měřených pěti minut. Hodnoty jsme následně zpracovali a statisticky vyhodnotili. U všech časových bodů byla jednotlivými testy ověřena normalita rozložení dat (Kolmogorov-Smirnov test, Shapiro-Wilk test). Ve všech měřeních bylo potvrzeno normální rozložení dat. Stěžejní informací byly výsledky parametrického párového Studentova  $t$ -testu, které určily, zda existuje statistický rozdíl mezi naměřenými hodnotami na suchu a ve vodě. Hladina pro určení statistické významnosti (rozdílu) byla určena na základě standardně používané hodnoty  $p = 0,05$  (Hendl, 2004). Pro komplexnost výsledků jsme určili také jejich věcnou významnost. V té jsme hledali rozdíl naměřených hodnot u jednotlivých probandů minimálně o 3 tepy za minutu a sledovali, zda jde o zvýšení nebo snížení tepové frekvence. Hranice 3 tepů za minutu byla vybrána z důvodu eliminace chyby měřicího zařízení (sporttesteru) a na základě empirických zkušeností.

## Výsledky

Výsledky parametrického párového Studentova  $t$ -testu u žádného časového bodu (každá patnáctá sekunda z pětiminutového měření) nepotvrdily statisticky signifikantní rozdíl klidové tepové frekvence ve vodě a na suchu. Nejblíže bylo k hladině významnosti ( $p = 0,05$ ) dosaženo v časovém bodě 1 : 45 ( $p = 0,080$ ),

dále se hodnoty u jednotlivých časových bodů pohybovaly až do  $p = 0,925$  (Tabulka 1).

Při vyhodnocení věcné významnosti změny konkrétních hodnot tepové frekvence jsme u deseti probandů zjistili snížení minimálně o tři tepy za minutu, u sedmi probandů se tepová frekvence minimálně o 3 tepy zvýšila a u třinácti probandů se pohybovala v rozmezí  $\pm 3$  tepy za minutu. Výsledky nenaznačují konkrétní trend odezvy tepové frekvence ve vodním prostředí a nelze z nich předložit jasný závěr. Zřetelný přehled a porovnání zaznamenaných tepových frekvencí je uveden v tabulce 2.

## Diskuze

Z výsledků naší studie vyplývá, že námi naměřené hodnoty jsou v rozporu s doporučeními, které předložili autoři článků zabývajících se stejným, nebo podobným tématem. Autoři totiž obecně doporučují počítat se snížením tepové frekvence ve vodním prostředí. Počet tepů, o který by se měl výsledný minutový počet snížit, je u jednotlivých výzkumů rozdílný. Například McEvoy (1985) doporučuje při vodotěsné fyzické aktivitě ve vodě odečítat v průměru 10 tepů/min od naměřených hodnot. Tato hodnota je však velmi zavádějící, protože klidová tepová frekvence může být mezi testovanými osobami rozdílná někdy až o 20 tepů/min (tento údaj je brán z námi naměřených výsledků). Při zátěži by tento rozdíl mohl být ještě vyšší. U člověka s klidovou tepovou frekvencí 40 tepů/min by pokles o 10 tepů/min byl 25 %. Na druhou stranu u člověka s klidovou tepovou



Tabulka 1

Výsledné hodnoty parametrického párového Studentova *t*-testu

		Párové rozdíly					<i>p</i>
		Průměr	Směrodatná odchylka	Střední chyba	95% interval spolehlivosti		
					spodní	horní	
Pair 1	out15 – in15	0,100	5,115	0,934	–1,810	2,010	0,915
Pair 2	out30 – in30	1,300	5,873	1,072	–0,893	3,493	0,235
Pair 3	out45 – in45	0,533	5,457	0,996	–1,504	2,571	0,596
Pair 4	out100 – in100	0,533	5,716	1,044	–1,601	2,668	0,613
Pair 5	out115 – in115	0,900	4,992	0,911	–0,964	2,764	0,332
Pair 6	out130 – in130	0,933	4,668	0,852	–0,810	2,676	0,282
Pair 7	out145 – in145	1,667	5,026	0,918	–0,210	3,544	0,080
Pair 8	out200 – in200	0,600	5,648	1,031	–1,509	2,709	0,565
Pair 9	out215 – in215	0,133	5,211	0,951	–1,812	2,079	0,890
Pair 10	out230 – in230	–0,400	6,123	1,118	–2,686	1,886	0,723
Pair 11	out245 – in245	–0,133	5,600	1,022	–2,224	1,958	0,897
Pair 12	out300 – in300	–0,100	5,732	1,046	–2,240	2,040	0,925
Pair 13	out315 – in315	0,933	5,245	0,958	–1,025	2,892	0,338
Pair 14	out330 – in330	–0,133	6,101	1,114	–2,412	2,145	0,906
Pair 15	out345 – in345	–0,400	5,197	0,949	–2,341	1,541	0,676
Pair 16	out400 – in400	0,100	5,598	1,022	–1,990	2,190	0,923
Pair 17	out415 – in415	0,333	6,093	1,112	–1,942	2,609	0,767
Pair 18	out430 – in430	–0,133	6,224	1,136	–2,457	2,191	0,907
Pair 19	out445 – in445	1,000	7,032	1,284	–1,626	3,626	0,442
Pair 20	out500 – in500	–0,567	5,935	1,084	–2,783	1,649	0,605

*Vysvětlivky.* Pair = hodnoty všech probandů pro daný časový bod; out = hodnoty tepové frekvence na suchu; in = hodnoty tepové frekvence ve vodě; *p* = statistická signifikance

frekvencí 60 tepů/min by pokles o 10 tepů/min byl pouze 16,6 %, což znamená rozdíl 8,4 %. Proto by bylo lepší stanovení procentuální hodnoty odečtu než konkrétní hodnota tepové frekvence.

Výzkumy ukazují, že tepová frekvence se snižuje s klesající teplotou vody. Avšak u všech byla sledována odezva tepové frekvence při změně teploty vody minimálně o 3° C. Během našeho výzkumu byla průměrná teplota vody při porovnání jednotlivých měření  $30,4 \pm 0,2^\circ \text{C}$ , přičemž během samotných měření se SD pohybovala  $\pm 0,1^\circ \text{C}$ . Nastavení teploty ve zmíněném rozmezí jsme určili na základě pilotního měření. Při něm jsme hledali takovou teplotu vody, která bude nastavena „pocitově“ termoneutrálně, tak aby nebyla probandům ve vodě zima nebo naopak teplo. Teplota vody a její změna by, na základě našeho pilotního měření a v konfrontaci s literaturou, neměla ovlivnit dosažené výsledky. Rozmezí teploty vody, které se dá považovat za termoneutrální, je závislé na vícero faktorech lišících se u jednotlivců ve zkoumaném

souboru. Mezi tyto faktory patří množství tukové tkáně (především podkožní), hydratace organismu, teplota organismu, aktuální biorytmus. Z těchto důvodů nelze stanovit hranice pro termoneutrální prostředí. Přesto na základě předešlých výzkumů můžeme hovořit o rozmezí 28–34° C (Alexiou, 2014).

Hloubka ponoření organismu má na tepovou frekvenci prokazatelný vliv. Avšak výzkumy, které by řešili tepovou frekvenci v malých hloubkách (do 1 metru pod hladinou), lze spočítat v jednotkách. Nelze tedy jasně určit, jak změna hloubky v řádu desítek centimetrů ovlivňuje tepovou frekvenci. Protože výsledky naší studie mají být aplikovatelné pro plavání a další plavecké sporty, zvolili jsme výšku vodního sloupce (26 cm) co nejbližší té, ve které se tělo nachází při plavání, přičemž jsme dodrželi celkové ponoření těla s výjimkou obličeje. Předpokládáme tedy, že odezva tepové frekvence při našem výzkumu, byla velmi podobná té při plavání.

Tabulka 2

*Hodnoty tepové frekvence stanovené aritmetickým průměrem zjištěných hodnot každé patnácté sekundy ze sledovaných 5 minut*

Proband	Průměrná tepová frekvence na suchu (tepů za minutu)	Průměrná tepová frekvence ve vodě (tepů za minutu)	Rozdíl hodnot tepové frekvence (%)
Proband 1	50	45	10,0
Proband 2	42	40	4,8
Proband 3	63	59	6,4
Proband 4	53	58	-9,4
Proband 5	59	63	-6,8
Proband 6	59	55	6,8
Proband 7	59	55	6,8
Proband 8	49	51	-4,1
Proband 9	60	60	0,0
Proband 10	56	58	-3,6
Proband 11	58	58	0,0
Proband 12	61	61	0,0
Proband 13	62	68	-9,7
Proband 14	49	47	4,1
Proband 15	58	62	-6,9
Proband 16	71	67	5,6
Proband 17	67	70	-4,5
Proband 18	66	63	4,6
Proband 19	69	70	-1,5
Proband 20	52	51	1,9
Proband 21	62	57	8,1
Proband 22	61	57	6,6
Proband 23	67	76	-13,4
Proband 24	63	63	0,0
Proband 25	69	76	-10,2
Proband 26	55	55	0,0
Proband 27	63	56	11,1
Proband 28	45	46	-2,2
Proband 29	60	58	3,3
Proband 30	54	49	9,3

*Vysvětlivky.* Rozdíl tepových hodnot byl vypočítán způsobem: tepová frekvence na suchu = 100 %, výsledná hodnota = rozdíl tepů (na suchu – ve vodě) přepočtený na procenta na základě tepové frekvence na suchu (zaokrouhлено na jedno desetinné místo)

Z hlediska objektivnosti měření lze vyloučit některé další jevy, které mohou ovlivnit naměřená data. Jedním z těchto jevů je diving reflex. Ten by se měl u probandů projevit výrazným vychýlením tepové frekvence. Při jejím pozorování v zaznamenaných křivkách nedocházelo k náhlým změnám naměřených hodnot. Tento fakt by potvrdzoval, že diving reflex se neprojevuje po celou dobu ponoření organismu pod

vodní hladinu. Po určité době (zhruba 30 sekund) dochází k ustálení kardiovaskulárních parametrů srdečního rytmu a jeho hodnota se výrazněji nemění do konce ponoření (Schagatay, Andersson, Hallén, & Pålsson, 2001). Tepová frekvence byla z důvodu maximálního eliminování případného projevu diving reflexu zaznamenávána až po setrvání pěti minut v klidu v poloze určené pro měření. Výskyt diving

reflexu je také spojován s podrážděním vláken trigeminálního nervu, které jsou na obličeji. Tomuto jevu bylo zamezeno použitím potápěčské masky.

Dalším jevem jsou birorytmus tepové frekvence, které ovlivňují hodnoty při stejných pohybových činnostech v závislosti na čase, ve kterém jsou uskutečněny. V našem případě ale není důvod tyto změny brát v potaz, protože jejich změna není tak náhlá, aby mohla ovlivnit změnu tepové frekvence v tak krátké periodě (20–30 minut), která odpovídá době měření jedné testované osoby.

Stejně tak můžeme na základě výběru probandů vyloučit ovlivnění výsledků z důvodu nízké adaptace probandů na vodní prostředí, která by mohla pod hladinou vyvolat nežádoucí nepravidelnou změnu tepové frekvence.

Naše měření probíhalo ve statické poloze, což by také mohlo zkreslit reálné výsledky. Dosažené hodnoty tepové frekvence jsou podstatně nižší, než by byly při fyzické činnosti. Není jasné, jak by tento fakt výsledky změnil, ale v našich podmínkách není test za pohybu realizovatelný. Nejsme schopni vytvořit ve vodě a na suchu totožný odpor a stejný pohyb.

K vyhodnocení výsledků jsme zvolili statistické metody, které je vhodné využít u vzorku 30 a více probandů a při potvrzení normality rozložených dat. Při navázání na tento výzkum může být přínosné sledování změny tepové frekvence při opakovaném měření každého probanda zvlášť. Výsledky věcné významnosti a data v tabulce 2 ukazují velký rozptyl hodnot a nejednotný trend odezvy tepové frekvence mezi probandy. Opakované měření by mohlo naznačit, zda změna tepové frekvence bude mít u jednotlivých probandů stejný průběh.

## Závěry

Výsledky ukázaly, že vodní prostředí nemá signifikantní vliv na snížení tepové frekvence. U žádného časového bodu při porovnání tepových frekvencí nebyl potvrzen významný rozdíl na hladině statistické významnosti  $p = 0,05$ .

Výsledky při určení věcné významnosti také neukázaly jasný trend chování tepové frekvence ve vodním prostředí.

Pokud bychom měli z našich výsledků a dostupných studií předložit závěr, který lze využít v praxi, je namísto doporučit, aby se při činnostech ve vodě nekalkulovalo s hodnotami tepové frekvence vůči hodnotám, které jsou naměřeny na suchu. Avšak je potřeba brát v úvahu, že tepová frekvence ve vodě může mít jinou tendenci odezvy při fyzické zátěži, při nadnášení

těla (bez dotyku se dnem), ale také v závislosti rozdílné adaptace probandů na teplotu vody.

## Dedikace

Článek vznikl za podpory SVV 2016-260346.

## Referenční seznam

- Alexiou, S. (2014). The effect of water temperature on the human body and the swimming effort. *Biology of Exercise*, 10(2), 9–23.
- Baran, I. (2010). Teplota vodného prostredia ako faktor ovplyvňujúci srdcovú frekvenciu v režime statickej apnoe. In E. Benčuriková (Ed.), *Štúdium motoriky človeka vo vodnom prostredí* (pp. 140–195). Bratislava: Peter Mačura – PEEM.
- Bergamin, M., Ermolao, A., Matten, S., Sieverdes, J. C., & Zaccaria, M. (2015). Metabolic and cardiovascular responses during aquatic exercise in water at different temperatures in older adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(2), 163–171.
- Berk, W., Shea, M. J., & Crevey, B. J. (1991). Bradycardic responses to vagally mediated bedside maneuvers in healthy volunteers. *American Journal of Medicine*, 90, 725–729.
- Bělková-Preislerová, T. (1988). *Plavání v pohybovém režimu zdravotně oslabených a tělesně postižených*. Praha: Univerzita Karlova.
- Bunc, V. (1990). *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení*. Praha: Optis print.
- Casuso, R. A., Martínez-López, E., Hita-Contreras, F., Ruiz-Cazalilla, I., Cruz-Díaz, D., & Martínez-Amat, A. (2014). Effects of in water passive recovery on sprint swimming performance and heart rate in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13, 958.
- Colwin, C. M. (1992). *Swimming into the 21st century*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Dressendorfer, R. H., Morlock, J. F., Baker, D. G., & Hong, S. K. (1976). Effects of head out water immersion on cardiorespiratory responses to maximal cycling exercise. *Undersea Biomedical Research*, 3(3), 177–187.
- Edwards, S. (1996). *Heart zone training: Exercise smart, stay fit and live longer*. Holbrook: Adam Media Corporation.
- 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*. Staženo z <http://www.scielo.br>
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Lees, T. A. (2007). Heart-rate response to exercise in the water: Implications for practitioners. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 1, 291–297.
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Marabotti, C., Scalzini, A., Menicucci, D., Passera, M., Bedini, R., & L'abbate, A. (2013). Cardiovascular changes during SCUBA diving: An underwater doppler echocardiographic study. *Acta Physiologica*, 209, 62–68.

- McEvoy, J. E. (1985). *Fitness swimming*. New Jersey: Princeton.
- Olbrecht, J. (2000). *The science of winning: Planning, periodizing and optimizing swim training*. Luton: Swimshop.
- Onodera, S., Yoshioka, A., Matsumoto, N., Takahara, T., Nose, Y., Hirao, M., & ... Murakawa, T. (2010). Relationship between heart rate and water depth in the standing position. In P. L. Kjendlie, R. K. Stallman, & J. Cabri (Eds.), *X. International Symposium for Biomechanics & Medicine in Swimming* (pp. 213–214). Oslo: Norwegian School of Sport Science.
- Paulev, P. E., Pokorski, M., Honda, Y., Morikawa, T., Sakakibara, Y., & Tanaka, Y. (1990). Cardiac output and heart rate in man during simulated swimming while breath-holding. *Japanese Journal of Physiology*, 40, 117–125.
- Risch, W. D., Koubenec, H. J., Beckmann, U., Lange, S., & Gauer, O. H. (1978). The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Archiv*, 374, 115–118.
- Robey, E., Dawson, B., Halson, S., Goodman, C., Gregson, W., & Eastwood, P. (2013). Post-exercise cold water immersion: Effect on core temperature and melatonin responses. *European Journal of Applied Physiology*, 113, 305–311.
- Rokyta, R. (2015). *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada.
- Schagatay, E., & Andersson, J. P. A. (1998) Diving response and apneic time humans. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 25, 13–19.
- Schagatay, E., Andersson, J. P., Hallén, M., & Pålsson, B. (2001). Selected contribution: Role of spleen emptying in prolonging apneas in humans. *Journal of Applied Physiology*, 90, 1623–1629.
- Suchomelová, H. (2009). *Vliv vodního prostředí na změny srdeční frekvence* (Bakalářská práce). Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Praha.

## Comparison of heart rate in the aquatic environment and on the land

**Background:** The difference between atmospheric air and water can be described based on the chemical and physical properties. Difference between these properties demonstrably affects sport performance and cannot perform the same activity identically in water and on land. This is evident especially in terms of biomechanics of movement. Difference in density of the environment does not allow one to perform the movement in the same way. In addition biomechanics is compared environmental influence on the human body physiological in physical activity. Changes in heart rate is one of the physiological parameters that are being investigated.

**Objective:** To determine whether the body submersion under water will have a significant impact on changes in resting heart rate compared to heart rate measured in the same position on the land.

**Methods:** This is a quantitative study conducted by comparing the values of heart on the land and in the water of 30 athletes with experiences from water sports and swimming (age  $23.7 \pm 1.8$  years). Heart rate was measured for five minutes in static position on the back (water = 26 cm, water temperature  $30.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$ , air temperature  $23.4 \pm 0.4^\circ\text{C}$ ). Parametric unpaired Student t-test have been used for calculation of statistical significance have ( $p = .05$ ). Threshold for estimation of practical significance of heart rate variance have been established at  $\pm 3$  beats per minute.

**Results:** Results of parametric unpaired Student t-test did not indicate statistically significant difference of resting heart rate in the water and on the land ( $p = .080\text{--}.925$ ). Heart rate decreased at least 3 beats per minute in ten people, increased at least 3 beats per minute in seven people, or stayed in range of  $\pm 3$  beats per minute in 13 people.

**Conclusions:** Results showed that a water environment has not a statistically significant effect for changing the resting heart rate. We are not able to come with a clear trend of difference in heart rate in the water and on the land from examined practical significance. We recommend working with actual measured heart rate values in activities in the water.

**Keywords:** swimming, heart rate, water, diving, heart rate in water