

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

[Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství]

**Jan Pihera**

**Pitný režim z pohledu evidence based medicine**

**Bakalářská práce**

Praha 2019

Autor práce: **Jan Pihera**

Vedoucí práce: **MuDr. Michal Procházka**

Oponent práce: **Mgr. et Bc. Marie Vitujová**

Datum obhajoby: **2019**

## **Bibliografický záznam**

Pihera, Jan. Pitný režim z pohledu evidence based medicine. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2019. 61 s., přílohy. Vedoucí bakalářské práce Michal Procházka.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce s názvem „Pitný režim z pohledu evidence based medicine“ je zaměřena na komplexní pojetí tématu příjmu tekutin v perspektivě posledních poznatků a provedených studií. Obsahem práce je shrnutí teoretických poznatků o funkci vody v těle a hydrataci. Z těchto poznatků pak vychází praktická část, která má potvrdit závislost výkonu na stavu hydratace.

## **Abstract**

Bachelor thesis „Drinking regime in terms of evidence based medicine“ is focused on complex take on the topic of fluid intake based on current knowledge and most recent studies. The content of this work consists of body water function and hydration theoretical summary. Based on this summary is experimental part which should confirm the relationship between hydration and performance.

## **Klíčová slova**

Hydratace, dehydratace, hyperhydratace, pitný režim, příjem tekutin

## **Keywords**

Hydration, dehydration, hyperhydration, drinking regime, fluid intake

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením MuDr. Michala Procházky, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 2019

Jan Pihera

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce MuDr. Michalu Procházkovi, za lidský a ochotný přístup při tvoření této práce. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří se zúčastnili praktického měření a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině za podporu a zázemí.

# OBSAH

Seznam použitých zkratek .....	9
Úvod .....	10
1 Voda v těle .....	11
1.1 Úloha vody.....	11
1.1.1 Množství vody v těle .....	11
1.1.2 Distribuce vody v těle.....	11
1.1.3 Funkce vody.....	11
1.1.4 Voda v termoregulaci.....	12
1.2 Ztráty vody.....	12
1.2.1 Respirační systém.....	12
1.2.2 Trávicí soustava.....	13
1.2.3 Pocení .....	13
1.2.4 Vylučovací soustava .....	13
1.3 Příjmy vody.....	14
1.3.1 Tekutiny .....	14
1.3.2 Voda ve stravě .....	14
1.3.3 Metabolická voda .....	14
1.4 Regulace vody.....	15
1.4.1 Regulace osmolality plazmy .....	15
1.4.2 Regulace objemu ECF.....	15
1.4.3 Žízeň.....	16
2 Hydratace .....	17
2.1 Způsoby hodnocení hydratace .....	17
2.1.1 Monitorování tělesné hmotnosti.....	18
2.1.2 Hodnocení hydratace podle moči.....	18
2.1.3 Hodnocení hydratace podle osmolality plazmy .....	20
2.1.4 Metoda ředění izotopů.....	20
2.1.5 Bioimpedance .....	20
2.2 Dehydratace .....	21
2.2.1 Isotonická dehydratace .....	22
2.2.2 Hypertonická dehydratace .....	22
2.2.3 Hypotonická dehydratace .....	22
2.2.4 Akutní dehydratace .....	23
2.2.5 Chronická dehydratace .....	23
2.2.6 Dehydratace a výkon.....	24
2.3 Rehydratace.....	25
2.3.1 Látky ovlivňující rehydrataci.....	25

2.3.2	Subjektivní požitek z nápoje .....	26
2.3.3	Vstřebávání vody .....	27
2.3.4	Průběh rehydratace .....	27
2.4	Hyperhydratace .....	27
2.4.1	Hyperhydratace a výkon .....	28
2.4.2	Hyperhydratační nápoj .....	28
2.4.3	Fyzickou aktivitou vyvolaná hyponatremie .....	29
3	Přijímané tekutiny .....	30
3.1	Tonicita nápoje .....	30
3.1.1	Hypertonické nápoje .....	31
3.1.2	Izotonické nápoje .....	31
3.1.3	Hypotonické nápoje .....	31
4	Pitný režim .....	33
4.1	Metody zaznamenávání pitného režimu .....	33
4.2	Doporučený pitný režim .....	35
4.2.1	IoM .....	35
4.2.2	EFSA .....	36
5	Praktická část .....	37
5.1	Úvod do problematiky .....	37
5.2	Cíle měření .....	38
5.3	Metodologie .....	38
5.3.1	Testovaná skupina .....	38
5.3.2	Průběh měření .....	38
5.3.3	Získání dat a použité vybavení .....	39
5.4	Výsledky .....	40
5.4.1	Měření č. 1 .....	40
5.4.2	Měření č. 2 .....	44
5.4.3	Srovnání měření .....	46
6	Diskuze .....	47
6.1	Diskuze k teoretické části .....	47
6.2	Diskuze k praktické části .....	50
	Závěr .....	52
	Referenční seznam .....	53
	Seznam obrázků .....	59
	Seznam příloh .....	60
	Přílohy .....	61





## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADH	Antidiuretický hormon
Cl <sup>-</sup>	Anion chlóru
CH	Sacharidy
DRI	Denní doporučený příjem
ECF	Extracelulární prostor
EFSA	European Food Safety Authority
ICF	Intracelulární prostor
Kcal	kilokalorie
Na <sup>+</sup>	Kationt sodíku
NHANES III	National Health and Nutrition Examination Survey III
TWI	Celkový příjem vody
WADA	World Anti-Doping Agency
EAH	Zátěží způsobená hyponatremie

## ÚVOD

K výběru tématu bakalářské práce mě inspirovalo několik faktorů, z nichž nejvýznamnější byl obecně nejednotný názor na problematiku pitného režimu. Mezi laickou i odbornou veřejností se názory na důležitost a podobu pitného režimu zásadně liší. Vzhledem k nevyhnutelnosti dodržování pitného režimu, ať už v jakékoliv podobě, se toto téma týká každého, a proto mi přišlo vhodné k hlubšímu prostudování. Dalším faktorem byly mé osobní zkušenosti, při kterých jsem zjišťoval, že mě způsob, jakým doplňuji tekutiny, ovlivňuje. Zvláště při sportu jsem zaznamenával výrazné rozdíly, tím spíš v případě, kdy tekutiny nebyly k dispozici. Tyto konkrétní zkušenosti mě nakonec inspirovaly i k praktické části této práce. A v neposlední řadě šlo o zkušenosti z praxe, kdy se na pitný režim často stočila konverzace při terapii. Vzhledem k názorům, že správný pitný režim může být účinnou a levnou prevencí u některých civilizačních chorob, se nabízí vhodná možnost ze strany fyzioterapeuta fundovaně edukovat o pitném režimu. Podobným způsobem z těchto znalostí lze profitovat u sportovců, u kterých je správná hydratace základním předpokladem nejen k dobrému výkonu, ale i ke správné regeneraci. Cílem této práce je poskytnout přehled poznatků napříč celou širokou problematikou pitného režimu z pohledu evidence based studií. V praktické části je pak cílem zjistit, jaký vliv na výkon má, u průměrně trénovaného jedince, nedostupnost tekutin při fyzické zátěži.

# 1 VODA V TĚLE

## 1.1 Úloha vody

Voda je předpokladem života. A to jak na rovině globální, tak na rovině jednotlivce. Je esenciálním stavebním prvkem lidského těla a bez jejího příjmu dokáže lidské tělo přežít pouze velmi omezenou dobu v řádech dnů. Žádnou jinou látku nepřijímáme v průběhu života v takovém množství ani nejsme tak výrazně ovlivněni jejím okamžitým nedostatkem. Ten v případě vody způsobuje změny už po několika hodinách.

### 1.1.1 Množství vody v těle

V těle má voda na starost několik klíčových funkcí. Jako nejpodstatnější lze označit funkci stavební, vodu totiž najdeme v každé buňce těla a její podíl na celkové tělesné hmotnosti je více než 50 %. U novorozenců pak voda tvoří až 75 % hmotnosti, s nárůstem množství proteinů a minerálů v prvním roce života se její podíl rapidně zmenšuje. Po období dospívání se ustálí okolo 60 %, a následně spolu s úbytkem aktivní hmoty v průběhu života dále postupně klesá.

Ženy mají oproti mužům nižší podíl celkové tělesné vody, přibližně 50 %. Disponují totiž větším množstvím tukové tkáně, která obsahuje jen malé množství vody oproti ostatním tkáním, a to pouhých 10 %. Pro srovnání - kosti obsahují 22 % vody, mozek je pak vodou tvořen ze 75 %, svaly ze 76 % a ledviny dokonce z 83 % vody. (Ganong, 2005; Jecquier, Constant, 2010)

### 1.1.2 Distribuce vody v těle

Lidské tělo distribuuje vodu do dvou hlavních kompartmentů. Extracelulární prostor (ECF) a intracelulární prostor (ICF). V těle se bude u 70kg člověka nacházet přibližně 42 l tekutiny. V ECF se jedná o krevní plazmu, tkáňový mok, lymfu, peritoneální, pleurální a synoviální tekutinu, mozkomíšni mok a nitrooční tekutinu. Objem všech těchto složek je přibližně třetinou celkového objemu vody, tedy 14 l. V ICF se bude množství vody pohybovat okolo 28 l. (Jecquier, Constant, 2010)

### 1.1.3 Funkce vody

Z lokalizace vody v těle lze odvodit její funkce. Nejpodstatnější stavební funkce, na úrovni každé z buněk, už byla zmíněna výše.

Dále je voda hlavním rozpouštědlem v těle a díky tomu tvoří v rámci ECF žádoucí vnější prostředí pro buňky. Zároveň je médiem pro chemické reakce, účastníkem metabolismu všech makronutrientů a produktem oxidativního metabolismu látek obsahujících vodík.

Další vitální funkcí je transport veškerých živin a odpadních látek do a z buněk. Je médiem pro všechny ostatní transportní systémy a umožňuje tak výměnu látek mezi buňkami intersticiálním prostorem a kapilárami.

Voda udržuje vaskulární objem, a proto je dostatečná hydratace nezbytná pro funkci všech orgánových soustav, neboť bez dostatečné perfuze nemůže žádná z nich fungovat optimálně. Při dehydrataci dochází ke snížení srdečního výdeje a je tedy z důvodu regulace zvýšena tepová frekvence, což je z dlouhodobého hlediska neefektivní řešení.

Tělu voda slouží též jako lubrikant v podobě synovie, slin, hlenu v dýchacím ústrojí a trávicích šťáv v ústrojí trávicím. Díky svojí nestlačitelnosti funguje také jako absorbent nárazů, ať už jako součást chrupavek, mozkomíšního moku nebo ve formě plodové vody v děloze. (Jecquier, Constant, 2010)

#### ***1.1.4 Voda v termoregulaci***

Díky velké tepelné kapacitě vody je možné velmi efektivně upravovat tělesnou teplotu procesem pocení. Neznatelným pocením, které probíhá přímou evaporací molekul vody difundovaných z epitelových buněk pokožky, ztratíme denně okolo 450 ml vody. Ovšem v případě potřeby, ať už kvůli teplotě vnějšího prostředí nebo z důvodu produkovaného tepla metabolismem, je možné skrze potní žlázy vyloučit až 1600 ml/h a razantně navýšit množství odváděného tepla. Pot je vůči krevní plazmě vždy hypotonickou tekutinou a při dlouhotrvající tělesné zátěži je významnou proměnnou v udržení rovnováhy vnitřního prostředí. (Ganong, 2005; EFSA, 2010)

## **1.2 Ztráty vody**

Ke ztrátám vody v těle dochází při dýchání a při vylučování stolice, potu a moči.

### ***1.2.1 Respirační systém***

V podobě dechových par tělo ztrácí relativně malé množství vody, asi 250 ml denně. Toto množství je ovlivněno teplotou a vlhkostí vzduchu. V případě výstupu do vyšší

nadmořské výšky (>2500 m n. m.) tak dochází k navýšení těchto ztrát téměř na dvojnásobek. Dalším faktorem, který může ovlivnit ztráty skrze dýchání, je náročná fyzická aktivita a s ní spojená zvýšená ventilace. Ta je ovšem většinou spojená s úměrným zvýšením produkce metabolické vody, a tak není tato zvýšená ztráta pro udržení rovnováhy příliš důležitá. (Jecquier, Constant, 2010; EFSA, 2010)

### **1.2.2 Trávicí soustava**

Nejmenší ztráty vody připadají na stolici, které odpovídají přibližně 200 ml za den. V případě průjemových onemocnění se ale může tento objem navýšit až na osminásobek. Pokud je tato neobvyklá ztráta vody doprovázena ještě pocením, je riziko dehydratace velmi vysoké. Proto je u průjemových onemocnění zásadní zvýšený příjem vody. Důležitým faktorem u mechanismu ztráty vody stolicí je také příjem vlákniny. (Jecquier, Constant, 2010)

### **1.2.3 Pocení**

Vylučování skrze pot je velmi významná cesta tělesných ztrát vody, ale pouze za předpokladu dlouhotrvající fyzické aktivity, výrazně vyšší vnější teploty, nebo při změně teploty jádra např. při horečce. Primární úlohou pocení je totiž zbavování se tepla, nikoliv vody. Neznatelným pocením, které probíhá přímou evaporací molekul vody difundovaných z epitelových buněk pokožky, ztratíme denně pouze kolem 450 ml vody. Ovšem v případě potřeby je díky velké tepelné kapacitě vody možné velmi efektivně procesem pocení upravovat tělesnou teplotu. Ať už kvůli teplotě vnějšího prostředí nebo z důvodu tepla produkovaného metabolismem je možné skrze potní žlázy vyloučit až 1600 ml/h a významně tak navýšit množství odváděného tepla. Pot je vůči krevní plazmě vždy hypotonickou tekutinou, ale obsahuje vždy určité množství elektrolytů, zejména sodíku, proto při dlouhotrvající tělesné zátěži je významnou proměnnou v udržení rovnováhy vnitřního prostředí. (EFSA, 2010)

### **1.2.4 Vylučovací soustava**

Nejzásadnějším mechanismem těla pro vyloučení vody je tvorba moči. Její koncentrace i objem se mohou velmi zásadně měnit na základě momentální potřeby. Osmolalita moči se může pohybovat od 50 do 1200 mmol/l. Maximální objem je určen omezenou schopností ledvin vylučovat moč o nízké osmolalitě. Tento parametr nabývá hodnot od 500 do 1000 ml/h a je přímo závislý na správně fungující glomerulární filtraci.

Ta je ovlivněna hlavně tlakem krve v Bowmanově pouzdře, renálním průtokem krve a koncentrací plazmatických bílkovin. Za normálního stavu se přefiltruje okolo 125 ml/min primární moči. Minimální nutný objem moči, který musí tělo vyloučit, se blíží 15 ml/h při stavech dehydratace. Je závislý na objemu ECF, tonicitě ECF, množství odpadních látek, které je třeba odvést z těla, a schopnosti ledvin koncentrovat moč. Moč může díky velkému rozmezí osmolarity hyperbolicky reagovat na změny příjmu tekutin a udržovat tak stálost vnitřního prostředí. (Ganong, 2005; EFSA, 2010; Jecquier, Constant, 2010)

## **1.3 Příjmy vody**

### **1.3.1 Tekutiny**

Voda může být přijímána v její čisté podobě, nebo ve formě nápojů s jejím vysokým obsahem, od 85 % výše. Objem přijímané tekutiny se v průměru pohybuje okolo 1,5 l denně, ale variabilita tohoto objemu je enormní. Hraje zde roli řada faktorů. K těm hlavním patří fyzická aktivita, vnější podmínky, množství vody přijímané ve stravě a mnoho dalších, včetně společenských. Za běžných okolností odpovídá celkový příjem tekutin přibližně 80 % celkového příjmu vody. Každá tekutina má jiný dopad vzhledem k tomu, jaký je její obsah elektrolytů a jestli je oproti krevní plazmě hypotonická, isotonická nebo hypertonická. (EFSA, 2010)

### **1.3.2 Voda ve stravě**

Množství vody přijaté v rámci pevné stravy se může zásadně lišit, z důvodu velkých rozdílů mezi obsahem vody v různých potravinách. Tyto rozdíly se pohybují v řádech desítek procent, kdy ovoce a zelenina je vodou tvořeno až z 90 %, oproti pečivu, které obsahuje jen zhruba 30 % vody. Obecně se počítá s tím, že přibližný poměr mezi tekutou a pevnou složkou příjmu vody je 80 % pro tekutiny a 20 % pro pevnou stravu, ale tento vztah je velice variabilní a závisí na interindividuálních rozdílech ve stravování, stejně tak jako na rozdílech demografických a socioekonomických. Množství vody ve stravě se tedy pohybuje v rozmezí 500-1000 ml za den. (EFSA, 2010)

### **1.3.3 Metabolická voda**

Voda, kterou tělo vytváří, vzniká rozkladem makronutrientů. Vnitřně získaná voda představuje 250-350 ml za den, a i když může při zvýšené fyzické aktivitě významně

narůst její objem, jsou tyto příjmy vykompenzovány ztrátami respirační soustavy. Výsledný přínos k vodní bilanci tak zůstává stejný. (EFSA, 2010)

## 1.4 Regulace vody

Za běžných podmínek, v teplotně stálém prostředí a při přiměřené tělesné aktivitě, zůstává hladina vody v těle konstantní. Má se za to, že tělo je schopno regulovat obsah vody s přesností 0,2 % celkové tělesné hmotnosti v průběhu 24 h. To nasvědčuje skutečnosti, že v těle existují velice přesné a efektivní mechanismy, které zaručí, aby příjmy a ztráty byly během této doby v rovnováze. (Grandjean, Campbell, 2004).

### 1.4.1 Regulace osmolality plazmy

Jedním z mechanismů, kterým tělo zajišťuje vnitřní rovnováhu, je reakce na základě změny osmolality ECF. Celková osmolalita proporcčně odpovídá podílu mezi součtem celkového sodíku a draslíku v těle a celkovým množstvím vody. Pokud dochází ke změně osmolality v ECF nebo ICF, jedná se o disproporci těchto elektrolytů a příjmů nebo ztrát vody.

Za situace, kdy ztráty převyšují příjem nebo dojde k příjmu většího množství osmoticky aktivních látek, se osmotický tlak EFC zvýší. Tato změna je registrována od 285 mmol/l výše hypothalamickými receptory, které následně spustí vyplavování antidiuretického hormonu (ADH) z neurohypofýzy. ADH má za následek zvýšení reabsorbce vody v ledvinách a ředění hypertonické plasmy.

Při poklesu tonicity je naopak vyplavování ADH inhibováno a dochází k vylučování hypotonické moči. Tím se hladina osmolality plasmy udržuje v relativně úzkém pásmu 280-295 mmol/l. (Ganong, 2005)

### 1.4.2 Regulace objemu ECF

Objem plazmy, respektive ECF, je závislý na množství osmoticky aktivních látek. Nejzásadnější látky v ECF z hlediska osmolality jsou sodík ( $\text{Na}^+$ ) a chlór ( $\text{Cl}^-$ ). Změny  $\text{Cl}^-$  jsou oproti změnám  $\text{Na}^+$  zanedbatelné, a tak je z hlediska regulace objemu určující právě množství  $\text{Na}^+$ . Lze tedy říci, že mechanismy udržující hladinu  $\text{Na}^+$  jsou zároveň mechanismy podílející se na udržení objemu ECF.

$\text{Na}^+$  je ve velkém množství filtrován a aktivně resorbován v ledvinách. Ty jsou schopny aktivně dostat až 99 %  $\text{Na}^+$  z filtrátu zpět do ECF. Z toho důvodu se ztráta  $\text{Na}^+$

za 24 h může pohybovat v rozmezí od 1 mmol až po 400 mmol v závislosti na příjmu  $\text{Na}^+$ . V případě zvýšeného objemu ECF začnou ledviny vylučovat  $\text{Na}^+$  a spolu s ním se vyloučí i odpovídající množství vody.

Další mechanismus, který reguluje objem ECF, je na tomto objemu přímo závislý. Při jeho zvýšení je inhibována sekrece ADH. Tato reakce je zprostředkována volumoreceptory, které jsou nadřazeny osmotickému řízení sekrece ADH. Zvýšený objem ECF stimuluje systém natriuretických peptidů, které způsobují vazodilataci, natriurézu a diurézu.

V případě snížení objemu ECF dochází v juxtaglomerulárních buňkách k sekreci reninu a spuštění systému známého jako Renin-angiotenzin-aldosteronový systém (RAAS). Angiotensin II vyvolává sekreci aldosteronu a ADH. Dále způsobuje vazokonstrikci z důvodu zachování krevního tlaku a hraje tak zásadní roli v případech hypovolemie. Aldosteron je mineralokortikoid, který stimuluje resorbci  $\text{Na}^+$  a exkreci draslíku v ledvinách. (EFSA, 2010; Jéquier, Constant, 2010)

### **1.4.3 Žízeň**

Žízeň je řízena zvýšením osmolality ECF, vyplavením ADH nebo přímo snížením objemu vody. Při ztrátě vody v objemu odpovídajícím 3 % tělesné váhy vyvolají pocit žízně volumoreceptory. Při zvýšení tonicity ECF o 1-2 % dojde k vyvolání pocitu žízně skrze hypothalamické osmoreceptory. Jejich citlivost je ale nižší než u receptorů ADH. Tím je položen první předpoklad k tomu se domnívat, že žízeň není dostatečným ukazatelem potřeby příjmu vody, když už v době vyvolání pocitu žízně probíhá v těle regulace vnitřní rovnováhy skrze ADH. Pocit žízně navíc může ustoupit dříve, než dojde k příjmu dostatečného množství vody, které je potřebné k rehydrataci. V průběhu života pocit žízně klesá na intenzitě a relevantnosti, čímž je nejvíce ohrožena starší část populace. (EFSA, 2010; Jéquier, Constant, 2010)



## 2 HYDRATAČE

Hydratace je stav zavodnění organismu. Tento stav se může velmi dynamicky měnit a na těchto změnách se přímo nebo nepřímo podílí velké množství systémů. Pokud je zavodnění organismu dostatečné, hovoříme o euhydrataci. Ta není definována jako specifický bod nebo stav, ale jako oscilující sinusoida, okolo relativně neměnné průměrné hodnoty. Způsoby získávání této hodnoty a relevantnost jednotlivých způsobů je předmětem mnohých výzkumů.

V případě, že dojde ke ztrátě vody, která není v adekvátním množství doplněna, dostává se organismus do stavu dehydratace, kdy použije všechny dostupné mechanismy, aby udržel homeostázu. Tyto mechanismy mají pouze určitou kapacitu, po jejímž vyčerpání přichází různé závažné důsledky ovlivňující fungování organismu, a v případě dalšího prohlubování dehydratace může dojít až k úplnému selhání. Zatím neexistuje všeobecně přijímaný univerzální způsob, který by přesně stanovil hranici a způsob určení stavu dehydratace.

Pokud je naopak množství vody v těle větší, než potřebné a dostačující pro jeho správné fungování, hovoříme o stavu hyperhydratace. Tělo se umí velice efektivně přebytečné vody zbavit, ale i tento mechanismus má svá omezení a hranice a při jejich překročení může být ohrožena homeostáza. (EFSA, 2010)

### 2.1 Způsoby hodnocení hydratace

Fyziologie regulace celkového množství vody v těle je komplexní a dynamický děj. Stav hydratace se neustále mění a během těchto výkyvů se mění i všechny indikátory hydratace. Každý indikátor podléhá jiným závislostem a není proto možné zcela přesně hodnotit hydrataci ve všech situacích pouze na základě jednoho biomarkeru. S mnohem větší přesností je lze jednotlivě použít v případě akutních změn hydratace v průběhu krátkého časového úseku, většinou do 24 h. Pro chronické hodnocení hydratace zatím nedošlo ke shodě ve spolehlivém přístupu k měření (Armstrong, 2012). To je hlavním zájmem a cílem dalšího výzkumu vzhledem k silícím nepřímým důkazům, že chronická mírná dehydratace může být důležitým kofaktorem u řady civilizačních chorob. Tyto vztahy nemohou být potvrzeny do doby, než bude k dispozici spolehlivá metoda hodnotící stav hydratace z dlouhodobého hlediska.

### **2.1.1 Monitorování tělesné hmotnosti**

Za předpokladu udržení kalorické rovnováhy mezi příjmem a výdejem energie, korespondují změny v tělesné hmotnosti se změnami objemu tekutin v těle. Při stavu euhydratace denní rozdíly nepřesahují 1% tělesné hmotnosti. Větší rozdíly ukazují na změnu stavu hydratace. Tyto změny se budou nejčastěji vyskytovat v prostředích s vyššími teplotami nebo u sportovců, kdy se budou ve větší míře uplatňovat termoregulační reakce a s nimi spojené ztráty vody. Při náročných klimatických podmínkách a vysoké tréninkové zátěži může dojít k nárazové ztrátě až 5% tělesné hmotnosti. Zásadní roli v tomto případě hraje i individuální míra pocení a adaptovanost na zátěž a klimatické podmínky. Tímto způsobem lze přesně a snadno sledovat rozdíly v hydrataci zejména během krátkých časových úseků. Z dlouhodobého hlediska ale nenabízí žádnou exaktní výpovědní hodnotu ke stavu hydratace. (Baron et al., 2015; Opplinger, Bartok, 2002)

### **2.1.2 Hodnocení hydratace podle moči**

V předchozí části práce byla uvedena funkce ledvin v regulaci vody a následný vliv vazopresinu na resorpci vody. To má za následek snížení objemu moči, zvýšení její koncentrace a ztmavnutí. Z hlediska parametrů moči ve vztahu k hydrataci tedy můžeme použít její celkový objem, barvu, měrnou tíhu a osmolalitu. Její odběr je neinvazivní, levný a technicky nenáročný, je proto častou volbou při studiích zaměřujících se na stav hydratace.

#### *Objem*

Objem moči je vhodným způsobem k celkovému náhledu na stav hydratace a může sloužit k orientačnímu hodnocení i běžné populaci. Pokud se průměrný objem moči pohybuje okolo 100 ml/h, což by odpovídalo průměrnému rozmezí objemu 1,5-2,5 l denně, je velká pravděpodobnost, že jde o dobře hydratovaného jedince. Pouhý objem ovšem nezaručuje i adekvátní koncentraci moči nebo dokonce rovnováhu vnitřního prostředí. Naopak v případě nárazového příjmu většího množství tekutiny dojde k výraznému navýšení objemu vylučované moči i přesto, že může být organismus ve stavu dehydratace. Pokud objem moči dlouhodobě přesahuje 300 ml/h, je příjem tekutin nadměrný vzhledem k potřebám organismu. Naopak, objem pod 30 ml/h už výrazně

nasvědčuje tomu, že je přísun tekutin nedostatečný, obzvláště pokud se jedná o setrvalý stav. (Baron et al., 2015; Opplinger, Bartok, 2002)

### *Barva*

Dalším jednoduchým orientačním parametrem hodnocení hydratace je barva moči. Neexistuje přímo definovatelný vztah mezi barvou moči a hydratací. Tmavost moči ovšem lineárně koresponduje s její osmolalitou a měrnou tíhou. Hodnotí se na škále od 1 do 8, kdy 1 je nejsvětlejší. Tato metoda je nejlevnější, nejjednodušší, nevyžaduje žádné speciální vybavení a často se doporučuje k využití běžné populaci. Jejím zásadním nedostatkem je výrazná nepřesnost a interindividuální rozdíly způsobené různým stylem stravování nebo příjmem potravinových doplňků. Hlavní výpovědní hodnotou, vzhledem k neurčitému přímému vztahu, je tak samotná změna odstínu. Perrier et al. (2015) kvantifikovali vztah mezi objemem přijímaných tekutin a změnou barvy moči o 2 odstíny na této osmistupňové škále v průběhu 24 h. Závěrem této studie bylo, že k posunu o 2 odstíny je třeba zvýšit nebo zredukovat příjem o 1 l na den a to bez ohledu na to, jaký byl počáteční odstín. (Baron et al., 2015)

### *Specifická hmotnost moči*

Specifická hmotnost moči koresponduje s její hustotou. Hodnoty se normálně pohybují v rozmezí od 1,013 do 1,029. Měrná tíha je úzce spojená s osmolalitou a oba způsoby mají vysokou míru specificity a senzitivity. Chyby v měření se objevují zejména v případech, že se v moči vyskytuje ve zvýšeném množství glukóza, proteiny nebo urea. (Opplinger, Bartok, 2002)

### *Osmolalita*

Osmolalita moči je vyjádřením osmoticky aktivních látek v ní obsažených. Nejzásadnější je množství sodíku, draslíku a urey. Osmolalita moči může nabývat velmi rozdílných hodnot díky velké kapacitě ledvin resorbovat vodu a tím výrazně snižovat objem rozpouštědla. Rozmezí, ve kterém se tyto hodnoty pohybují je od 50 do 1400 mOsm/kg. Perrier et al. (2015) se zaměřili na určení hranice pro optimální hydrataci a dehydrataci ve vztahu k sekreci vazopresinu, doporučení EFSA a celkovému příjmu tekutin. Pro optimální hydrataci byla určena hranice 500 mOsm/kg a pro dehydrataci 800 mOsm/kg. Za zmínění stojí, že po 3% dehydrataci, jsou třeba skoro 3 hodiny postupného doplňování tekutin, než dojde ke změně měrné tíhy moči nebo její osmolality. Proto v

případě studií sledujících postup rehydratace je třeba brát na tento časový posun zřetel. (Baron et al., 2015; Armstrong et al. 2016)

### **2.1.3 Hodnocení hydratace podle osmolality plazmy**

Hladina osmolality plazmy je velice důsledně regulována a její změny jsou hlavním spouštěčem reakce CNS pro regulaci vody. Tyto reakce mají za následek změny v příjmu a výdeji vody a to zejména skrze mechanismus žízně a vylučování vazopresinu s následnou resorbci vody. Hodnota osmolality plazmy se pohybuje v rozmezí 280-290 mOsmol/kg. Toto rozmezí se s věkem zvyšuje, stejně tak jako interindividuální rozdíly, které jsou za normálních okolností minimální. Jelikož je osmolalita plazmy přísně regulována, neodhalíme pomocí jejího monitorování dlouhodobý nedostatek vody v organismu, ale určíme s velkou přesností momentální stav vnitřního prostředí. Hranice, určující, kdy je jedinec považován za dobře hydratovaného byla stanovena 285 mOsmol/kg a pro dehydrataci 290 mOsmol/kg (Institute of Medicine, 2005). Osmolalita je měřená pomocí kryoskopického osmometru a je nutný vzorek krve. Proto není ideálním způsobem hodnocení hydratace v terénu nebo při rozsáhlejších studiích. (Baron et al., 2015; Opplinger, Bartok, 2002)

### **2.1.4 Metoda ředění izotopů**

Metoda ředění izotopů je založena na distribuci indikační látky po jejím orálním nebo intravenózním podání. Měření celkového množství vody v těle (TBW) je umožněno rovnoměrným rozložením indikátoru ve všech tělesných vodou obsahujících kompartmentech. Nejčastěji používané látky jsou stabilní izotopy vodíku a kyslíku. Pro určení TBW je třeba změřit koncentrace indikátoru v plasmě a moči. Stejným způsobem se postupuje s indikátory, které zůstanou pouze v extracelulárním prostoru, zde se používají sodík, chlor, ale nejčastěji brom. Rozdílem mezi TBW a vodou v extracelulárním prostoru získáme množství vody v prostoru intracelulárním. Tato metoda je velmi přesným a spolehlivým způsobem, jak hodnotit stav hydratace, ale pro svou invazivitu, technickou i časovou náročnost a cenu se nedá použít v žádném větším měřítku. (Baron et al., 2015)

### **2.1.5 Bioimpedance**

Hodnocení hydratace za pomoci bioimpedance na sebe v posledních letech upoutalo pozornost, kvůli svojí bezpečnosti, rychlosti, neinvazivnosti a jednoduchému provádění

měření. Za pomoci bioimpedančních metod získáváme informace o tělesné kompozici na základě rozdílů v konduktivitě rozlišných tkání potažmo látek. K vyšetření jsou buď aplikovány nalepovací elektrody, nebo jsou elektrody vestavěny přímo v zařízení, které může sloužit zároveň jako váha. Tyto metody se tak dostaly do veřejného prostoru a obecného povědomí díky komerčnímu využití. Tam zaujaly okamžitým výsledkem, ve kterém se promítne poměrné zastoupení aktivní svalové hmoty, tuků nebo právě vody. Nové generace těchto zařízení operují ve velkém rozmezí frekvencí střídavého proudu a měří odpor i reaktanci tkání. Tímto způsobem je pak možné rozlišit vodu obsaženou v extracelulárním a intracelulárním prostoru. Jednalo by se tedy o rychlou, levnou, komplexní, neinvazivní metodu, která by se hodila pro použití v terénu i u studií většího měřítka. Bohužel je zatížena výraznou chybou, která vzniká kombinací několika faktorů. Jedním z nich je dodržení standardizace měření, která zahrnuje vyhnutí se fyzické zátěži před měřením, dokonalé očištění kůže v místě umístění elektrod, správný kontakt elektrod s pokožkou, přesné údaje o výšce a váze a stálá vnější teplota. Navíc přímo samotná dehydratace, zkresluje výsledky měření. Proto jsou bioimpedanční metody doménou zejména komerčního sektoru a pro vědecké účely se pro jejich nepřesnost nevyužívají. (Baron et al., 2015; Opplinger, Bartok, 2002; Popkin et al., 2010)

## 2.2 Dehydratace

Pod pojmem dehydratace se rozumí proces ztráty vody stejně jako i stav, kdy příjmy vody nestačí na pokrytí ztrát a tělo hospodaří s menším množstvím vody, než by bylo pro jeho fungování optimální. Tento stav může být doprovázen abnormálními hladinami elektrolytů, typicky dysnatremiemi. Ačkoliv je prevence nebo i náprava stavu mírné dehydratace vcelku nenáročnou záležitostí, při chronickém zanedbávání se může neuspokojivý stav hydratace stát významným rizikovým faktorem pro vznik nebo prohloubení zdravotních obtíží. Pokud je dehydratace organismu příliš velká, dojde k narušení rovnováhy vnitřního prostředí a hrozí jeho úplné selhání. Přestože regulace vody a fyziologické reakce organismu na dehydrataci byly velmi podrobně popsány, jejich skutečný dlouhodobý dopad, a tedy i optimální přístup k této problematice, zůstává nejasný. Stěžejním problémem je nejednotnost hodnocení hydratace a těžko zjištělný rozsah v jakém může ovlivňovat funkci organismu. Jedním z důvodů, proč je reálný dopad tak těžko odhadnutelný, je extrémně dlouhá doba, kterou tělo může být vystaveno nedostatečnému množství vody a tím nuceno tento nedostatek ustavičně dlouhodobě

kompenzovat. Ve většině studií se pracuje s porovnáváním stavu euhydratace, který je zajištěn dostatečným přísunem tekutin, a stavu dehydratace, který je naopak dosažen omezeným příjmem tekutin nebo jejich ztrátou vlivem termoregulace v reakci na vnější podmínky, či fyzickou zátěž. Obecně lze říci, že podání vody dehydratovaným jedincům má měřitelné pozitivní dopady. (EFSA, 2010; Chevront, Kenefick, 2014; Popkin et al., 2010)

Z hlediska využití jsou krátkodobé změny tělesné hmotnosti nejčastější metodou, a proto je běžné, že se dehydratace vyjadřuje jako procentuální úbytek váhy. Toto pojetí ovšem nerozlišuje, o jaký typ dehydratace se jedná (Sawka et al., 2015). Dehydratace se dělí podle poměru ztrát elektrolytů a vody na isotonickou, hypertonickou a hypotonickou.

### ***2.2.1 Isotonická dehydratace***

Isotonická dehydratace je ztráta stejného množství elektrolytů jako vody z extracelulárního prostoru. K tomu může dojít v případě zvracení, průjemových onemocnění nebo nedostatečným příjmem tekutin. Nedochozí v tomto případě ke změně osmotického gradientu a přesunu vody mezi extracelulárním a intracelulárním prostorem.

### ***2.2.2 Hypertonická dehydratace***

Při hypertonické dehydrataci převažují ztráty vody nad ztrátami elektrolytů. To může být způsobeno zejména nedostatečným příjmem tekutin společně s neadekvátním stravováním, výrazným pocením nebo podáním diuretické medikace. Důležitou roli zde hraje i subjektivní pocit žízně, který s věkem klesá, a proto je starší část populace hypertonickou dehydratací ohrožená více. Na základě změny osmolality dochází k přesunu vody z intracelulárního do extracelulárního prostoru.

### ***2.2.3 Hypotonická dehydratace***

Hypotonická dehydratace nastává v případě, kdy tělo ztratí větší množství elektrolytů, než vody. K tomu může dojít důsledkem výrazných ztrát sodíku skrze pocení nebo při použití čisté vody pro rehydrataci. Tento stav způsobuje přesun vody z extracelulárního do intracelulárního prostoru. (El-Sharkawy, Sahota, Lobo, 2015)

### **2.2.4 Akutní dehydratace**

Stavy dehydratace přesahující 1% tělesné hmotnosti mají za následek zhoršení výkonu a menší efektivitu termoregulace. Při 4 % dehydrataci se prohlubují nedostatky ve fyzické výkonnosti, objevují se poruchy koncentrace, změny nálad, bolest hlavy, ospalost, zvýšená tělesná teplota a potíže s dýcháním. Akutní ztráta tekutin přesahující 8% tělesné hmotnosti představuje přímé ohrožení života. Projevy se mohou zásadně lišit u jedinců adaptovaných na konkrétní klimatické prostředí nebo danou fyzickou činnost. (Grandjean, Reimers, Buyckx, 2003). Cheuvront a Kenefick (2014) udělali analýzu 34 studií zaměřujících se na výkon ve stavu dehydratace. U vytrvalostních činností hrála dehydratace významně negativní roli v 68 % případů. U 43 studií zaměřených na silový výkon bylo dehydratací výrazně ovlivněno pouze 20% měřených.

### **2.2.5 Chronická dehydratace**

Dlouhodobý nedostatečný příjem může mít za následek takzvanou mírnou nebo také chronickou dehydrataci. Tento stav nepodléhá žádné obecné definici a je tedy těžko zjištělný a hodnotitelný. Zatím se nepodařilo najít uspokojivé korelace biomarkerů, které by tento stav přesněji vymezily. O chronické dehydrataci se mluví zejména kvůli přibývajícím důkazům o tom, že menší příjem vody je kauzálně spojen s řadou onemocnění. Rovnováha vody v těle je udržována velice přesnými mechanismy, a proto se dlouhodobý nedostatek nemusí symptomaticky projevit. V poslední době ovšem stoupá zájem o to, zda přímo samotná regulace tohoto dlouhodobého nedostatku vody nemá negativní následky.

Hlavní roli v tomto případě hraje fakt, že nižší příjem vody může vést ke zvýšenému vyplavování ADH. Jeho vyplavování a hladinu v těle reflektuje copeptin, který je pak ve 25 % případů spojen se zvýšeným výskytem metabolického syndromu, diabetu typu 2, hypertenze, ischemické choroby srdeční, srdečního selhání, vaskulární demence, kognitivní poruchy, mikroalbuminurie, chronického onemocnění ledvin i například Crohnovi nemoci. Nedostatečný příjem vody u běžné populace tedy může zvýšit hladinu vazopresinu a s ním spojených glukokortikoidů a tím stimulovat expresi SGK1 (serum and glucocorticoid-regulated kinase 1). (Lang et al., 2017; Roussel et al., 2014; Perrier, 2017)

Lemetais et al. (2017) zjistili, že při zvýšení příjmu tekutin po dobu šesti týdnů, u jedinců s dlouhodobě nízkým příjmem, došlo k významnému poklesu hladiny copeptinu.

Jde o jeden z prvních důkazů, že by zvýšený příjem vody mohl být jednoduchou a levnou cestou ke snížení rizik pramenících z vyšší hladiny vazopresinu.

### **2.2.6 Dehydratace a výkon**

Fyzická aktivita zvyšuje metabolickou tvorbu tepla a tím následně i množství potu, které je třeba k ochlazení organismu. Příjem vody při zátěži je zřídka dostatečný k tomu, aby nahradil všechny ztráty tělesné vody, a proto je po vytrvalostní fyzické zátěži hypohydratace běžným jevem. Čím delší je fyzická aktivita, tím náročnější je správně a v dostatečné míře doplnit tekutiny. Několik studií potvrdilo, že stav hypohydratace před začátkem fyzické zátěže, negativně ovlivňuje výkon. (Bardis et al., 2013; Cheuvront et al., 2005; Castellani et al., 2010; Fleming, James, 2014; Logan-Sprenger et al., 2015; Kenefick et al., 2010; Sawka et al., 2007; Stearns et al., 2009)

Hypohydratace způsobuje hypovolemii, ta zase zvýšenou srdeční práci a následkem toho dochází ke snížení maximálního množství dodávaného kyslíku organismu. (Cheuvront and Kenefick 2014). Tento efekt se prohlubuje, pokud je fyzická aktivita prováděna v prostředí s vysokou teplotou. (Sawka et al. 2015).

Z důvodu zamezení subjektivního zkreslení studií použili Cheung et al. (2015) a Wall et al. (2013) intravenózní podání izotonické tekutiny za stavu 2-3% hypohydratace, aby doplnili ztracené tekutiny. Výkony se mezi původně hypohydratovaným a následně euhydratovaným stavem výrazně nelišily, což neodpovídalo předchozím podobně zaměřeným studiím, že hypohydratace snižuje výkon.

Na to zareagoval James et al. (2017) a provedli zaslepené měření s orálním příjmem tekutiny a nasogastrickou sondou, která umožnila manipulaci se stavem hypohydratace, bez vědomí měřených. Předpokladem bylo, že nebude rozdíl mezi euhydratovaným a hypohydratovaným stavem. Prokázalo se ovšem, že stav 2-3% hypohydratace znatelně snižuje výkon. Došli tedy k závěru, že hypohydratace negativně ovlivňuje výkon. To se ale může stát z několika důvodů, mezi které patří: hypovolemie, zvýšená osmolalita plasmy, pocit žízně a zhoršená schopnost termoregulace. Intravenózní podání tekutiny tedy mohlo zvrátit hypovolemii a navrátit možnost efektivní termoregulace, ale zvýšenou osmolaritu a žízeň nikoliv. (Cheuvront et al., 2013)



## 2.3 Rehydratace

Hlavním cílem rehydratace je doplnit ztráty vody a uvést dělo do optimálního stavu hydratace. To, jakým způsobem tohoto cíle dosáhnout, se bude zásadně lišit vzhledem k situaci, ve které je rehydratace prováděna. Od toho se bude následně odvíjet i druh tekutiny, kterou budeme podávat. Složení tekutiny má totiž zásadní vliv na její samotné přijímání, vyprazdňování žaludku a vstřebávání tekutiny ve střevech. Ještě důležitější je ovšem pro správnou hydrataci distribuce a retence této tekutiny. V případě rehydratace je tedy brát v potaz všechny tyto procesy a snažit se najít optimální variantu.

Nejpodstatnější informací je vždy způsob, jakým byly tekutiny ztraceny. Je třeba zvolit rozdílné nápoje pro doplnění tekutiny při průjmovém onemocnění nebo při výrazném termoregulačním pocení. Další funkcí rehydratačního nápoje je jakožto nositele živin nebo jiných pro tělo významných látek. Kupříkladu se může jednat o sacharidy, dodávající energii, kofein, pro povzbuzení CNS, nebo proteiny, z důvodu regenerace. Velká řada těchto látek může přinášet benefity pro fyzický nebo mentální výkon a v některých případech mohou napomoci i samotné hydrataci. (Kenefick et al., 2011)

### 2.3.1 Látky ovlivňující rehydrataci

#### *Sacharidy*

Sacharidy jsou kromě energie používány v nápojích kvůli jejich ovlivnění absorpce vody. Kotransport sodíku a glukózy napomáhá pasivnímu přechodu skrz střevní sliznici. Tento efekt je znatelný, pokud je obsah glukózy v nápoji přesahující 1%. Kromě množství sacharidu hraje roli také jeho typ, kvůli způsobu transportu a subjektivnímu pocit sladkosti nápoje. Sacharidy jako maltosa, maltodextrin nebo škrob musí nejdříve projít štěpením. Glukóza pak využívá SGLT1, fruktóza GLUT5 a sacharóza buď prochází štěpením, nebo přechází stěnu střeva za pomoci SCTR transporteru. Sacharidy také významně mění osmolalitu nápoje, proto je třeba určit v jaké situaci je vhodné je použít. (McDermott et al. 2017)

#### *Elektrolyty*

Přítomnost sodíku v nápoji mění jeho chuť a stimuluje k většímu příjmu tekutin. Naopak v případě příjmu čisté vody se snižuje osmolalita ECF, mění se koncentrace

sodíku a žízeň se subjektivně snižuje někdy i dřív, než je objektivně dosaženo doplnění ztracených tekutin. Naopak jakmile je množství sodíku v nápoji nad hranicí 50 mmol/l, rapidně se zhoršuje jeho chuť a tím i přijaté množství. Tato změna chuti se dá do jisté míry upravit přidáním dalších chuťově výrazných složek. Zvýšením koncentrace sodíku v plasmě a její osmolality dochází ke stimulaci resorbce vody v ledvinách a tím zajištění dostatečného objemu ECF.

Draslík je hlavním kationtem intracelulárního prostoru a jeho rovnováha mezi oběma kompartmenty má významný dopad na nervový přenos, kontrakci svalů a vaskulární napětí. Draslíku se ztrácí relativně malé množství, ale v případě ztráty skrze stolici nebo pot je vhodné ho do rehydratujících nápojů zařadit. Navíc hraje významnou roli v regulaci sodíku, který je nejvýznamnějším kationtem z hlediska hydratace. (McDermott et al. 2017; Baker, Jeukendrup, 2010)

### *Glycerol*

Glycerol je osmoticky aktivní látka, které je distribuována rovnoměrně napříč kompartmenty. Pokud je s glycerolem přijato větší množství vody, může se jedinec dostat až ke stavu hyperhydratace. Toho je dosaženo vytvořeným osmotickým gradientem, který podporuje resorbci vody v ledvinách. (Baker, Jeukendrup, 2010)

### **2.3.2 Subjektivní požitok z nápoje**

Důležitou roli v tom kolik tekutin je přijato hraje požitok ze samotného nápoje. Ten je ovlivněn několika faktory zahrnující komplexní interakci mezi různými percepčními mechanismy. Půjde o příchut', strukturu, vůni, teplotu a žízeň. Tyto preference jsou velmi rozdílné mezi jednotlivci a navíc se mohou vzhledem k různým situacím měnit. Ač může být pro někoho běžně preferovaným nápojem slazený sodový nápoj, po náročné fyzické aktivitě může být jeho výběr výrazně odlišný. Děje se tak na základě jiného stavu rozhodujících faktorů, protože příchut' nebude za této situace tak důležitá, jako žízeň, kterou efektivněji vyřeší čistá voda. Proto například při fyzické zátěži ve vysokých teplotách bude efektivněji doplňovat jedinec s přístupem k vodě o teplotě 10-15°, než ten, který bude mít k dispozici vodu o teplotě nad 20°. (Kenefick et al., 2011)

### 2.3.3 *Vstřebávání vody*

Stavba epitelu v tenkém střevě umožňuje vodě a v ní rozpuštěným látkám prostupovat do krevního řečiště dvěma způsoby. Jedním z nich je paracelulární přesun v prostoru mezi jednotlivými buňkami a transcelulární přesun přes jejich membrány. Přesuny rozpuštěných látek probíhají buď difuzí způsobenou elektrochemickým gradientem, nebo specifickými transportními mechanismy. Voda pak tyto látky pasivně následuje po vytvořeném osmotickém gradientu. Vstřebávání vody může být negativně ovlivněno několika faktory. Hypohydratace nad 3% zpomaluje vyprazdňování žaludku a tedy i čas, za jaký se voda dostane do krve. Fyzická zátěž přesahující 70% maximální možné intenzity pak narušuje nejen vyprazdňování žaludku, ale i absorpci látek ve střevě. Dalšími významnými faktory pak jsou osmolalita a energetický obsah tekutiny. Čím větší osmolalita a energetický obsah, tím pomaleji se bude tekutina vstřebávat. Toto je třeba brát v potaz v případech, kdy je potřeba nahradit jak tekutiny, tak energii a najít vhodnou hranici. (Kenefick et al., 2011; Baker, Jeukendrup, 2010)

### 2.3.4 *Průběh rehydratace*

Pokud to čas a okolnosti dovolují, měla by konzumace běžného jídla a dostatečného množství čisté vody k rehydrataci stačit. V případech, kdy dojde ke větším ztrátám objemu nebo elektrolytů je třeba zvolit metodu, která bude situačně efektivnější. Pokud je během fyzické zátěže velká ztráta sodíku skrze pot, nebude tělo schopné vodu udržet v dostatečném množství a dojde k větším ztrátám skrze moč, než by bylo žádoucí. To může zařídit na sodík bohatý pokrm nebo nápoj s vyšším obsahem sodíku. Pokud je z nějakého důvodu třeba rehydrataci provést urychleně, měl by jedinec přijmout 1,5l na každý ztracený kilogram, protože příjem většího množství tekutiny v krátkém časovém úseku stimuluje diurézu. Pro ideální rehydrataci jsou vhodné menší dávky podávané v krátkých intervalech, než příjem většího množství tekutiny najednou. V případě akutních a zdraví ohrožujících stavů dehydratace, průjmových onemocnění nebo zvracení je vhodné použít intravenózně fyziologický roztok, který pokryje jak ztráty objemu, tak elektrolytů. (Evans et al., 2017; Kenefick et al., 2011)

## 2.4 **Hyperhydratace**

Jsou situace, při kterých je plynulý příjem tekutin problematický a v některých případech i nemožný. Jedná se zejména o déle trvající sportovní zátěž nebo o specifické

pracovní podmínky. Z toho důvodu se začala zkoumat myšlenka, jestli by nebylo výhodné začínat tuto činnost ze stavu hyperhydratace a nikoliv pouze euhydratace.

### **2.4.1 Hyperhydratace a výkon**

Goulet et al. (2008) se zaměřili na výdrž, maximální výdej energie a funkci kardiovaskulárního systému během 2 hodin středně intenzivní jízdy na stacionárním kole, kdy příjem tekutin byl výrazně nižší, než jejich ztráta skrze pot. Cílem bylo potvrdit oddálení dehydratace, zvýšení výkonu a nižší zátěž kardiovaskulárního systému oproti euhydratovanému stavu. Výsledkem této studie bylo zlepšení výkonu o 5 % při intervalech vysoké intenzity a prodloužení doby, po které přišlo vyčerpání o 14 %. Tato změna byla přisouzena nižší tepové frekvenci, většímu objemu plasmy a zvýšenému srdečnímu výdeji. Právě větší srdeční výdej pak může za lepší rozvádění kyslíku a živin do svalů a odvádění odpadních látek.

### **2.4.2 Hyperhydratační nápoj**

Tekutina, která je použita k hyperhydrataci musí stimulovat zejména samotnou retenci. Proto čistá voda není efektivním řešením, jak do těla dopravit a udržet v něm nadbytečné množství vody. Přidáním glycerolu nebo sodíku je tohoto efektu retence dosaženo. Tekutiny obohacené o glycerol byly sportovci delší dobu používány, právě pro jejich vlastnosti zavodnění, ale v roce 2011 bylo používání této techniky zakázáno WADA z důvodu maskování jiných substancí. Proto se aktivněji začala testovat hyperhydratace vyvolaná tekutinou bohatou na sodík. Savoie et al. (2015) srovnali výsledky u hyperhydratovaných jedinců čistou vodou, nápojem s glycerolem a nápojem se sodíkem. Původní předpoklad byl, že efekt bude lepší, než u čisté vody, ale horší, než u glycerolu. Nakonec tekutina bohatá na sodík zůstala v těle zachována v o 20 % větším množství, než původní řešení s glycerolem.

Goulet et al. (2018) navázali další studií, která srovnávala použití sodíku, glycerolu a jejich kombinace. Ta se ukázala ještě o 16% účinnější, než v případě samotného sodíku. Není sice kvůli dopingovému omezení vhodná pro sportovní účely, ale rozhodně nabízí zajímavé řešení pro extrémní případy, jakým jsou vystavování hasiči nebo vojáci.

### ***2.4.3 Fyzickou aktivitou vyvolaná hyponatremie***

Tento stav vzniká většinou při extrémně dlouhých vytrvalostních fyzických aktivitách a z největší části je doménou maratonských a ultramaratonských běžců, popřípadě účastníků jiných extrémních podniků. Hyponatremie je podmíněna ztrátou sodíku, takže čím teplejší prostředí a větší ztráty potu, tím větší je její riziko. Fyzickou aktivitou vyvolaná hyponatremie (EAH) je stav, kdy se hladina sodíku v krvi dostane pod 135 mmol/l. Někdy i hodnoty sodíku pod touto hranicí nevyvolají žádné symptomy, ale v ojedinělých případech může vést hyponatremie i k úmrtí. Nejčastějšími příznaky jsou zmatenost, nevolnost, v horších případech záchvaty, ztráty vědomí, otok plic a mozku. Všechny tyto symptomy jsou způsobeny ztrátou elektrolytů z ECF a vytvoření osmotického gradientu, podle kterého se voda přesune do buněk a tam způsobí celkový otok. Nejvýznamnějším faktorem EAH je nezkušenost při vytrvalostních výkonech a nepřipravenost na teplotní podmínky, které vedou k používání čisté vody k hydrataci. Dalším faktorem je nedefinovatelnost obsahu sodíku v potu jinak, než měřením. Ztráty sodíku potem se mohou výrazně lišit a jedinec si ani nemusí být vědom, že ho ztrácí diametrálně rychleji, než ostatní (Lara et al., 2016). Nelze přesně rozhodnout, jestli se bude jednat o hypotonickou dehydrataci nebo hyperhydrataci, protože v těle může být, jak nedostatek, tak nadbytek tekutin, ale stěžejní je hladina sodíku, která vytváří osmotický gradient pro vodu. Při tak zásadním nárůstu obratu vody je tedy nutné doplňovat i ztráty sodíku a k hydrataci použít nějaký druh iontového nápoje, který ho bude v dostatečném množství obsahovat a zajistí tak rovnováhu vnitřního prostředí. (Hew-Butler et al., 2017)

## 3 PŘIJÍMANÉ TEKUTINY

### 3.1 Tonicita nápoje

Tonicita nápoje je určena jeho osmolalitou vůči krevní plazmě. Osmolalita plazmy se pohybuje okolo 285 mmol/l a je závislá zejména na obsahu  $\text{Na}^+$ . Osmolalita nápoje se odvíjí od množství osmoticky aktivních látek a podle povahy těchto látek se liší dopad, jaký bude tento nápoj na tělo mít.

Sacharidy (CH) jsou osmoticky velmi významnou složkou. Koncentrace 5 % glukózy v roztoku už splňuje podmínky izotonie. CH ovlivňují rychlost vstřebávání vody mechanismem kotransportu glukózy a  $\text{Na}^+$ , který následně způsobí pasivní následování vody skrze stěnu střeva. K tomuto efektu je potřeba koncentrace glukózy alespoň 0,9 %. CH jsou v nápojích významné i z důvodu udržování hladiny glukózy v krvi, zejména při vyčerpaných vnitřních zásobách CH, což se děje zejména při fyzické zátěži.

$\text{Na}^+$  je primární určující elektrolyt ve vztahu k objemu ECF, proto je jeho množství zásadní proměnnou ve složení. Zvýšení  $\text{Na}^+$  a s tím spojené zvýšení osmolality ECF stimuluje resorpci vody a reguluje tak objem ECF.

Draslík, jako hlavní kationt v ICF, hraje důležitou roli v regulaci rovnováhy mezi ECF a ICF. Rozdíl koncentrace draslíku v ICF a ECF ovlivňuje správnou funkci nervového vedení, svalové kontrakce a vazokonstrikce.

Chlór je hlavním aniontem ECF a stejně tak je tomu i u většiny nápojů. Jeho doplňování je nutné z důvodu ztrát skrze pocení. Vliv aniontů na příjem vody není výrazným předmětem zájmu, ale mezi anionty je chlór oproti bikarbonátu a sulfátu efektivnější, pokud jde o podporu vstřebávání  $\text{Na}^+$  a vody.

Další osmoticky aktivní látkou v nápojích může být glycerol. Ten se rovnoměrně distribuuje mezi všechny kompartmenty tekutin v těle. Pokud je přijímán s větším množstvím vody, může vyvolat přechodnou hyperhydrataci. Děje se tak z důvodu vytvoření osmotického gradientu, který stimuluje retenci vody v ledvinách a zvyšuje objem ECF. (Grandjean, Campbell, 2004; Baker, Jeukendrup, 2014)

### **3.1.1 Hypertonické nápoje**

Džusy, ovocné šťávy, energetické drinky a kolové nápoje jsou hypertonicke tekutiny, které snižují množství vstřebávané vody, a naopak způsobují pohyb vody z ICF a ECF do střeva. Tento pohyb vody je způsoben osmotickým gradientem. Osmolalita těchto nápojů se pohybuje nad hladinou 300 mOsm/kg až k 700 mOsm/kg. Jejich příjem může při fyzické aktivitě zvyšovat riziko průjmu a pocitu nevolnosti, a proto není jejich konzumace vhodná během tréninku. Tyto problémy se v klidu nevyskytují, proto je možné hypertonicke nápoje použít v rámci doplnění energie po fyzické aktivitě, která způsobila ztrátu elektrolytů a zejména energetických zásob. Vzhledem ke svému složení nejsou vhodné v případě dehydratace. Studie na myších ukázala, že podání nápoje obsahujícího fruktózu v momentě mírné dehydratace způsobuje zvýšení oxidativního stresu, osmolality moči, systémového tlaku a rizika poškození proximálních tubulů ledvin. (García-Arroyo et al., 2016)

V případě příjmu těchto nápojů bez předchozího poklesu sacharidů v těle navyšují hypertonicke nápoje kvůli svojí sacharidové složce kalorický příjem a výrazně zvyšují osmolalitu ECF. To má za následek přesun vody z ICF do ECF a na základě zvýšeného objemu v ECF je stimulována diuréza. Tím dojde ke zvýšení ztrát vody a potřebě jejího příjmu. Z toho důvodu nejsou hypertonicke nápoje vhodné k dlouhodobému udržování hydratace.

### **3.1.2 Izotonické nápoje**

Izotonické nápoje jsou určeny k doplnění objemu tekutin a ztracených elektrolytů po období dehydratace nebo v případě déletrvající fyzické aktivity. Vzhledem k tomu, že nevyvolávají žádný zásadní pohyb vody mezi prostředími, hlavní funkcí je doplnit ztracený objem ECF spolu se ztracenými elektrolyty a udržet hladinu glukózy v krvi. Pro optimální hydrataci během výkonu by se měla osmolalita nápoje pohybovat v rozmezí 200-320 mOsm/kg. Zároveň nápoje obsahují sacharidy k udržení hladiny glukózy a zajištění zachování výkonnosti. Při aktivitách trvajících méně, než hodinu by obsah sacharidů neměl překročit 9 %. Pokud jde o aktivitu dlouhodobého charakteru, měl by být příjem sacharidů 60-90 g/h. (Anna Sadowska, Franciszek Świdorski, 2017)

### **3.1.3 Hypotonické nápoje**

Pro běžné udržování hydratace se nejčastěji používají hypotonické nápoje. Jejich hlavním účelem je udržet objem vody v těle bez vyvolávání zásadních změn ve vnitřním

prostředí. Dostatečný příjem hypotonické tekutiny umožňuje ledvinám vylučovat větší množství méně koncentrované moči a tím snížit nároky na jejich práci. Dále není třeba regulačních mechanismů k udržení krevního tlaku.

Nejvýznamnějším hypotonickým nápojem je obyčejná voda, ale spadají sem i různou měrou mineralizované vody. Jejich výhodou je příjem klíčových elektrolytů v rámci pitného režimu, jako doplněk k jejich příjmům ve stravě. Voda však není vhodným nápojem při dlouhodobé fyzické zátěži, protože nedokáže pokrýt všechny ztráty elektrolytů a neúměrně zvyšuje objem ECF. To může vést k hyponatrémii, která může mít v některých případech fatální důsledky. Její výskyt je velmi častý u rekreačních maratonských běžců, kteří po delší dobu přijímají nadměrné množství vody. (Hew-Butler et al., 2017)



## 4 PITNÝ REŽIM

Pitný režim je označení způsobu, jakým jsou přijímány tekutiny. Ať už se jedná o množství tekutin, jejich složení nebo situace ve kterých je přijímáme. Může se jednat o popsání reálného příjmu nebo naopak o požadovaný postup. V různých situacích se budou nároky na pitný režim zásadně lišit, a to z mnoha důvodů. V široké i odborné veřejnosti se názory na pitný režim, zejména pro běžnou populaci, často rozcházejí. Tento zmatek je způsoben různými metodami přístupu k této problematice, která je velmi komplexní a na prokazování konkrétních výsledků komplikovaná.

Do nedávné doby byla hlavní pozornost v oblasti hydratace a příjmu tekutin zaměřena na rehydrataci u specifických částí populace. Kladl se důraz na výzkum v oblasti rehydratace sportovců, pacientů a zaměstnanců pracujících ve vysokých teplotách. Nový směr výzkumu, tedy hydratace široké veřejnosti je nyní limitován nedostatečným množstvím dat a nejednotným názorem na ideální metodologii v této oblasti. To se projevuje ve výrazných rozdílech výsledků studií používající jiné metody výzkumu. (Gandy, 2016)

### 4.1 Metody zaznamenávání pitného režimu

Přesný záznam příjmu tekutin je problematický z několika důvodů. Konzumace nápojů je rozložena v průběhu celého dne, proto je její záznam náročnější, než u potravin. Další komplikací je určit množství v jakém je tekutina přijímána. V běžných podmínkách jsou tekutiny přijímány ze sklenic různých objemů, plechovek, lahví nebo jiných nádob. To má za následek nárůst nepřesností v záznamech.

Všechny metody používané ke zjištění pitného režimu mají své silné a slabé stránky. V případě větších testovaných skupin se téměř výhradně jedná o retrospektivní metody v podobě příjmových dotazníků. Tyto metody jsou přímo závislé na schopnosti respondentů si zpětně vybavit a přesně určit počet porcí a množství příjmu. Tento způsob sběru informací je levný a přívětivý z hlediska nároků na respondenty, ale je zatížen velkou chybou. Je třeba počítat s nepřesným odhadem, stejně tak jako s určitou variabilitou toho, kdy je dotazník vyplňován. Jednorázové dotazníky příjmu za 24 h budou ovlivněny specifickým příjmem v konkrétním dni. Význam této specifčnosti se snižuje u systémů zařazujících několik po sobě jdoucích dnů měření.

Záznamy ve formě deníků se zbavují odchylek v závislosti na schopnosti respondentů zpětně si vybavovat příjem, protože jsou vyplňovány v době konzumace, ale vyžadují větší spolupráci. Navíc může být příjem přímo ovlivněn procesem zaznamenávání a kladením většího důrazu na konzumaci. Z důvodu těchto odchylek jsou zpochybňovány výsledky studií používající zpětně vyplňované dotazníky. (Gandy et al., 2015)

Ozen et al. (2015) v systematickém přehledu celkového množství přijatých tekutin zahrnul 65 vědeckých prací. Nejfrekventovanější metodou byly jednorázové zpětné příjmové 24 h dotazníky zahrnující i konzumaci pevné stravy. Pouze dvě studie použili dotazníky specifikované pro příjem nápojů. Z výsledků těchto prací vzešel závěr, že u nspecifických dotazníků dochází k signifikantnímu nadhodnocování nebo podhodnocování příjmu oproti dotazníkům specifickým. V případě jednorázových dotazníků pak také dochází k velké variabilitě konkrétního denního příjmu, který může být zavádějící, a proto není jednorázový příjmový dotazník považován za vhodnou metodu pro budoucí studie zaměřené na pitný režim.

Mons et al. (2007) zhodnotili výsledky studií zahrnujících příjem vody a došli k závěru, že doporučeným způsobem hodnocení příjmu je 4 dny trvající příjmový deník. Pokud tato varianta není uskutečnitelná, doporučují alespoň opakované zpětné 24 h dotazníky.

Jimoh et al. (2015) vypracovali pilotní studii zaměřující se na nápojový deník u starších pacientů a provedli srovnání s kontrolním měřením reálného příjmu. Jejich přístup ukázal vysokou přesnost a ukazuje potenciální směr, jakým lze metodiku výzkumu posunout.

Pro hlubší pochopení vztahu mezi pitným režimem a zdravím je sběr relevantních a přesných dat o příjmu a hydrataci zcela zásadní. Častěji se v rámci výzkumů objevují biologické indikátory. Jedním ze zkoumaných témat je vztah mezi složením moči a příjmem sodíku (Cogswell et al., 2015). Zahrnutí biologických markerů do výzkumu přináší navýšení nákladů a náročnost jeho provedení, ale v kombinaci s daty o pitném režimu přináší komplexnější pohled na problematiku.

Všeobecně uznávaný standard hodnocení hydratace, tedy osmolalita krevní plazmy a celkový tělesný objem vody, je v jiných než laboratorních podmínkách těžko dosažitelný a nedá se považovat za vhodnou volbu (Armstrong, 2007). Za pevně

stanovenou normu hodnocení dehydratace pro použití ve výzkumu lze považovat osmolalitu krevní plazmy nad 301 mOsm/kg. (Cheuvront et al., 2013)

Hodnocení krevní plazmy s sebou ovšem nese nutnost krevního náběru, což znatelně ovlivňuje ochotu respondentů se účastnit. Proto je novým směrem zejména hodnocení moči, které je pro většinu populace akceptovatelnější. (Gandy et al., 2015)

## 4.2 Doporučený pitný režim

Z veřejně platných doporučení týkajících se pitného režimu jsou stěžejní dvě studie. Jednu publikoval IoM (Institute of Medicine) v roce 2004 a druhou EFSA (European Food Safety Authority) v roce 2010.

### 4.2.1 IoM

IoM vypracoval svoji studii na základě dat v NHANES III průzkumu. Cílem bylo určit požadovanou míru příjmu, která by eliminovala riziko potíží primárně spojených s dehydratací. Předpokladem tedy bylo, že tělo je schopné regulovat osmolalitu krevní plasmy i přes velké rozdíly v příjmech vody bez dalšího důrazu na stav hydratace.

Data, která byla ve studii používána pro celkový příjem vody (TWI), zahrnovala veškeré nápoje, vodu ze stravy i metabolickou vodu. Tato data byla získána způsobem dvou po sobě nejdoucích dní formou 24 hodin zpětně vyplňovaného dotazníku. Ztráty byly vypočteny ve vztahu k nevytíženému dospělému člověku v průměrných teplotních podmínkách. Jejich hodnoty byly určeny v rozmezí 1 až 3 l ztrát skrze dechové páry, moč, stolici a neznatelné pocení.

Hodnoty adekvátního příjmu (AI) a doporučeného příjmu (DRI) vody byly vytvořeny na podkladech tří proměnných. Na informacích o příjmech populace, dostatečném nahrazení ztrát a na požadovaném množství vody na přijatou energetickou hodnotu.

Hodnoty AI byly odvozeny od mediánových příjmů v NHANES III průzkumu tak, aby splňovaly předpoklad nahrazení ztrát. Pro dospělého muže se jedná o 3,7 l a pro ženy 2,7 l TWI. Z průzkumu získané 81 % zastoupení tekutin, respektive 19 % složka TWI z potravin, znamenají, že u tekutin jsou hodnoty 3 l pro muže a 2,2 l pro ženy.

Na základě rozhodnutí komise pak byla hodnota DRI určena poměrem voda/energie 1 l na 1000 kcal. Tato hodnota byla určena zejména jako prevence závažných stavů dehydratace. (Institute of Medicine, 2004)

#### **4.2.2 EFSA**

Hodnoty adekvátního příjmu vystavěla EFSA na kombinaci dat ze studií o příjmech napříč evropskými státy a požadované hladině osmolality moči 500 mosm/l. Průměrný TWI se pohyboval od 2,2 l do 2,6 l u mužů a od 1,9 l do 2,4 l u žen. Výsledné doporučení pak odpovídají 2 l pro ženy a 2,5 l TWI pro muže. Tyto adekvátní příjmy platí pouze za přiměřených podmínek prostředí a nezvýšeného pohybového režimu a nezapočítávají metabolickou vodu.

Při získávání dat pro tuto studii byly použity průzkumy z devíti evropských států, při kterých bylo používáno různých metod. Byly použity různě dlouhé období zpětně vyplňovaných příjmových dotazníků, týdenní deníkový záznam nebo kombinované metody. Použití samostatně vyplňovaných dotazníků je vždy zatíženo určitou chybou. Skutečnost, že bylo použito několik studií tohoto typu s rozdílným programem sběru dat, může vzbuzovat obavy o přesnost a relevantnost získaných informací. (EFSA, 2010)

## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

### 5.1 Úvod do problematiky

Existují konzistentní důkazy o tom, že začít fyzickou aktivitu za stavu hypohydratace překračující 2 % tělesné hmotnosti, negativně ovlivňuje výkon, zejména při vyšších teplotách. (Bradis et al. 2013; Fleming, James, 2014) Výraznější vliv byl popsán při vytrvalostní zátěži, při které se více projevují následky hypohydratace, jako jsou vyšší srdeční tepová frekvence, hypovolemie, snížená perfuze tkání a zhoršená efektivita termoregulace. (Sawka et al. 2015) Poslední zjištění ovšem nasvědčují tomu, že pouhé nahrazení ztrát tekutin nemusí stačit pro dosažení optimálního výkonu. Pokud nejsou uspokojeny všechny mechanismy regulující stav vody, včetně subjektivního pocitu žízně, je výkon i nadále negativně ovlivněn. (Cheung et al. 2015; Wall et al. 2013)

Většina studií, zabývajících se vlivem hypohydratace na výkon, používá dehydratační protokol, kterým probandy nejdříve dostanou na přesně stanovenou úroveň hydratace, a poté pokračují v samotném měření. V mé práci jsem se zaměřil na přirozený vývoj hypohydratace a její vliv na výkon. Inspirací mi byla běžně se vyskytující situace, kdy si lidé zapomenou pít na hodinový trénink nebo po nich práce vyžaduje fyzicky náročný výkon bez přístupu k tekutinám. Cílem této práce bylo objektivně zhodnotit roli hydratace v této modelové situaci a zjistit, jakým způsobem bude příjem tekutin ovlivněn výkon.

## 5.2 Cíle měření

Cílem měření je zjistit rozdíl ve výkonu bez možnosti příjmu tekutin a s volným přístupem k tekutinám.

Ostatní cíle práce:

Určit ztráty tekutin během fyzické zátěže. Vyhodnotit do jakého stavu hypohydratace se během měření probandi dostanou. Zjistit, zda je příjem tekutin ad libitum dostatečný k nahrazení ztrát vody.

## 5.3 Metodologie

### 5.3.1 Testovaná skupina

Měření se zúčastnilo 6 mužů ve věku 18–26 let (průměrný věk 21,7 let, SD  $\pm$  2,9 let), s výškou 170–186 cm (průměrná výška 176,8 cm, SD  $\pm$  5,9 cm) a hmotností 66,3–83,8 kg (průměrná hmotnost 76,8 kg, SD  $\pm$  7,4 kg). Jednalo se o průměrně trénované jedince s individuální pohybovou praxí a nikoliv o vrcholové sportovce.

Probandi	A	B	C	D	E	F	Průměr	SD
věk	22	18	26	18	23	23	21,7	2,9
výška	170	173	177	172	183	186	176,8	5,9
hmotnost	66,3	70,7	82,1	72,2	86,1	83,8	76,8	7,4

### 5.3.2 Průběh měření

U každého probanda proběhla 2 měření s odstupem jednoho týdne. Cílem bylo porovnat výkon s přístupem a bez přístupu k tekutinám. Měření probíhalo tím způsobem, že byl proband zvážen, urazil 1000 m na veslovacím trenažeru na čas, pokračoval hodinu ve střední zátěži na bicyklovém ergometru, zopakoval 1000 m veslování na čas a nakonec byl, po osušení většiny potu, opět zvážen. Při prvním měření byl příjem tekutin ad libitum z láhve o známém obsahu, aby bylo možné zaznamenat přesné množství přijatých tekutin. Při druhém měření probandi tekutiny nepřijímali. Nejdůležitějším parametrem pokusu byl rozdíl časů, respektive výkonu, na veslovacím trenažeru na začátku a na konci

jednotlivých měření a to s ohledem na to, zda byly nebo nebyly probandovi podávány tekutiny.

Měření probíhalo ve vnitřním prostředí, takže nebylo ovlivněno vnějšími teplotními podmínkami. U všech probandů byl odstup mezi měřeními přesně týden, aby nedošlo ke zkreslení z důvodu únavy a podmínky tak byly co nejpodobnější i z hlediska jejich programu. V rámci udržení běžného pitného režimu nebylo probandům předem sděleno, že měření bude probíhat bez příjmu tekutin a byli vyzváni k tomu, aby se dle potřeby ještě před vážením napili. Pak byli obeznámeni s kompletním průběhem měření a vyzváni k hlášení jakéhokoliv diskomfortu, během jeho průběhu. Všichni probandi podepsali informovaný souhlas. Při měření pak přijímali pouze čistou vodu nebo nic, včetně jakéhokoliv jídla, či potravinových doplňků. Měření bylo navrženo, aby trvalo maximálně 70 minut. Vzhledem k možným ztrátám vody potem, byla maximální předpokládaná hypohydratace 2,5 % tělesné hmotnosti.

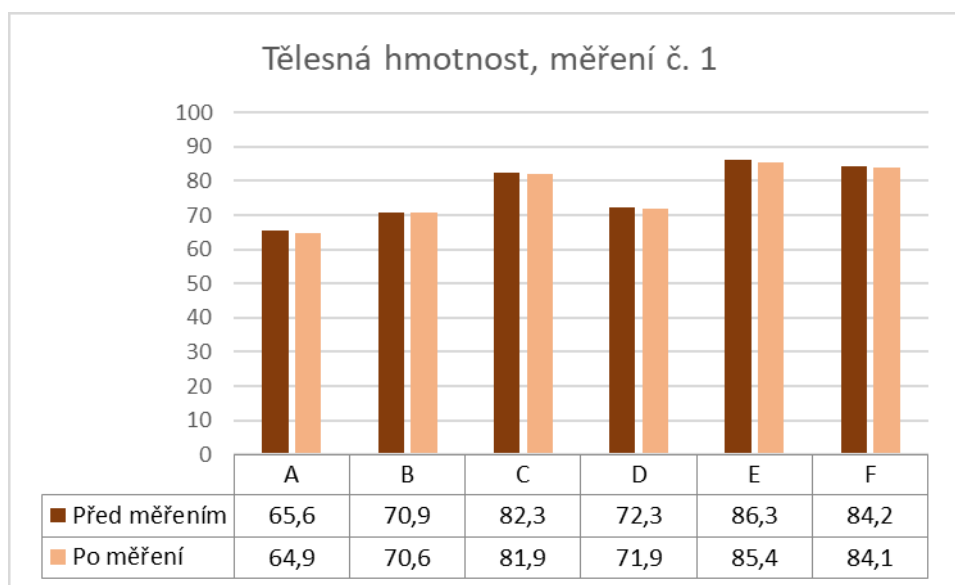
### ***5.3.3 Získání dat a použité vybavení***

Pro vážení byla použita osobní váha Beurer BF 700. Při veslování byl použit trenažer BLACK CONCEPT 2 MODEL D ROWER – PM5, kde si probandi mohli kontrolovat vzdálenost a čas a bylo jim řečeno, ať podají nejlepší možný výkon. S konkrétním cílem práce nebyli seznámeni, aby nedocházelo k subjektivnímu zkreslování. Pro vytrvalostní zátěž byl použit CONCEPT2 BIKEERG. Zde si probandi nastavovali odpor dle instrukce, aby bez obtíží udrželi frekvenci šlapání nad hodnotou 60 otáček za minutu, což zajistilo, že zátěž byla dostatečně dynamická. Při druhém měření měli k dispozici z minulého týdne hodinový výdej kalorií a vzdálenost, kterou urazili. Cílem bylo nejen udržet dostatečnou frekvenci šlapání, ale i přiměřeně stejný výdej energie, aby měření nebylo zkresleno rozdílnou intenzitou této vytrvalostní zátěže.

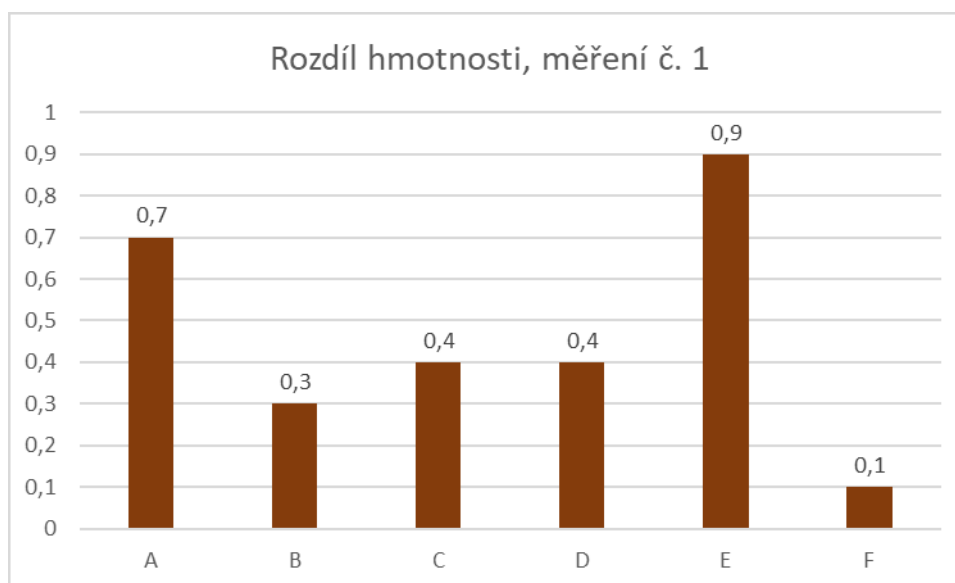
## 5.4 Výsledky

### 5.4.1 Měření č. 1

Při prvním měření měli probandi volný přístup k vodě. Žádný z nich neprijal víc tekutin, než kolik jich během zátěže vypotil, proto byl při vážení na konci měření vždy přítomen úbytek hmotnosti. Ten nabýval hodnot od 0,1 do 0,9 kilogramu (průměrná hodnota 0,5; SD  $\pm$  0,26).



Graf 1. Tělesná hmotnost, měření č. 1

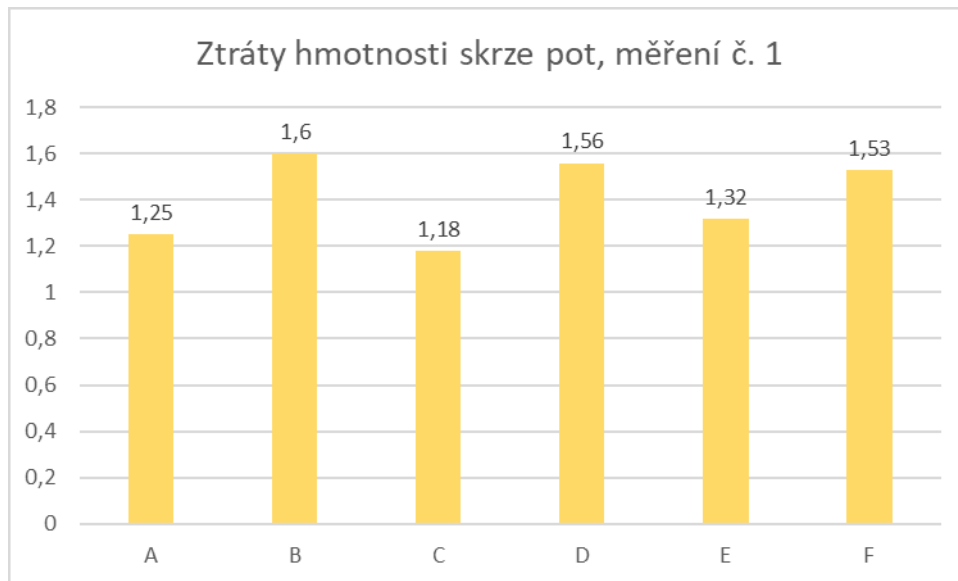


Graf 2. Rozdíl hmotnosti, měření č. 1

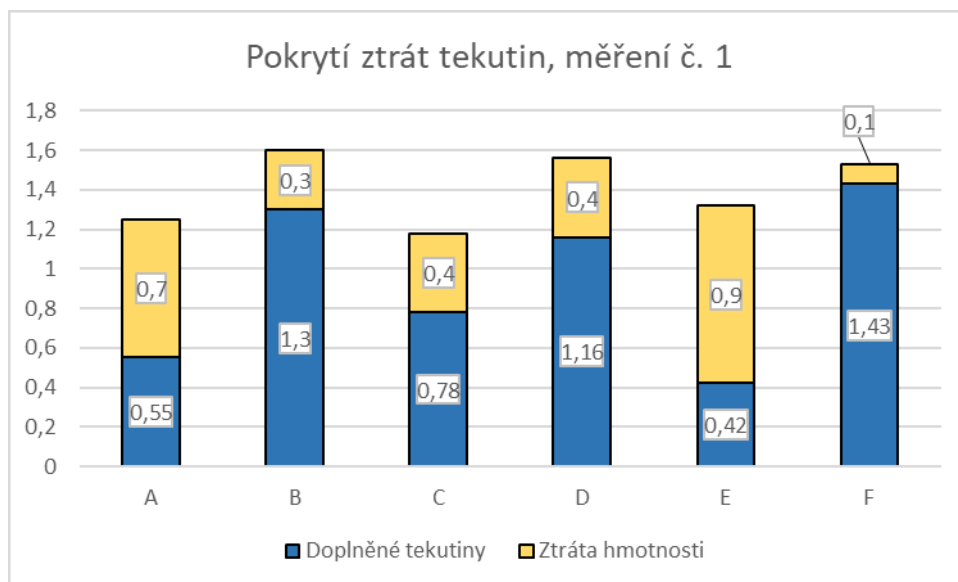


Příjem tekutin probíhal z lahve o známém objemu, díky čemuž bylo možné z váhy a přijatého množství vody dopočítat celkové množství vyprodukovaného potu. To se pohybovalo od 1,18 do 1,6 litru (průměrná hodnota 1,4; SD  $\pm$  0,16).

Doplnění tekutin vzhledem ke ztracené vodě se pohybovalo od 32 % do 93%. Průměrně probandi doplnili 65 % ztracených tekutin.

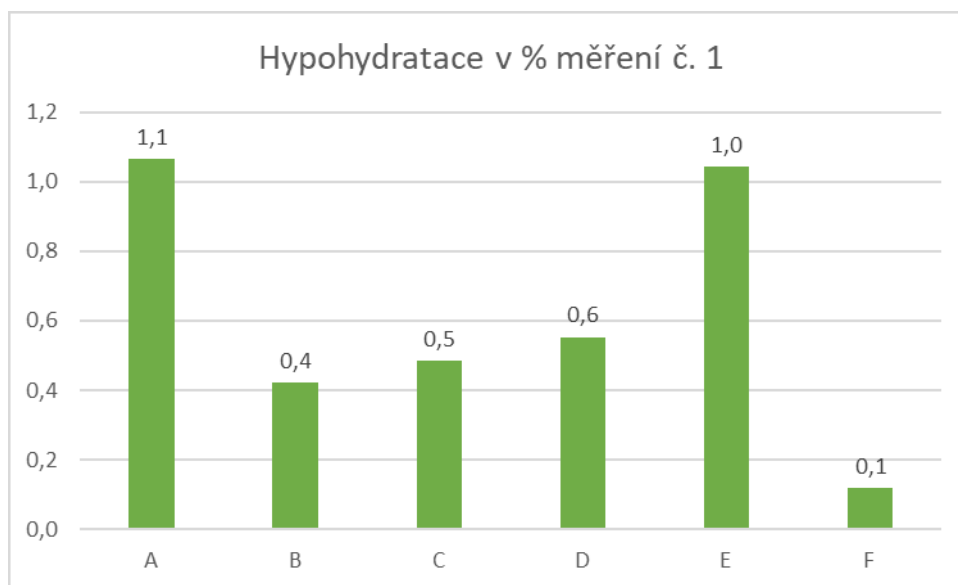


Graf 3. Ztráty hmotnosti skrze pot, měření č. 1

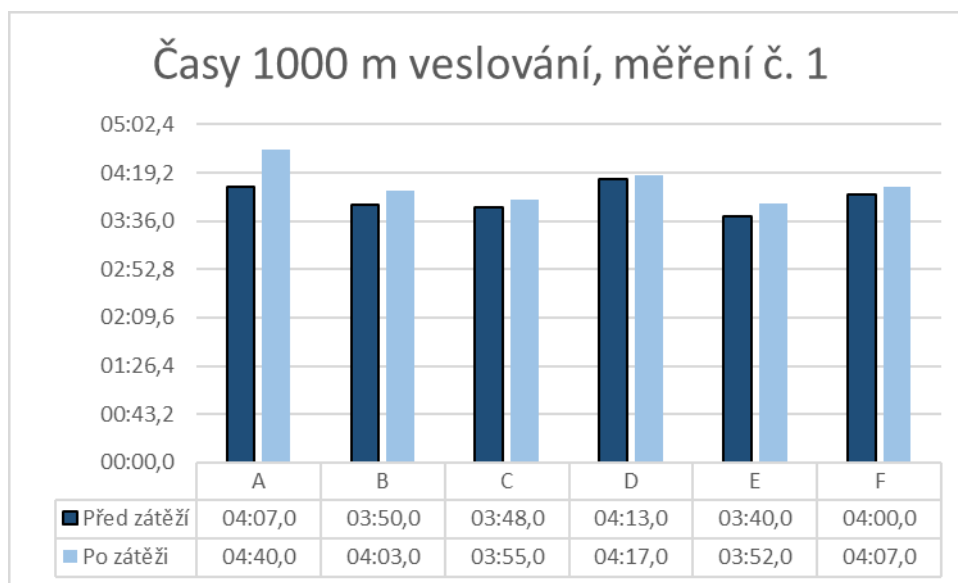


Graf 4. Pokrytí ztrát tekutin, měření č. 1

Jelikož nedošlo k úplnému pokrytí ztracených tekutin, dostali se probandi i v tomto měření do stavu mírné hypohydratace, která nabyla hodnot od 0,1 do 1,1 % (průměrná hodnota 0,6;  $SD \pm 0,34$ ). Významné to bylo u dvou z nich, kdy hypohydratace přesáhla 1 % hranici.

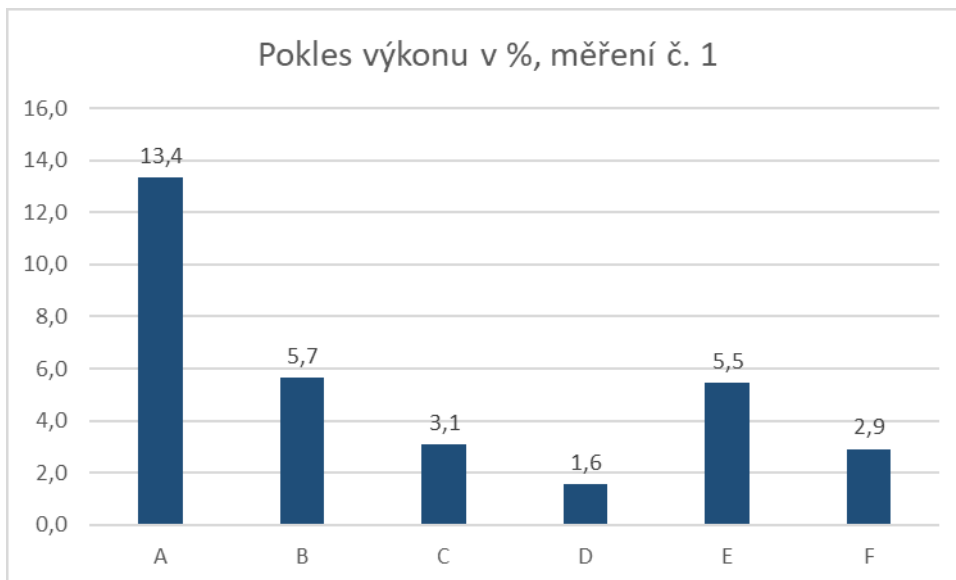


Graf 5. Hypohydratace v %, měření č. 1



Graf 6. Časy 1000 m veslování, měření č. 1

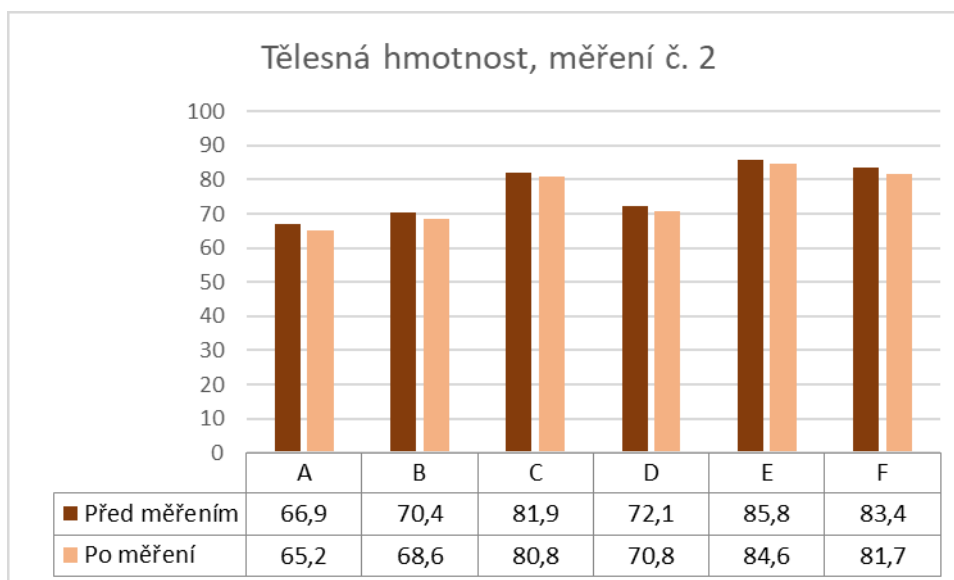
Pokles výkonu v prvním měření nabýval hodnot od 1,6 % do 13,4 % (průměrná hodnota 5,34 %; SD  $\pm$  3,86)



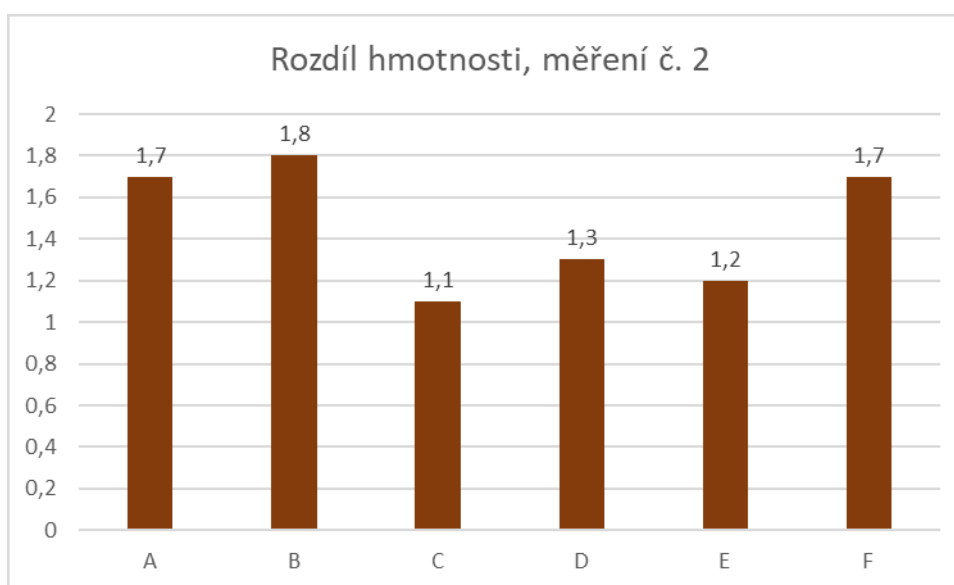
Graf 7. Pokles výkonu v %, měření č. 1

### 5.4.2 Měření č. 2

Při druhém měření neměli probandi přístup k tekutinám. To se projevilo na rozdílech hmotnosti, které nabývaly hodnot od 1,1 do 1,8 kilogramu (průměrná hodnota 1,5; SD  $\pm$  0,27).



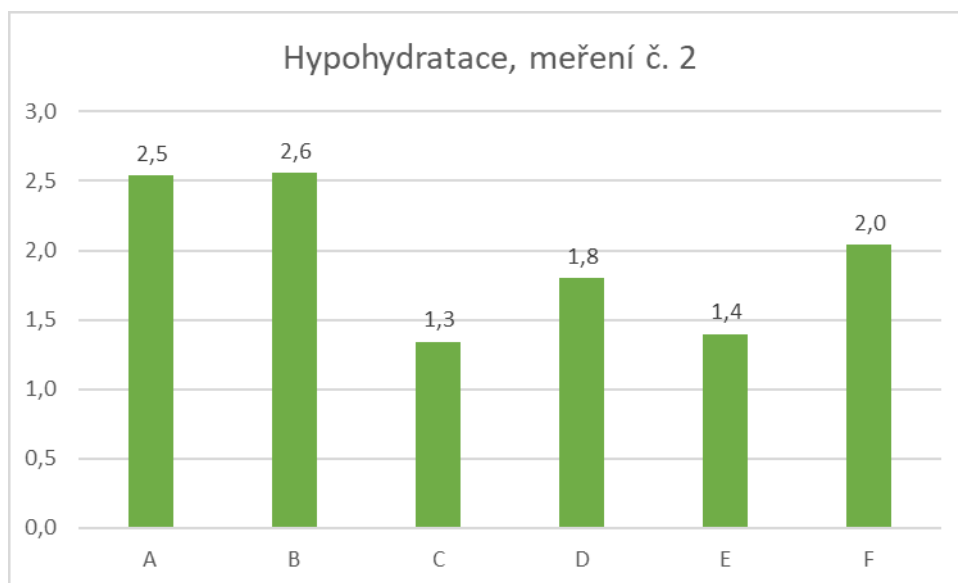
Graf 8. Tělesná hmotnost, měření č. 2



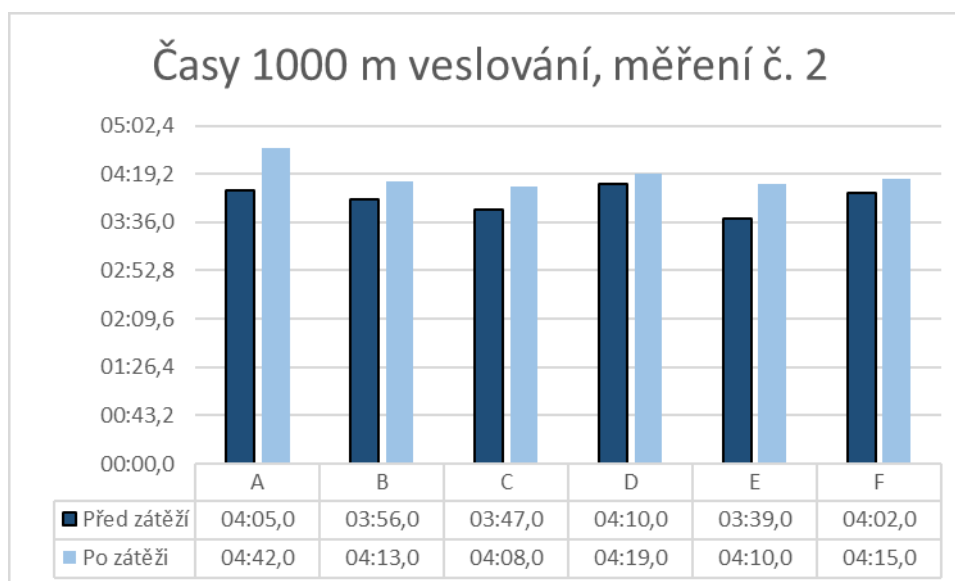
Graf 9. Rozdíl hmotnosti, měření č. 2

Vzhledem k nedoplňovaným ztrátám vody se probandi dostali do stavu hypohydratace, která u všech přesáhla 1 % a mohla být faktorem ovlivňujícím výkon. Nabývala hodnot od 1,3 % do 2,6 % (průměrná hodnota 1,9; SD ± 0,5).

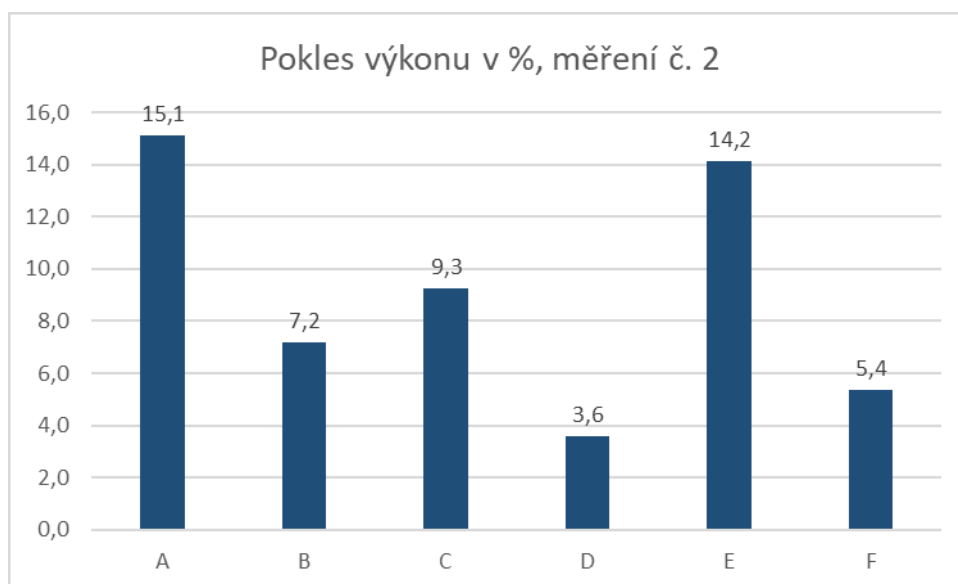
Pokles výkonu v druhém měření nabýval hodnot od 3,6 % do 15,1 % (průměrná hodnota 9,11 %; SD ± 4,27)



Graf 10. Hypohydratace, měření č. 2



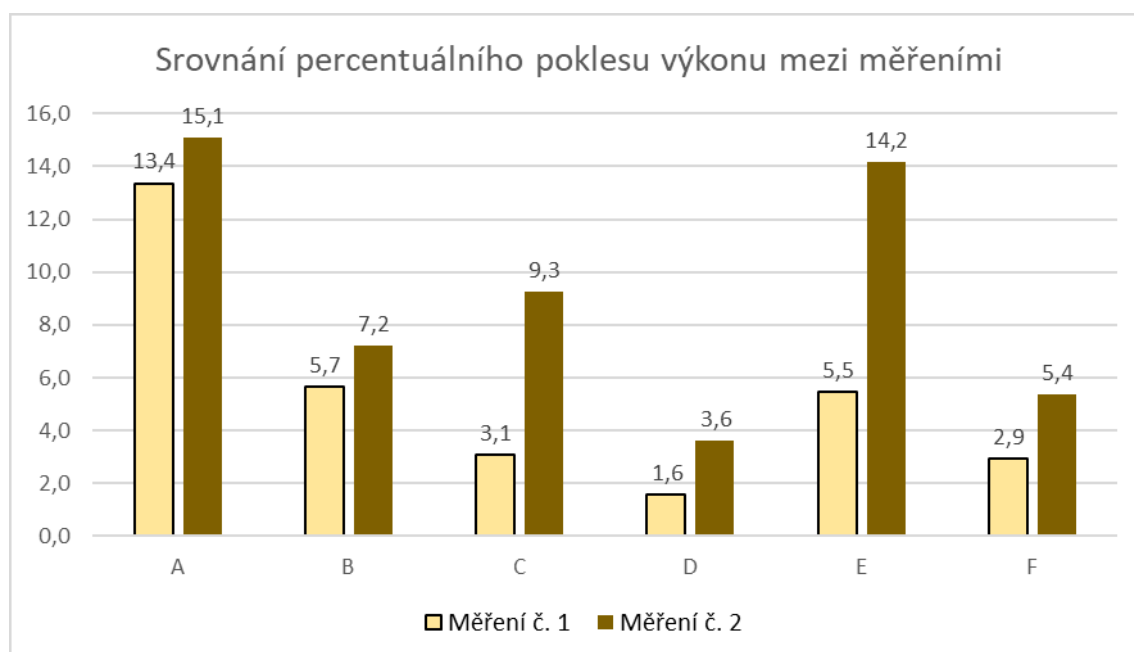
Graf 11. Časy 1000 m veslování, měření č. 2



Graf 12. Pokles výkonu v %, měření č. 2

### 5.4.3 Srovnání měření

Srovnání poklesu výkonu mezi prvním a druhým měřením přineslo 100 % trend, který nasvědčuje tomu, že přístup k tekutinám ovlivnil výkon. Pro potvrzení statistického významu byl proveden párový t-test s hladinou významnosti  $\alpha=0,05$ . Hodnota statistické významnosti  $p=0,0263$  potvrzuje vliv příjmu tekutin na zhoršení výkonu. Průměrný propad výkonu představoval 3,77 %;  $SD \pm 2,51$ .



Graf 13. Srovnání procentuálního poklesu výkonu mezi měřeními

## 6 DISKUZE

### 6.1 Diskuze k teoretické části

Příjem vody je jedním ze základních předpokladů přežití. Tělo je z větší části tvořeno právě vodou a její stav, popřípadě její distribuce, nás na všech úrovních ovlivňuje. To se děje prostřednictvím tělesných funkcí, které voda plní. Ať už jde o její funkci jako stavební prvek, hlavní transportní prostředek, rozpouštědlo, médium pro chemické reakce nebo lubrikant. Jako kapitola sama o sobě by se pak nabízela funkce termoregulace, která formou potu může pro tělo představovat nejvýznamnější cestu ztrát vody. Ty se mimo potu skládají z vody vyloučenou močí, stolicí a dýchacími parami. Tyto ztráty mohou být relativně stabilní a pohybovat se v úzkém pásmu hodnot. Většinou jsou ale ovlivněny nějakým vnějším faktorem, který si vyšší ztráty buď vyžádá, nebo je jeho přímý důsledek. Těmi nejčastějšími faktory, které ovlivňují ztráty vody, jsou fyzická aktivita, teplota vnějšího prostředí, samotný příjem tekutin, stravovací návyky, nebo onemocnění. Abychom tyto ztráty nahradili, přijímáme vodu v podobě tekutin a z menší části také ve stravě.

Aby byl stav vody v těle optimální vzhledem k jeho potřebám, podléhá voda velice přesným regulačním mechanismům. Ty jsou závislé na změnách osmolality a objemu ECF. Hlavním regulátorem je nepochybně vazopresin, který řídí resorbci vody v ledvinách. Aby došlo k doplnění ztrát vody, vyvolají tyto mechanismy pocit žízně. Ten je kromě fyziologických stimulů řízen neurálními podněty, ať už jde o sucho v ústech nebo chuť na dostupný nápoj. Jelikož jde o přirozenou reakci těla na nedostatek tekutin, předpokládalo se, že jde o dostatečný ukazatel, kterým je vhodné se při příjmu tekutin řídit. Jelikož je ovšem žízeň vyvolána až po tom, co jsou aktivovány regulační mechanismy a zároveň jde o pocit subjektivní, který nemusí spolehlivě reflektovat potřebu organismu, vznikla nutnost přijít se způsobem, jak hodnotit stav hydratace.

Tomuto tématu se věnovala řada studií (Baron et al. 2015; Opplinger, Bartok 2002; Chevront, Kenefick, 2014; Cogswell et al. 2015; Armstrong, 2007), které hodnotily přesnost, relevantnost, ale i využitelnost a cenu různých biomarkerů, podle kterých se dá hydratace hodnotit. Nejvýznamnějšími způsoby jsou měření tělesné hmotnosti, osmolalita plasmy, bioimpedance, metoda ředění izotopů a osmolalita, objem a barva moči. Každý z těchto parametrů má jiné silné a slabé stránky jeho použití při hodnocení hydratace. Nejzásadnějším faktem zůstává, že stále napanuje shoda v tom,

při jaké hodnotě jednotlivých parametrů už se jedná o dehydrataci. To je dáno i tím, že hydratace se sinusoidálně mění, a proto je obtížné určit, kdy už dehydratace nastala. Určené hranice dehydratace tedy představují spíše body, za kterými by už těžko mohlo o dehydrataci nejít. Perrier et al. (2015) a Armstrong et al. (2016) došli ke shodnému závěru, že hodnota mOsm/kg pro moč, je dostatečným ukazatelem nedostatečného příjmu tekutin. Chevront et al. (2013) došli k závěru, že hodnota 301 mOsm/kg pro krevní plasmu, je vhodnou hranicí pro výzkum. Lze říci, že jednorázové měření jakéhokoliv parametru, je spíše okamžitým vhladem, který může napovědět, ale většinou nenes konečnou vypovídající hodnotu. Ta se dá získat pouze opakovanými měřeními ideálně v kombinaci několika markerů a s kontextem všech faktorů, které stav hydratace ovlivňují.

Význam hodnocení dlouhodobého stavu hydratace podporují poslední názory, které spojují mírnou trvalou dehydrataci s relativně velkým množstvím onemocnění zahrnující metabolický syndrom, diabetes typu 2, hypertenzi, ischemickou chorobu srdeční, srdeční selhání, vaskulární demenci, kognitivní poruchy, mikroalbuminurii, chronické onemocnění ledvin i například Crohnovu nemoc. Toto tvrzení podporuje korelace těchto onemocnění s hladinou copeptinu, který reflektuje množství vyplavovaného vasopresinu. Zatím není dostatek dat pro jednoznačný závěr, jestli dlouhodobě vyšší hladina ADH způsobená nedostatečným příjmem tekutin, skutečně má signifikantní vliv na vznik těchto onemocnění. Lemetais et al. (2017) ale potvrdili, že zvýšením celkového příjmu po dobu šesti týdnů, dojde k výraznému poklesu copeptinu a že by dostatečný příjem tekutin mohl být levnou a efektivní prevencí. Osobně si myslím, že nedostatek vody vytváří na lidský organismus konstantní nátlak o malé intenzitě, který neustále vyvolává hormonální odezvu, která má svou cenu. Po prostudování této problematiky mi způsob, jakým může mírná dehydratace negativně ovlivňovat organismus, silně evokoval paralelu s únavovými zraněními. Dlouhodobé působení zdánlivě neškodného stimulu, které si časem vybere daň.

Z hlediska akutní dehydratace je hodnocení podstatně jednodušší. Nejčastěji je používána změna tělesné hmotnosti, která je v krátkodobém měřítku z naprosté většiny tvořena potem. Akutní dehydratace je rizikem zejména při fyzické aktivitě, v teplém vnějším prostředí nebo při nemoci zahrnující horečnaté stavy a stejně tak průjmová onemocnění. Při její progresivním zhoršováním jsou postupně negativně ovlivňovány všechny funkce organismu a v extrémním případě může dojít až k jeho selhání.



V případech akutní dehydratace je nejpodstatnější otázkou, jak ji co nejefektivněji zvrátit zpět do stavu euhydratace.

K tomu je ideální použít nápoj, který nabízí nejlepší rehydratační vlastnosti pro danou situaci. Rozdílný přístup bude vyžadovat dehydratace hypertonická, izotonická a hypotonická. Podle toho zvolíme nápoj s požadovanou osmolalitou, který bude zároveň vyhovovat ostatním požadavkům. Těmi jsou chuť, struktura, teplota, ale hlavně obsah iontů a sacharidů. Cílené vybírání nápoje je při běžném fungování sice vhodné, ale u sportovců, zejména těch vytrvalostních, pak naprosto nezbytné. V důsledku nedostatečné informovanosti o správném doplňování tekutin se vystavuje velké množství, zpravidla rekreačních běžců na dlouhé vzdálenosti, zátěží vyvolanou hyponatremií. Tento někdy až život ohrožující stav je způsoben ztrátou elektrolytů skrze pot a významně zvýšeným příjmem vody, což má za následek přesun vody do intracelulárního prostoru a celkový otok. V extrémním případě může dojít k otoku mozku a plic a následně ke smrti (Lara et al. 2016).

V některých situacích je adekvátní rehydratace nemožná a mohla by negativně ovlivnit výkon jedince, proto se může použít hyperhydratační protokol, při kterém dojde k příjmu většího množství vody, optimálně buď s vysokým obsahem sodíku, glycerolu nebo jejich kombinace, která je nejefektivnější. Tento postup nijak nezvyšuje maximální výkon, ale prokazatelně oddaluje dehydrataci, a proto může být výhodný. (Goulet et al. 2018)

Snahu uchopit pitný režim na globální úrovni a získat velké množství relevantních dat se zatím nedaří. Jelikož je pitný režim rozprostřen v průběhu celého dne, nepodléhá nutně žádné pravidelnosti a zásadně se mění na základě podmínek a aktivit, je jeho zaznamenávání velmi obtížné. Mons et al. (2007) došli k závěru, že nejefektivnější metodou je v momentě konzumace vyplňovaný deník, po dobu minimálně 4 dnů. Tuto teorii potvrdili Jimoh et al. (2015) ve své studii, kde použili příjmové deníky a zároveň kontrolovali množství podávaných tekutin. Nevýhodou této metody je značná náročnost na spolupráci respondenta a je otázkou, zda ji bude možné použít ve studii většího rozsahu.

Dva zásadní pokusy vytvořit ucelený obrázek o stavu pitného režimu, byly provedeny Institute of Medicine (2004) a EFSA (2010). Institute of Medicine přinesl dvě významné hodnoty ve vztahu k pitnému režimu na základě NHANES III průzkumů.

Hodnotu adekvátního příjmu byly určeny na 3,7 l pro muže a pro ženy na 2,7 l TWI, pro běžně žijícího dospělého, aby byly pokryty jeho ztráty. Do této hodnoty byla připočítána i metabolická voda. Druhou hodnotou byl doporučený denní příjem, který byl vztažen k množství vydané energie a to 1 l na 1000 kcal.

EFSA přišla s hodnotami adekvátního příjmu 2 l pro ženy a 2,5 l TWI pro muže. Tyto hodnoty odvozovala od mediánových výsledků a žádoucí osmolarity moči pod 500 mOsm/kg a není v nich započítána metabolická voda.

Obě studie jsou jedny z prvních v tak rozsáhlém měřítku, ale obě mají výrazné nedostatky v metodice získávání dat. U průzkumů NHANES III jde o nevhodné zpětně vyplňované dotazníky a vztahování AI pouze k odhadovaným ztrátám, které se mohou individuálně velmi lišit. U studie zpracovanou EFSA jde zase o kombinaci několika různých, více, či méně přesných dotazníkových měření, které pochází z 9 různých samostatných studií. Do budoucna je potřeba sjednotit metodologii, která bude vhodná pro rozsáhlé studie, které budou moci pracovat s relevantními daty.

## 6.2 Diskuze k praktické části

Cílem praktické části bylo potvrdit výsledky studií, ukazující negativní vliv hypohdratace na výkon (Bardis et al., 2013; Chevront et al., 2005; Castellani et al., 2010; Fleming, James, 2014; Logan-Sprenger et al., 2015; Kenefick et al., 2010; Sawka et al., 2007; Stearns et al., 2009). Rozdíl této práce byl v tom, že neporovnávala pouze výkon ve stavu euhydratace a hypohdratace, ale rozdíl ve výkonnosti v průběhu modelové hodinové situace. Hypotéza byla potvrzena u všech probandů a výsledek  $p=0,0263$ , potvrdil statistickou významnost tohoto výsledku. Průměrný propad výkonu mezi měřeními byl 3,77 % (SD  $\pm$  2,5). To odpovídá tomu, že vliv dehydratace na silovou vytrvalost není tak výrazný, jako na čistě vytrvalostní výkon. Ztráty tekutiny byly průměrně 1,4 l (SD  $\pm$  0,16) při prvním a 1,5 l (SD  $\pm$  0,27) při druhém měření. Dalším výsledkem je průměrné nahrazení 65 % ztracených tekutin při možnosti příjmu ad libitum. To nasvědčuje tomu, že cílený příjem tekutin během dlouhodobějšího výkonu má své opodstatnění. Na druhou stranu při měření s přísunem tekutin byla průměrná hypohdratace 0,6; SD  $\pm$  0,34. Z toho důvodu je oprávněné tvrzení, že při tréninkové jednotce, která výrazně nepřesahuje 1 h, je ad libitum dostatečný k udržení uspokojivého stavu hydratace, který by neměl ovlivnit výkonnost. Při měření bez přístupu k tekutinám

stoupla průměrná hodnota hypohydratace na 1,9; SD  $\pm$  0,5. To je významná hodnota, která podle očekávání následně ovlivnila výkon.

Probandi si nestěžovali na žádný výrazný diskomfort a všichni potvrdili, že se v podobné situaci už několikrát ocitli. Osobně přisuzují pokles výkonu, kromě ostatních vlivů, výraznou měrou nervové indikaci nedostatku tekutin. Na základě výsledků studií, které provedli Cheung et al. (2015) a Wall et al. (2013) je dle mého názoru důležitým faktorem právě subjektivní pocit nedostatku tekutin, který může v podobě sucha v ústech nebo nedostatečně hydratovaných dýchacích cest vést k negativnímu ovlivnění výkonu.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s problematikou pitného režimu a hydratace, zejména pak v kontextu vlivu na výkon. Význam pitného režimu by se neměl podceňovat a to jak v běžném životě, tak v případě fyzické zátěže. Podle posledních zjištění hraje pitný režim roli v prevenci mnoha onemocnění a to za zcela minimální náklady. Bohužel zatím v problematice pitného režimu zatím chybí jednotný metodický postup, který by nabídl dostatečné množství relevantních dat.

Práce by měla pomoci se zorientovat v zákonitostech, které je třeba při hydrataci dodržovat. Nehledě na nepopiratelnou individuálnost ve většině parametrů s hydratací spojených, je možné vždy vzhledem ke kontextu zvolit variantu vhodnou a prospěšnou pro fungování organismu. Je třeba zdůraznit, že ani zdaleka nejde jen o množství přijímané tekutiny, ale stejně tak i o její složení. To musí být vždy adekvátní směrem ke kontextu, ve kterém je tekutina přijímána, protože v některých situacích je právě složení naprosto kritické, a to nejen pro udržení výkonu, ale pro zachování zdraví.

V praktické části práce nabídla sondu do vývoje hydratace v modelové situaci běžného zatížení. Potvrdil se předpoklad, že při fyzické zátěži stačí relativně krátký časový úsek k tomu, aby došlo k významným ztrátám vody, které v případě jejich nedoplnění začnou ovlivňovat fungování organismu. Proto by měl být příjem tekutin jeden z důležitých bodů veškeré tréninkové praxe, neboť je prvotním předpokladem k optimálnímu výkonu i zdraví.

## REFERENČNÍ SEZNAM

ARMSTRONG, Lawrence E. Assessing Hydration Status: The Elusive Gold Standard. *Journal of the American College of Nutrition* [online]. 2007, **26**(sup5), 575S-584S [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1080/07315724.2007.10719661. ISSN 0731-5724. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2007.10719661>

ARMSTRONG, Lawrence E. Challenges of linking chronic dehydration and fluid consumption to health outcomes. *Nutrition Reviews* [online]. 2012, **70**(2), S121-S127 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2012.00539.x. ISSN 00296643. Dostupné z: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1111/j.1753-4887.2012.00539.x>

ARMSTRONG, Lawrence E., Evan C. JOHNSON, Amy L. MCKENZIE a Colleen X. MUÑOZ. An empirical method to determine inadequacy of dietary water. *Nutrition* [online]. 2016, **32**(1), 79-82 [cit. 2019-08-16]. DOI: 10.1016/j.nut.2015.07.013. ISSN 08999007. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900715003305>

BAKER, Lindsay B., Askren E. JEUKENDRUP. Optimal Composition of Fluid-Replacement Beverages. *Comprehensive Physiology* [online]. 2014, 4(2): 572-620 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1002/cphy.c130014. ISSN 20404603. Dostupné z: <https://online-library.wiley.com/doi/10.1002/cphy.c130014>

BARDIS, Costas N., Stavros A. KAVOURAS, Giannis ARNAOUTIS, Demosthenes B. PANAGIOTAKOS a Labros S. SIDOSSIS. Mild Dehydration and Cycling Performance During 5-Kilometer Hill Climbing. *Journal of Athletic Training* [online]. 2013, **48**(6), 741-747 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.4085/1062-6050-48.5.01. ISSN 1062-6050. Dostupné z: <http://natajournals.org/doi/10.4085/1062-6050-48.5.01>

BARON, Stephanie, Marie COURBEBAISSE, Eve M. LEPICARD a Gerard FRIEDLANDER. Assessment of hydration status in a large population. *British Journal of Nutrition* [online]. 2015, **113**(01), 147-158 [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.1017/S0007114514003213. ISSN 0007-1145. Dostupné z: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0007114514003213](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0007114514003213)

CASTELLANI, John W. et al. Effect of hypohydration and altitude exposure on aerobic exercise performance and acute mountain sickness. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2010, 109(6): 1792-1800, [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1152/jappphysiol.00517.2010. . ISSN 1522-1601. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00517.2010>

COGSWELL, Mary E., Joyce MAALOUF, Paul ELLIOTT, Catherine M. LORIA, Sheena PATEL a Barbara A. BOWMAN. Use of Urine Biomarkers to Assess Sodium Intake: Challenges and Opportunities. *Annual Review of Nutrition* [online]. 2015, **35**(1), 349-387 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1146/annurev-nutr-071714-034322. ISSN 0199-9885. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-nutr-071714-034322>

EL-SHARKAWY, Ahmed M., Opinder SAHOTA a Dileep N. LOBO. Acute and chronic effects of hydration status on health. *Nutrition Reviews* [online]. 2015, **73**(suppl 2), 97-109

[cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1093/nutrit/nuv038. ISSN 0029-6643. Dostupné z: <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1093/nutrit/nuv038>

EVANS, Gethin H., Lewis J. JAMES, Susan M. SHIRREFFS a Ronald J. MAUGHAN. Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2017, **122**(4), 945-951 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1152/jappphysiol.00745.2016. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00745.2016>

FLEMING, Joseph a Lewis J. JAMES. Repeated familiarisation with hypohydration attenuates the performance decrement caused by hypohydration during treadmill running. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [online]. 2014, **39**(2), 124-129 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1139/apnm-2013-0044. ISSN 1715-5312. Dostupné z: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2013-0044>

GANDJEAN, A. and S. CAMPBELL. Hydration. Washington (D.C.): ILSI North America, 2004. ISBN 1-57881-182-1

GANDY, Joan, Homero MARTINEZ, Isabelle GUELINCKX, Luis A. MORENO, Saptawati BARDOSONO, Jordi SALAS-SALVADÓ a Stavros A. KAVOURAS. Relevance of Assessment Methods for Fluid Intake. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 2016, **68**(2), 1-5 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1159/000446197. ISSN 0250-6807. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/FullText/446197>

GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. 20. Praha: Galén, 2005. ISBN 8072623117.

GOULET, Eric D.B., Adrien DE LA FLORE, Félix A. SAVOIE a Jonathan GOSSELIN. Salt + Glycerol-Induced Hyperhydration Enhances Fluid Retention More Than Salt- or Glycerol-Induced Hyperhydration. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 2018, **28**(3), 246-252 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1123/ijsnem.2017-0310. ISSN 1526-484X. Dostupné z: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/28/3/article-p246.xml>

GOULET, Eric D.B., Stéphane F. ROUSSEAU, Cédric R. H. LAMBOLEY, Gérard E. PLANTE a Isabelle J. DIONNE. Pre-Exercise Hyperhydration Delays Dehydration and Improves Endurance Capacity during 2 h of Cycling in a Temperate Climate. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY* [online]. 2008, **27**(5), 263-271 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.2114/jpa2.27.263. ISSN 1880-6805. Dostupné z: <http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/jpa2/27.263?from=CrossRef>

GRANDJEAN, A., Kristin J. REIMERS, Maxime E. BUYCKX. Hydration: Issues for the 21st Century. *Nutrition Reviews* [online]. 2003, **61**(8), 261-271 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1311/nr.2003.aug.261-271. ISSN 1753-4887. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1301/nr.2003.aug.261-271>

HEW-BUTLER, Tamara, Valentina LOI, Antonello PANI a Mitchell H. ROSNER. Exercise-Associated Hyponatremia: 2017 Update. *Frontiers in Medicine* [online]. 2017, **4** [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.3389/fmed.2017.00021. ISSN 2296-858X. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmed.2017.00021/full>

CHEUNG, S. S., G. W. MCGARR, M. M. MALLETT, P. J. WALLACE, C. L. WATSON, I. M. KIM a M. J. GREENWAY. Separate and combined effects of dehydration and thirst sensation on exercise performance in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. 2015, **25**(1), 104-111 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1111/sms.12343. ISSN 09057188. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/sms.12343>

CHEUVRONT, Samuel N, Robert W KENEFICK, Nisha CHARKOUDIAN a Michael N SAWKA. Physiologic basis for understanding quantitative dehydration assessment. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2013, **97**(3), 455-462 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.3945/ajcn.112.044172. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/97/3/455/4571504>

CHEUVRONT, Samuel N. a Robert W. KENEFICK, TERJUNG, Ronald, ed. *Comprehensive Physiology: Dehydration: Physiology, Assessment, and Performance Effects* [online]. 4. Hoboken, NJ, USA: John Wiley, 2014 [cit. 2019-08-10]. ISBN 9780470650714. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cphy.c130017>

CHEUVRONT, Samuel N., Robert CARTER, John W. CASTELLANI, Michael N. SAWKA. Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2005, **99**(5): 1972–1976, [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1152/jappphysiol.00329.2005. ISSN 1522-1601. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00329.2005>

INSTITUTE OF MEDICINE. *DRI, dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate*. Washington, D.C.: National Academies Press, c2005. ISBN 0-309-09169-1.

JAMES, Lewis J., Jodie MOSS, Joshua HENRY, Charikleia PAPADOPOULOU a Stephen A. MEARS. Hypohydration impairs endurance performance: a blinded study. *Physiological Reports* [online]. 2017, **5**(12), e13315 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.14814/phy2.13315. ISSN 2051817X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.14814/phy2.13315>

JÉQUIER, E a F CONSTANT. Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2010, **64**(2), 115-123 [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.1038/ejcn.2009.111. ISSN 0954-3007. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/ejcn2009111>

JIMOH, Florence O., D. BUNN a L. HOOPER. Assessment of a self-reported drinks diary for the estimation of drinks intake by care home residents: Fluid intake study in the elderly (FISE). *The journal of nutrition, health & aging* [online]. 2015, **19**(5), 491-496 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1007/s12603-015-0458-3. ISSN 1279-7707. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12603-015-0458-3>

KENEFICK, Robert W., Samuel N. CHEUVRONT, Lisa LEON a Karen K. O'BRIEN, AUERBACH, Paul S., ed. *Wilderness medicine: Dehydration and Rehydration*. 6th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier, 2011. ISBN 9781455733569.

KENEFICK, R. W., S. N. CHEUVRONT, L. J. PALOMBO, B. R. ELY, M. N. SAWKA. Skin temperature modifies the impact of hypohydration on aerobic performance. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2010, **109**(1): 79-86 [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.1152/jappphys-

iol.00135.2010. ISSN 1522-1601. Dostupné z: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00135.2010>

LANG, Florian, Isabelle GUELINCKX, Guillaume LEMETAIS a Olle MELANDER. Two Liters a Day Keep the Doctor Away? Considerations on the Pathophysiology of Suboptimal Fluid Intake in the Common Population. *Kidney and Blood Pressure Research* [online]. 2017, **42**(3), 483-494 [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.1159/000479640. ISSN 1420-4096. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/FullText/479640>

LARA, Beatriz, César GALLO-SALAZAR, Carlos PUENTE, Francisco ARECES, Juan José SALINERO a Juan DEL COSO. Interindividual variability in sweat electrolyte concentration in marathoners. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 2016, **13**(1) [cit. 2019-08-16]. DOI: 10.1186/s12970-016-0141-z. ISSN 1550-2783. Dostupné z: <http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-016-0141-z>

LEMETAIS, Guillaume, Olle MELANDER, Mariacristina VECCHIO, Jeanne H. BOTTIN, Sofia ENHÖRNING a Erica T. PERRIER. Effect of increased water intake on plasma copeptin in healthy adults. *European Journal of Nutrition* [online]. 2018, **57**(5), 1883-1890 [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.1007/s00394-017-1471-6. ISSN 1436-6207. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00394-017-1471-6>

LOGAN-SPRENGER, Heather M., George J. F. HEIGENHAUSER, Graham L. JONES a Lawrence L. SPRIET. The effect of dehydration on muscle metabolism and time trial performance during prolonged cycling in males. *Physiological Reports* [online]. 2015, **3**(8) [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.14814/phy2.12483. ISSN 2051817X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.14814/phy2.12483>

MCDERMOTT, Brendon P., Scott A. ANDERSON, Lawrence E. ARMSTRONG, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *Journal of Athletic Training* [online]. 2017, **52**(9), 877-895 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.4085/1062-6050-52.9.02. ISSN 1062-6050. Dostupné z: <http://natajournal.org/doi/10.4085/1062-6050-52.9.02>

MONS, M. N., J. M. L. VAN DER WIELEN, E. J. M. BLOKKER, M. I. SINCLAIR, K. F. A. M. HULSHOF, F. DANGENDORF, P. R. HUNTER a G. J. MEDEMA. Estimation of the consumption of cold tap water for microbiological risk assessment: an overview of studies and statistical analysis of data. *Journal of Water and Health* [online]. 2007, **5**(S1), 151-170 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.2166/wh.2007.141. ISSN 1477-8920. Dostupné z: <https://iwaponline.com/jwh/article/5/S1/151/1844/Estimation-of-the-consumption-of-cold-tap-water>

OPPLIGER, Robert A. a Cynthia BARTOK. Hydration Testing of Athletes. *Sports Medicine* [online]. 2002, **32**(15), 959-971 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.2165/00007256-200232150-00001. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200232150-00001>

ÖZEN, A. E., M. del Mar BIBILONI, A. PONS a J. A. TUR. Fluid intake from beverages across age groups: a systematic review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* [online]. 2015, **28**(5), 417-442 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1111/jhn.12250. ISSN 09523871. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/jhn.12250>



PERRIER, Erica T. Shifting Focus: From Hydration for Performance to Hydration for Health. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 2017, **70**(1), 4-12 [cit. 2019-08-16]. DOI: 10.1159/000462996. ISSN 0250-6807. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/Full-Text/462996>

PERRIER, Erica T., Evan C. JOHNSON, Amy L. MCKENZIE, Lindsay A. ELLIS a Lawrence E. ARMSTRONG. Urine colour change as an indicator of change in daily water intake: a quantitative analysis. *European Journal of Nutrition* [online]. 2016, **55**(5), 1943-1949 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1007/s00394-015-1010-2. ISSN 1436-6207. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00394-015-1010-2>

POPKIN, B., D'ANCI, K. and ROSENBERG, I. Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews* [online]. 2010, **68**(8), 439-458. [cit. 2019-08-10]. DOI: :10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x. ISSN 1753-4887. Dostupné z: <https://online-library.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1753-4887.2010.00304.x>

ROUSSEL, Ronan, Léopold FEZEU, Michel MARRE, et al. Comparison Between Copeptin and Vasopressin in a Population From the Community and in People With Chronic Kidney Disease. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. 2014, **99**(12), 4656-4663 [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.1210/jc.2014-2295. ISSN 0021-972X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jcem/article-lookup/doi/10.1210/jc.2014-2295>

SADOWSKA, Anna, Franciszek ŚWIDERSKI, Rita RAKOWSKA et al. Beverage Osmolality as a Marker for Maintaining Appropriate Body Hydration. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* [online]. 2017, **68**(2): 167-173 [cit. 2019-08-11]. ISSN 2451-2311. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28646834>

SAVOIE, Félix A., Tommy DION, Audrey ASSELIN a Eric D.B. GOULET. Sodium-induced hyperhydration decreases urine output and improves fluid balance compared with glycerol- and water-induced hyperhydration. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [online]. 2015, **40**(1), 51-58 [cit. 2019-08-11]. DOI: 10.1139/apnm-2014-0243. ISSN 1715-5312. Dostupné z: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2014-0243>

SAWKA, Michael N. et al. Exercise and Fluid Replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 2007, **39**(2), 377-390 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1249/mss.0b013e31802ca597. ISSN 0195-9131. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-200702000-00022>

SAWKA, Michael N., Samuel N. CHEUVRONT a Robert W. KENEFICK. Hypohydration and Human Performance: Impact of Environment and Physiological Mechanisms. *Sports Medicine* [online]. 2015, **45**(S1), 51-60 [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1007/s40279-015-0395-7. ISSN 0112-1642. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-015-0395-7>

Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water. *EFSA Journal* [online]. 2010, **8**(3) [cit. 2019-04-08]. DOI: 10.2903/j.efsa.2010.1459. ISSN 18314732. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2010.1459>

STEARNS, Rebecca L, Douglas J CASA, Rebecca M LOPEZ, et al. Influence of Hydration Status on Pacing During Trail Running in the Heat. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2009, **23**(9), 2533-2541 [cit. 2019-08-10]. DOI:

10.1519/JSC.0b013e3181b73c3f. ISSN 1064-8011. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-200912000-00015>

WALL, Bradley A. et al. Current hydration guidelines are erroneous: dehydration does not impair exercise performance in the heat. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2015, 49(16): 1077-1083. [cit. 2019-08-10]. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092417. ISSN: 1473-0480. Dostupné z: <https://bjsm.bmj.com/content/49/16/1077>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Tělesná hmotnost, měření č. 1 (graf) .....	40
Obrázek č. 2: Rozdíl hmotnosti, měření č. 1 (graf) .....	40
Obrázek č. 3: Ztráty hmotnosti skrze pot, měření č. 1 (graf) .....	41
Obrázek č. 4: Pokrytí ztrát tekutin, měření č. 1 (graf) .....	41
Obrázek č. 5: Hypohratace v %, měření č. 1 (graf) .....	42
Obrázek č. 6: Časy 1000 m veslování, měření č. 1 (graf) .....	42
Obrázek č. 7: Pokles výkonu v %, měření č. 1 (graf) .....	43
Obrázek č. 8: Tělesná hmotnost, měření č. 2 (graf) .....	44
Obrázek č. 9: Rozdíl hmotnosti, měření č. 2 (graf) .....	44
Obrázek č. 10: Hypohratace, měření č. 2 (graf) .....	45
Obrázek č. 11: Časy 1000 m veslování, měření č. 2 (graf) .....	45
Obrázek č. 12: Pokles výkonu v %, měření č. 2 (graf) .....	46
Obrázek č. 13: Srovnání procentuálního poklesu výkonu mezi měřeními (graf) .....	46

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1: Informovaný souhlas.....	61
--	----

## PŘÍLOHY

### Příloha č. 1: Informovaný souhlas

2. lékařská fakulta  
Univerzity Karlovy  
V Úvalu 84, Praha 5, 150 06

## INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicíně č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s publikováním od Vás získaných dat v rámci bakalářské práce s názvem Pitný režim z pohledu evidence based medicine a zároveň Vám děkuji za spolupráci při výzkumu.

Cílem bakalářské práce bylo porovnání výkonu vzhledem k přístupu k tekutinám. Osobní data nebudou v této bakalářské práci zveřejněna, data budou uchována v anonymizované podobě a v maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení řešitele: .....

Podpis: .....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s publikací dat ve výše uvedeném projektu a že jsem měl možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se mé účasti ve výzkumu a že jsem dostal jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl jsem poučen o právu odmítnout účast ve výzkumu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí.

Místo, datum:.....

Jméno a příjmení účastníka: .....

Podpis: .....