

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

VLIV HYDROGENOVANÉ VODY NA ODEZVU ORGANISMU BĚHEM TRÉNINKU A  
ZOTAVENÍ U MMA ZÁPASNÍKŮ  
Diplomová práce

Autor: Bc. Michal Neruda, tělesná výchova a sport

Vedoucí práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Olomouc 2020

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Michal Neruda

**Název diplomové práce:** Vliv hydrogenované vody na odezvu organismu během tréninku a zotavení u MMA zápasníků

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Vedoucí diplomové práce:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2020

**Abstrakt:** Supplementace hydrogenované vody (HRW – hydrogen rich water) byla mnoha studiemi prohlášena za efektivní při snaze o urychlení zotavení a snížení svalové bolesti po zatížení. Diplomová práce se zabývá účinky HRW na různé aspekty lidského organismu. Zkoumá jeho vliv na odezvu organismu při tréninkovém zatížení a následné 24hodinové zotavení. Pro výzkum jsme využili amatérské i profesionální zápasníky MMA s více jak dvouletou praxí. Zápasníci absolvovali dva shodné tréninky, při kterých jim bylo jednou podáno placebo a podruhé HRW. První trénink probandi vypili 1680 ml HRW rozdělené do čtyř balení po 420 ml. První balení bylo podáno 20 min před tréninkem, druhé v průběhu tréninku, třetí po tréninku a čtvrté vypili probandi dvě hodiny před spaním. Druhý trénink probandi vypili 1680 ml obyčejné vody (placeba) rozdělené opět do čtyř balení po 420 ml a stejného systému konzumace. Pro vyhodnocení byla použita VAS (Visual Analogue Scale) a BORG škála (subjektivní vnímání zatížení) a vstupní a výstupní specifické kondiční testy. Podle výsledků nemá HRW žádný vliv na pocit subjektivního vnímání zatížení během tréninku, zvýšení výkonu ve specifických kondičních testech, nebo na pocit svalové bolesti 12 a 24 hodin po zatížení. Snižuje však pocit svalové bolesti šest hodin po zatížení.

**Klíčová slova:** smíšená bojová umění, únava, výkonnost, svalová bolest, molekulární vodík

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographic identification**

**Author's first name and surname:** Bc. Michal Neruda

**Title of the diploma thesis:** Hydrogen-rich water influence on physiological response during exercising and on regeneration of MMA fighters

**Department:** Department of natural sciences in kinantropology

**Supervisor:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

**The year of presentation:** 2020

**Abstract:** Hydrogen-rich water (HRW) supplementation has been declared potent by many studies for its effects on recovery time and muscle soreness attenuation. The diploma thesis is focused on HRW impact on certain aspects of a human body. The thesis brings to an issue physiological response during exercising and regeneration following up within next 24 hours. The participants in the study were amateur and professional MMA fighters with more than two-year experience. All fighters got through two same training units. During the first training unit the fighters drank 1680 ml of HRW divided into four 420 ml packages. The first HRW package was served 20 minutes before the training, the second one was served during the training, the third one after the training and the last one was served two hours before sleep. During the second training unit the fighters drank 1680 ml of placebo divided the same way as during the first training unit. VAS (visual analogue scale), BORG scale (rate of perceived exertion) and specific input-output physical tests were used to measure. The results showed no effect of HRW on the rate of perceived exertion or the performance during the physical tests, neither on muscle soreness 12 nor 24 hours after exercising. However, the results showed the positive effect of HRW on muscle soreness six hours after exercising.

**Keywords:** mixed martial arts, exhaustion, performance, muscle soreness, molecular hydrogen

I agree the diploma thesis to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením pana doc. PhDr. Michala Botka, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 27. 5. 2020

.....

Děkuji panu doc. PhDr. Michalu Botkovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce.

V Olomouci dne 27. 5. 2020

.....

## OBSAH

1 ÚVOD .....	9
2 PŘEHLED POZNATKŮ .....	11
2.1 ANTIOXIDANT, ZÁNĚT A IMUNITNÍ SYSTÉM .....	11
2.1.1 VOLNÉ RADIKÁLY, OXIDAČNÍ STRES A ANTIOXIDANTY .....	11
2.1.2 IMUNITNÍ SYSTÉM A ZÁNĚT .....	11
2.2 CHARAKTERISTIKA MOLEKULÁRNÍHO VODÍKU .....	13
2.2.1 ANTIOXIDAČNÍ A PROTIZÁNĚTLIVÉ ÚČINKY .....	13
2.2.2 VYUŽITÍ VE SPORTU .....	15
2.2.2.1 ORÁLNÍ PODÁNÍ HYDROGENOVANÉ VODY .....	16
2.2.2.2 KOUPEL VE HYDROGENOVANÉ VODĚ .....	18
2.2.2.3 INTRAVENÓZNÍ APLIKACE SOLNÉHO VODÍKU .....	18
2.2.2.4 INHALOVÁNÍ VODÍKU .....	18
2.2.3 VYUŽITÍ V MEDICÍNĚ .....	19
2.2.3.1 METABOLICKÝ SYNDROM .....	20
2.2.3.2 ONEMOCNĚNÍ CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU .....	21
2.2.3.3 ONEMOCNĚNÍ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU .....	21
2.2.3.4 ONEMOCNĚNÍ DÝCHACÍHO ÚSTROJÍ .....	22
2.2.3.5 ONEMOCNĚNÍ REPRODUKČNÍHO SYSTÉMU .....	22
2.2.3.6 LÉČBA RAKOVINY .....	23
2.2.4 SHRnutí .....	23
2.3 CHARAKTERISTIKA MMA (MIXED MARTIAL ARTS) .....	24
2.3.1 ORGANIZACE .....	25
2.3.1.1 ULTIMATE FIGHTING CHAMPIONSHIP (UFC) .....	25
2.3.1.2 BELLATOR MMA .....	27
2.3.1.3 RIZIN FIGHTING FEDERATION (RIZIN FF) .....	27

2.3.2 NEJZNÁMĚJŠÍ ZÁPASNÍCI .....	28
2.3.2.1 CONOR „THE NOTORIOUS“ MCGREGOR.....	28
2.3.2.3 YOEL „SOLDIER OF GOD“ ROMERO .....	30
2.3.3 RIZIKOVÉ FAKTORY V MMA .....	32
2.3.3.1 SHAZOVÁNÍ DO POŽADOVANÉ VÁHOVÉ KATEGORIE.....	32
2.3.3.2 ZRANĚNÍ V MMA .....	33
2.4 SPORTOVNÍ TRÉNINK V MMA .....	34
2.4.1 CHARAKTERISTIKA SPORTOVNÍHO TRÉNINKU .....	34
2.4.2 SLOŽKY SPORTOVNÍHO TRÉNINKU .....	36
2.4.3 KONDIČNÍ TRÉNINK V MMA .....	37
2.4.3.1 ROZVOJ OBECNÉ VYTRVALOSTI V MMA.....	38
2.4.3.2 ROZVOJ SILOVÝCH SCHOPNOSTÍ V MMA.....	39
2.4.3.3 ROZVOJ SILOVÉ VYTRVALOSTI V MMA .....	39
2.4.3.4 ROZVOJ RYCHLOSTI A VÝBUŠNOSTI V MMA .....	41
2.4.4 ZOTAVENÍ .....	41
2.4.4.1 ZOTAVENÍ V MMA.....	42
2.4.4.1.1 SPÁNEK A CIRKADIÁNNÍ RYTMUS .....	43
2.4.4.1.2 WIMHOFOVA METODA (VYSTAVOVÁNÍ SE CHLADU).....	48
3 CÍLE, HYPOTÉZY A VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....	49
4 METODIKA.....	50
5 VÝSLEDKY .....	53
5.1 VYHODNOCENÍ VAS ŠKÁLY .....	53
5.2 VYHODNOCENÍ BORGOVY ŠKÁLY.....	54
5.3 VYHODNOCENÍ ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ (SHYBY) .....	55
5.4 VYHODNOCENÍ ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ (LEH-SEDY) .....	56
5.5 VYHODNOCENÍ ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ (KLIKY) .....	57
6 DISKUSE.....	59

7 ZÁVĚRY .....	61
8 SOUHRN .....	62
9 SUMMARY .....	63
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	64



## 1 ÚVOD

Náročné a intenzivní cvičení způsobuje množení volných radikálů, které může přesáhnout práh antioxidační obrany. Jakmile se tak stane, dochází ke svalovému poškození nebo chronickým zánětům (Yamazaki, Kusano, Ishibashi, Kiuchi & Koyama, 2015).

Podle studie Ohsawi, Ishikawy a Takahashiho (2007) dokáže vodík selektivně redukovat hydroxidové radikály ( $\cdot\text{OH}$ ) a peroxynitrát ( $\text{ONOO}^-$ ) v buňkách mimo živou tkáň.

Molekulární vodík je bezbarvá, bez chuti, nezapáchající a vysoce hořlavá malá molekula. Většina savců včetně člověka nedokáže syntetizovat hydrogenázu, která je katalyzátorem pro aktivaci vodíku, a proto je vodík považován za netečný plyn v buňkách savců (Kawamura, Higashida & Muraoka, 2020).

Hydrogenovaná voda (HRW) může zlepšit metabolismus glukózy, zpracování jaterního glykogenu a zvýšit sportovní výkon. Zpracování jaterního glykogenu společně se zlepšeným metabolismem glukózy může hrát klíčovou roli v rychlosti zotavení po zátěži a následné superkompenzace (Kawamura, Fujii, Higashida & Muraoka, 2019).

Studie Da Ponteho, Giovanelliho, Nigrise a Lazzera (2018) zkoumala osm mužských cyklistů po dobu dvou týdnů. Každý proband vypil denně dva litry HRW a výsledkem bylo zvýšení sportovního výkonu při sprinterských cvičeních oproti kontrolní skupině, která pila obyčejnou vodu.

Aplikace hydrogenované koupele pak ve studii Kawamury et al. (2016) významně zmírnila svalovou bolest (VAS) první a druhý den po testovacím zatížení.

Smíšená bojová umění (MMA) je jeden ze sportů kladoucí nejvyšší nároky na psychické vlastnosti sportovce. Zároveň klade vysoké nároky na všechny energetické systémy a dost často může dojít k přetrénování či zranění (Bounty, Campbell, Galvan, Cooke, Antonio, 2011).

Studie Botka, Krejčího, McKuna a Sládečkové (2020) objevila možný proti-únavový účinek HRW, když zkoumala odezvu organismu na zátěž (srdeční frekvence), subjektivní vnímání velikosti zátěže a běžecký čas u 16 běžců různé výkonnostní úrovně. Aplikace HRW zlepšila běžecký čas u čtyřech nejpomalejších běžců.

Botek, Krejčí, McKune, Sládečková a Naumovski (2019) také přišli na to, že aplikace HRW snižuje subjektivní vnímání velikosti zátěže, díky svému proti-únavovému účinku.

Aoki, Nakao, Adachi, Matsui a Miyakawa (2012) pak zkoumali 10 fotbalistů ve věku okolo 21 let, kteří šlapali na bicyklovém ergometru pod dobu 30 minut na 75 %  $\text{VO}_2$  max a posléze provedli 100 opakování maximální izokinetické extenze v kolenním kloubu. Skupina,

kteřá užíla HRW zaznamenala nižší hladinu laktátu v krvi po zátěži a také vyšší maximální výkon při provádění extenzí v kolenním kloubu oproti kontrolní skupině.

Sportu se sám věnuji od 15 let a za tu dobu jsem prodělal spoustu zranění způsobených nedostatečnou regenerací.

Ve svém výzkumu bych se právě proto rád zaměřil na problematiku zotavení MMA zápasníků po zátěži pomocí HRW.

## **2 PŘEHLED POZNATKŮ**

### **2.1 ANTIOXIDANT, ZÁNĚT A IMUNITNÍ SYSTÉM**

#### **2.1.1 VOLNÉ RADIKÁLY, OXIDAČNÍ STRES A ANTIOXIDANTY**

Kyslík je nezbytný pro život všech aerobních organismů. V těle člověka se i při normálním zásobování kyslíkem tvoří reaktivní formy kyslíku (ROS – z angl. reactive oxygen species) (Ledvina, Stoklasová & Cerman, 2004). Ty mají při nadměrném množství v těle nepříznivé účinky – mitochondriální dysfunkce, poškození buněk, narušení funkce svalů, únavu a zhoršení zotavení po zátěži (Carri, Valle, Bozzo & Cozzolino, 2015; Nicolson, 2014; Cakir-Atabek, Dokumaci & Aygun, 2019; Powers & Jackson, 2008). Mezi reaktivní formy kyslíku řadíme volné radikály, které vznikají z molekuly kyslíku a obsahují jeden nepárový elektron a látky, ze kterých mohou volné radikály vznikat (superoxidový aniont, hydroxylový radikál). Reaktivní formy kyslíku jsou velmi nestálé a vysoce reaktivní. Vznikají v mnoha enzymatických i neenzymatických reakcích (Ledvina et al., 2004). Tělo se proti škodlivému působení reaktivních forem kyslíku brání celou řadou ochranných mechanismů, které mají charakter enzymů nebo neenzymových faktorů, avšak při překročení určité míry, do které se lidský organismus dokáže bránit sám, vzniká oxidační stres. Přemíra oxidačního stresu může posléze vést ke vzniku různých druhů onemocnění.

Antioxidačně působící enzymy mají většinou ve své struktuře zakomponovaný stopový prvek, a společně se tak uplatňují jako antioxidanty. Jedná se např. o selen, měď a zinek v enzymu superoxid dismutáze a selen v glutathion peroxidáze. Mezi neenzymové faktory se řadí endogenní látky vzniklé v těle (kyselina močová, nenasycené mastné kyseliny) a složky potravy – vitamin C, vitamin E, karotenoidy a bioflavonoidy (Krejsek & Kopecký, 2004).

#### **2.1.2 IMUNITNÍ SYSTÉM A ZÁNĚT**

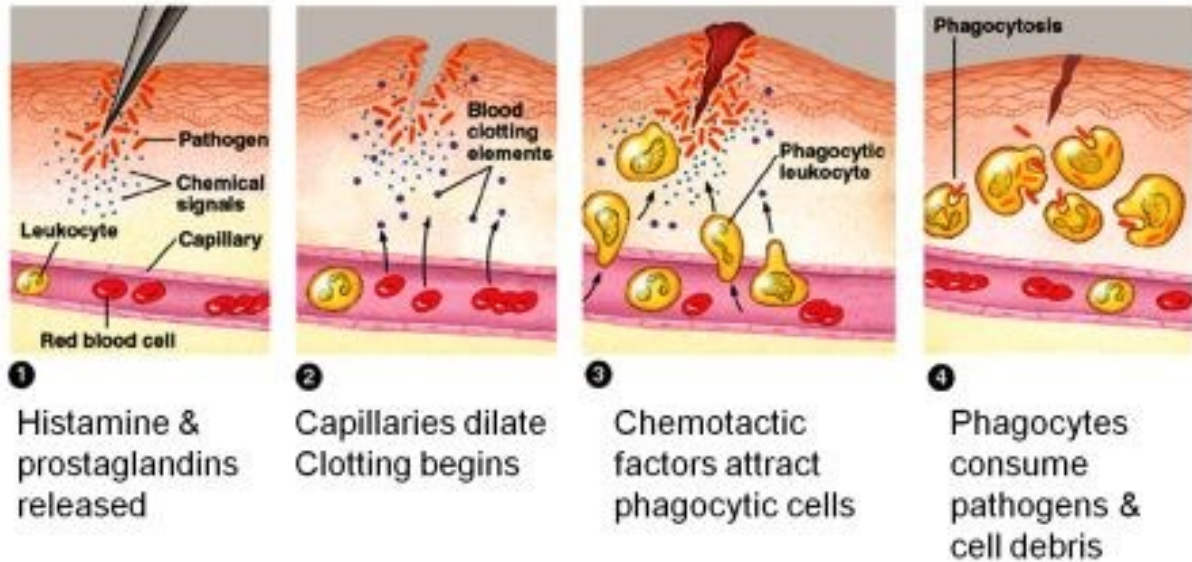
Imunitní systém člověka zajišťuje obranu lidského organismu před různými parazitickými organismy (bakterie, viry, houby, parazitičtí červi, prvoci atd.). Imunitní reakce je odpověď organismu na přítomnost antigenu (chemická nebo tělísková struktura vyvolávající imunitní reakci). Může jím být cizorodý patogen, nebo buňky vlastního organismu, jak je tomu

při některých autoimunitních onemocněních. Jako antigenní výbava se označují i systémy krevních skupin, jako je systém AB0 nebo Rh (Šípek, 2014).

Zánět je součástí obraného mechanismu lidského organismu a hraje roli při léčebném procesu. Jakmile tělo detekuje „vetřelce“, spustí biologickou odpověď ve snaze o jeho odstranění. Může se jednat o cizí těleso (trn), chemikálii anebo patogen. Mezi patogeny patří bakterie, viry a další organismy způsobující infekci (Felman, 2020). Zánět však může způsobit i silový trénink s dominantně excentrickou svalovou kontrakcí, při které se poškozují svalová vlákna (McIntyre, Reid & McKenzie, 2012).

Onen zánět společně s dalšími činiteli (akumulace laktátu, tkáňové poškození, volné radikály) mají za následek fenomén s názvem DOMS (delayed onset muscle soreness) v překladu – „opožděný počátek svalové bolesti“ (Close, Ashton, McArdle & McLaren, 2005).

Někdy začne také organismus považovat svoje vlastní buňky za škodlivé, což může způsobit autoimunitní onemocnění, jako je I. typ diabetu. Mnoho expertů věří, že může zánět přispívat k velkému množství chronických onemocnění (metabolický syndrom – II. typ diabetu, srdeční onemocnění a obezita). Lidé, trpící těmito onemocněními, mají větší známku zánětů v těle (Felman, 2020).



Obrázek 1. Zánětová odpověď lidského organismu. 1 – vyplavení histaminu a prostaglandinu, 2 – vazodilatace a uzavírání rány, 3 – chemotaktické faktory přitahují fagocytární buňky, 4 – fagocyty požírají patogeny a zbytky buněk (<https://www.biologyexams4u.com>)

Imunitu můžeme dělit podle doby nástupu, specifčnosti (Specifická X Nespecifická imunita) a hlavního efektorového mechanismu (Protilátková X Buněčná imunita). Buněčnou složku imunity tvoří bílé krvinky – leukocyty. Průměrné množství leukocytů u dospělého člověka je  $4-9 \times 10^9/l$  krve, a to u obou pohlaví. Zvýšený počet může signalizovat infekční onemocnění. Znatelně vyšší počet leukocytů najdeme u novorozenců. Obecnou vlastností bílých krvinek je schopnost vystupovat z krevního řečiště (kde se normálně nacházejí a cirkulují) do tkání, kde se uplatňují. Tato schopnost se označuje jako diapedéza. Protilátkovou složku imunity pak zajišťují protilátky – imunoglobuliny. Pokud mluvíme o imunitním systému, nesmíme zapomenout na lymfatické tkáně a orgány, které vytváří s leukocyty a protilátkami komplexně-funkční celek. Jako primární lymfatické orgány označujeme takové, ve kterých dochází ke vzniku a vývoji bílých krvinek – u člověka jde o kostní dřeň a brzlík (thymus). Sekundární lymfatické orgány (lymfatické uzliny, krční a nosní mandle, slezina či lymfatická tkáň střev a žaludku) jsou lokalizovány různě po těle a slouží jako „strážní stanice“, neboť jimi protéká lymfa (lymfatické uzliny), respektive krev (v případě sleziny). Případné patogeny jsou tak přímo vystaveny účinkům buněk specifické i nespecifické imunity, které tvoří převážnou část hmoty těchto orgánů (Šípek, 2014).

## **2.2 CHARAKTERISTIKA MOLEKULÁRNÍHO VODÍKU**

Molekulární vodík je bezbarvá, bez chuti, bez zápachu a vysoce hořlavá malá molekula. Většina savců včetně člověka nedokáže syntetizovat hydrogenázu, která je katalyzátorem pro aktivaci vodíku, a proto je vodík považován za netečný plyn v buňkách savců (Kawamura et al., 2020).

Nicméně podle studie Ohsawi et al. (2007) dokáže vodík selektivně redukovat hydroxidové radikály ( $\cdot\text{OH}$ ) a peroxynitrát ( $\text{ONOO}^-$ ) v buňkách mimo živou tkáň, jiné radikály jako je peroxid ( $\text{O}_2^-$ ), peroxid vodíku ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a oxid dusičný ( $\text{NO}\cdot$ ) však redukovat nedokáže. Některé studie již zkoumaly účinek molekulárního vodíku i na lidech (Botek et al., 2019/2020; Kawamura et al., 2016; Aoki et al., 2012).

### **2.2.1 ANTIOXIDAČNÍ A PROTIZÁNĚTLIVÉ ÚČINKY**

Navzdory antioxidačním schopnostem vodíku zmíněných ve studii (Dole, Wilson & Fife, 1975) byly jeho veškeré biologické procesy přehlíženy mnoho let. V roce 2007 byla objevena

schopnost vodíku selektivně odstraňovat hydroxidové radikály a peroxynitrát, jež patří do skupiny silných radikálů (Ohsawa et al., 2007). Mnoho studií, které se od té doby začaly zabývat využitím vodíku, potvrdily jeho efektivitu při léčbě různých onemocnění spojených s oxidačním stresem (Huang, Kawamura, Toyoda & Nakao, 2010).

Schopnost vodíku odstranit hydroxidové radikály a peroxynitrát ještě sama o sobě nevysvětluje princip, jak může být při léčbě efektivní. Proto začal být zkoumán nepřímý efekt vodíku na regulaci nitrobuněčné komunikace a genové exprese (Hong, Chen & Zhang, 2010). Bylo zjištěno, že vodík při oxidačním stresu aktivuje Nrf2 (ochránce buňky, který reguluje produkci antioxidantních a protizánětlivých proteinů), aby zvýšil genovou expresi antioxidantních enzymů, jako jsou peroxid dismutáza (SOD) a kataláza (Ge, Yang, M., Yang, N., Yin & Song, 2017).

Vodík se také ukázal efektivní při regulaci transkripčního faktoru (NF- $\kappa$ B), prozánětlivých cytokinů (IL-1, IL-6) a faktoru nádorové nekrózy při zánětech způsobených oxidačním stresem (Kawamura et al., 2020).

Mimo to studie Iuchiho et al. (2016) naznačila, že vodík hraje roli také při potlačování lipidové peroxidace, spojené s řetězcem akcí volných radikálů.

Zjednodušeně řečeno jsou volné radikály nestabilní molekuly, které zesilují oxidační stres, který je hlavní příčinou velkého množství onemocnění a zánětů (Ichiishi, Li & Iorio, 2016).

Molekulární vodík pak bojuje s volnými radikály v lidském těle a chrání buňky před účinky oxidačního stresu (Iuchi et al., 2016).

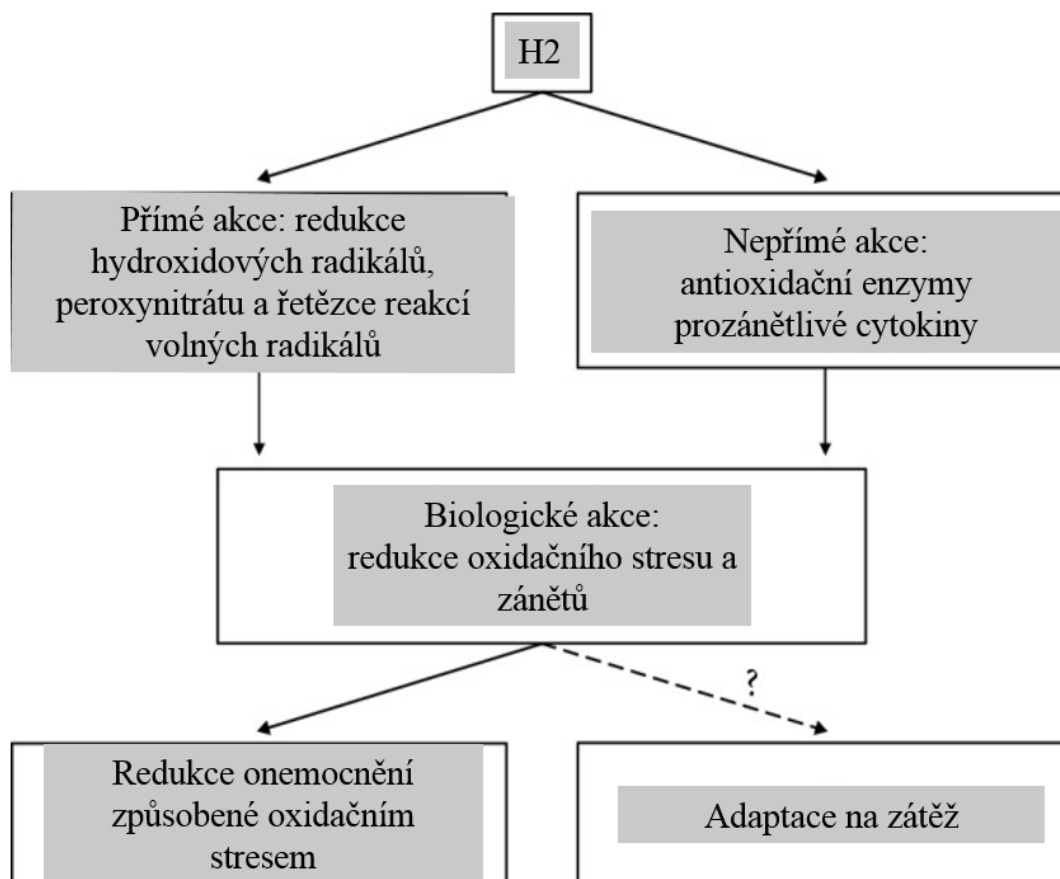
#### **Vodík má přímé antioxidantní účinky:**

- selektivní odstranění reaktivních radikálů
- potlačení řetězce akcí volných radikálů pro lipidovou peroxidaci

#### **a nepřímé antioxidantní účinky:**

- vyvolávání exprese antioxidantních enzymů
- snížení exprese zánětlivých cytokinů

(Kawamura et al., 2020)



Obrázek 2. Grafické znázornění přímých a nepřímých antioxidantních účinků molekulárního vodíku, vedoucích ke snížení oxidačního stresu

### 2.2.2 VYUŽITÍ VE SPORTU

Cvičení je jeden z fyziologických stimulů, který má za následek zvýšenou tvorbu a množství volných radikálů v těle. Lidské tělo je vybaveno enzymatickým a neenzymatickým obranným systémem, který s těmito radikály bojuje. Jakmile je však radikálů víc, než obranný systém zvládne pohltit, vzniká oxidační stres. Ten má za následek svalovou únavu, svalové poškození a záněty (Kawamura et al., 2020).

Bylo dokázáno, že žilní podání vodíku a inhalování vodíkového plynu snižuje míru oxidačního stresu a zánětů v těle, způsobené zatížením (Kawamura et al.).

Studie Botka et al. (2020) zkoumala vliv HRW na odezvu organismu na zátěž (srdeční frekvence), subjektivní vnímání velikosti zátěže a na běžecký čas u 16 běžců různé výkonnostní úrovně, kteří podstoupili dva závody v běhu do vrchu (4,2 km) oddělené jedním týdnem. Botek

et al. (2020) zjistili, že HRW měla vliv na běžecký čas pouze u čtyř nejpomalejších běžců, zatímco na čtyři nejrychlejší běžce neměla žádný vliv. Proti-únavový účinek HRW zlepšující výkon tak může záležet na individuální běžecké výkonnosti, jelikož byla zjištěna možná negativní korelace mezi rozdíly běžeckých časů a nashromážděnými/spojenými běžeckými časy.

V další studii zkoumali Da Ponte et al. (2018) osm mužských cyklistů po dobu dvou týdnů. Každý proband vypil denně dva litry HRW a výsledkem bylo zvýšení sportovního výkonu při sprinterských cvičeních oproti kontrolní skupině, která pila obyčejnou vodu.

Botek et al. (2019) také zkoumali účinek HRW na subjektivní vnímání velikosti zátěže. 12 probandů dostalo 600 ml HRW 30 minut před testováním, které spočívalo ve šlapání na bicyklovém ergometru se stupňující se intenzitou. Test probíhal v laboratorních podmínkách a Botek et al. (2019) došli k závěru, že má HRW pozitivní vliv na subjektivní vnímání velikosti zátěže. Skupina s HRW měla výrazně nižší hodnoty BORG škály nežli kontrolní skupina užívající placebo.

Na druhou stranu je třeba zmínit, že dlouhodobé užívání exogenních antioxidantů inhibuje oxidačně-redukční komunikaci a narušuje fyziologické adaptace na zátěž, jako je mitochondriální biogeneze, svalová hypertrofie, zvýšení efektivity kardiovaskulárního systému a zvýšení inzulínové citlivosti. Jestliže se v těle nenacházejí vůbec žádné volné radikály, má to na lidský organismus stejně negativní vliv, jako když je jich v lidském těle příliš. Pozitivní vliv na lidský organismus mají nízké a mírné hodnoty volných radikálů. Tento fakt hraje velmi důležitou roli při optimalizaci využívání exogenních antioxidantů (Kawamura et al.) a především načasování jejich aplikace. Suplementace antioxidantů před tím, než nastane vrchol úrovně volných radikálů v těle (např. trénink) může mít negativní vliv na adaptaci organismu. Dojde-li k suplementaci po tom, co nastane vrchol úrovně volných radikálů v těle (po tréninku), může dojít ke snížení **únavy** (Radak et al., 2017).

### 2.2.2.1 ORÁLNÍ PODÁNÍ HYDROGENOVANÉ VODY

Orální podání HRW je jedna z nejvíce praktických a bezpečných metod pro běžný život a sportovní odvětví. Vodík je možné rozpustit ve vodě až do koncentrace 0,8 nM (1,6 mg/l) pod atmosférickým tlakem při pokojové teplotě (Hong et al., 2010). Aby se však zabránilo poklesu koncentrace vodíku, musí být skladován v hliníkové nádobě.

Orální podání HRW může zlepšit metabolismus glukózy, zpracování jaterního glykogenu a zvýšit sportovní výkon. Zpracování jaterního glykogenu společně se zlepšeným



metabolismem glukózy může hrát klíčovou roli v rychlosti zotavení po zátěži a následné superkompenzace (Kawamura et al., 2019).

Aoki, Nakao, Adachi, Matsui a Miyakawa (2012) zkoumali 10 fotbalistů ve věku okolo 21 let, kteří šlapali na bicyklovém ergometru pod dobu 30 minut na 75 % VO<sub>2</sub> max a posléze provedli 100 opakování maximální izokinetické extenze v kolenním kloubu. Skupina, která užila HRW zaznamenala nižší hladinu laktátu v krvi po zátěži a také vyšší maximální výkon při provádění extenzí v kolenním kloubu oproti kontrolní skupině. Žádné změny v krevních známkách oxidačního stresu (d-ROMs a BAP) nebo kreatin kinázy po cvičení nebyly zaznamenány.

HRW nemá, podle dosavadních studií, žádný vliv na regulaci oxidačního stresu nebo zánětů v lidské těle a ve zvířatech, způsobené zatížením (Aoki et al., 2012 & Kawamura et al., 2019).

Na druhou stranu byl prokázán možný vliv na metabolismus glukózy (Aoki et al.), využití jaterního glykogenu (Kawamura et al.) a zvyšování výkonu během cvičení (Aoki et al.).

<b>Table 2</b>						
Effects of molecular hydrogen on exercise-induced oxidative stress, inflammation, and other indicators.						
Meth od	Study	Subj ects	Intake protocol	Exercise	Markers	Eff ect s
H <sub>2</sub> water	Aoki et al. [18]	10 T	500 mL × 3 before Ex	Cycling (75% VO <sub>2</sub> max) Isokinetic knee extension	d-ROMs, BAP	→
					CK	→
					Lactate	↓
					Peak torque	↑
					TBARS	→
	Kawamura et al. [19]	32 rats	<i>Ad libitum</i> 14 d before Ex	Running (exhaustion)	PC	→
					TAC	→
					Lactate	→
					Glucose, FFA, TG	→
					Muscle glycogen	→
Liver glycogen	↑					

Obrázek 3. Grafické znázornění studie Aokiho et al. (2012) a studie Kawamury et al. (2019) (<https://www.hindawi.com>)

### **2.2.2.2 KOUPEL VE HYDROGENOVANÉ VODĚ**

Mimo orální aplikaci je metoda koupání další velmi užitečnou metodou ve sportovním odvětví (Ohta, 2011).

Kawamura et al. (2016) zkoumali devět aktivních mladých jedinců, kteří podstoupili test na běhátku se sklonem 8 % dolů na 75 % VO<sub>2</sub> max po dobu 30 minut. Každý proband podstoupil celkem 20minutovou koupel, rozdělenou do šesti dnů po zatížení, aniž by věděl, zda se jedná celou dobu o vodík či placebo. Výsledky ukázaly, že vodík neměl žádný vliv na oxidační stres nebo svalové poškození způsobené zatížením. Na druhou stranu aplikace hydrogenované koupele významně zmírnila svalovou bolest (VAS) první a druhý den po zátěži.

Tato skutečnost napovídá, že se může v případě vodíku jednat o efektivní metodu snižování svalové bolesti způsobené zatížením.

### **2.2.2.3 INTRAVENÓZNÍ APLIKACE SOLNÉHO VODÍKU**

Tato metoda může rapidně zvýšit množství vodíku v lidském těle, avšak jedná se o metodu invazivní a tím pádem nepraktickou pro sportovní odvětví (Kawamura et al., 2020).

Yamazaki et al. (2015) zkoumali 13 koní, kdy šest dostalo placebo a sedm roztok s vodíkem. Následoval vysoce intenzivní simulovaný závod, po kterém bylo u koní s aplikovaným vodíkem naměřena nižší hladina oxidačního stresu (tři hodiny a 24 hodin po závodě). Sérum kreatin kinázy, laktátu a hladina močové kyseliny byly zvýšené u obou testovacích skupin.

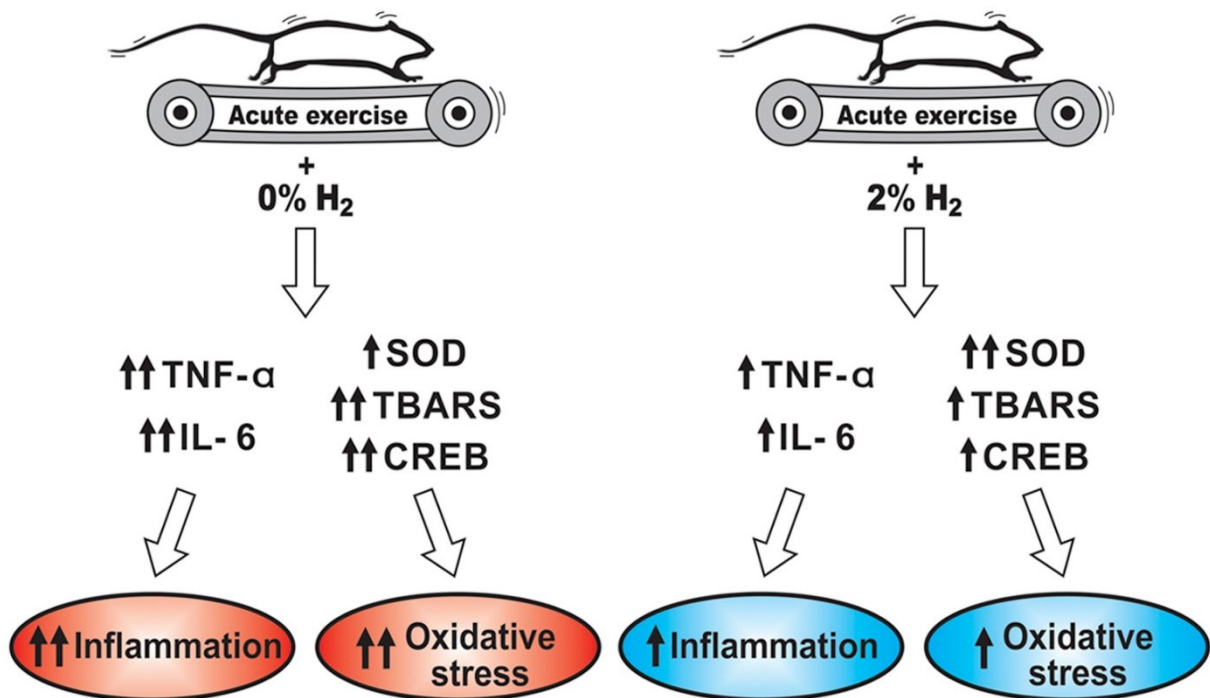
Vzato dohromady, intravenózní aplikace solného vodíku může významně snížit oxidační stres vyvolaný náročným závodem u koní.

### **2.2.2.4 INHALOVÁNÍ VODÍKU**

Inhalování vodíku není podle expertů natolik univerzální a efektivní metodou aplikace. Může však dodat tělu obdobně rychle stejné množství vodíku jako je tomu u intravenózní aplikace. Vodík může být inhalován skrze plynovou masku a není zde žádné riziko exploze i při koncentraci vodíku ve vzduchu pod 4 % (Ohta, 2011).

Nogueira et al. (2018) zkoumali účinky inhalování vodíkového plynu na krysy běžící na malém uzavřeném běhátku. Výsledky odhalily, že zátěž zvýšila hladinu cytokinů v plazmě a

změnila známky produkce oxidačního stresu. Vodík zmírnil produkci zánětlivých cytokinů (TNF- $\alpha$  a IL-6) způsobenou zátěží. Vodík dále umocnil nárůst superoxidové dismutázy (SOD) a zmírnil nárůst volných radikálů kyseliny thiobarbiturové (TBARS). Vodík také zabránil v nárůstu fosforylace svalového proteinu CREB. V poslední řadě pak zredukoval akutní oxidační stres a zánětlivost způsobenou zatěžováním.

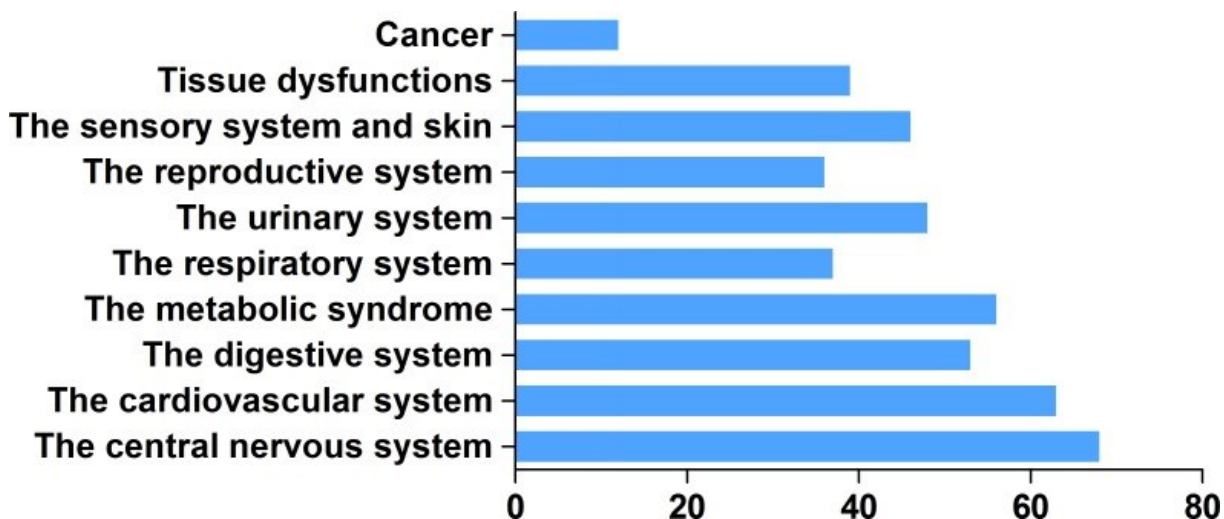


Obrázek 4. Přítomnost vodíku ve vdechovaném plynu snižuje oxidační stres a zánětlivost, kterou vyvolává zátěž organismu (<https://www.sciencedirect.com>)

### 2.2.3 VYUŽITÍ V MEDICÍNĚ

S používáním, uchováním a administrací vodíku se pojí především bezpečnost. Vodík se stává hořlavým při teplotách přesahujících 527 °C a exploduje v koncentraci 4-75 % (vol/vol) řetězcem prudkých reakcí s kyslíkem. Jelikož není pro buňky v lidském těle vodík škodlivý ani při vysokých koncentracích, používá se do plyných směsí pro potápěče. Předchází krevním sraženinám a nemoci z dekomprese. Vdechování pouhých 1-4 % vodíku se ukázalo jako efektivní při použití v medicíně, ale především jako proveditelné a bezpečné (Ge et al., 2017).

Vodík má unikátní výhody při klinickém použití. Efektivně proniká biomembránou k jádru buňky a mitochondriím (Ohta, 2012) a snadno pronikne do hematoencefalické bariéry díky plynnému šíření, zatímco mnoho jiných antioxidantů nikoliv (Ge et al., 2017).



Obrázek 5. Množství odborných publikací zabývajících se biologickým efektem vodíku na různá onemocnění. Odshora: rakovina, tkáňová dysfunkce, smysly a kůže, reprodukční systém, močový systém, dýchací soustava, metabolický syndrom, zažívací systém, oběhová soustava, centrální nervový systém. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>)

### 2.2.3.1 METABOLICKÝ SYNDROM

Metabolický syndrom je stav charakteristický zvýšenou hladinou krevního cukru, triglyceridů a cholesterolu v krvi. Patří sem i obezita. Chronické záněty jsou považovány za přispívající faktor (Monteiro & Azevedo, 2010).

Některé studie potvrzují blahodárny vliv HRW na snižování úrovně oxidačního stresu a snižování rizikových faktorů souvisejících s metabolickým syndromem (Kubala, 2019).

Song et al. (2013) zkoumali 10 týdnů skupinu 20 lidí s příznaky metabolického syndromu. Každý proband vypil denně 0.9-1 litr HRW. Na konci výzkumu bylo u probandů zjištěno snížení úrovně LDL cholesterolu v krvi a zvýšení úrovně HDL cholesterolu v krvi. Dále pak zvýšení antioxidační aktivity buněk a snížení výskytu zánětlivých onemocnění.

### **2.2.3.2 ONEMOCNĚNÍ CENTRÁLNÍHO NERVOVÉHO SYSTÉMU**

Díky schopnosti vodíku pronikat skrze hematoencefalickou bariéru díky plynnému šíření se o jeho terapeutické využití při léčbě centrálního nervového systému sepsala spousta studií (Ge et al., 2017).

Ohsawa et al. (2007) zjistili, že inhalování vodíku snižuje riziko mozkové příhody u krys.

Vědci zabývající se Parkinsonovou nemocí zjistili, že podání HRW o koncentraci pouhých 5 % vodíku vedlo u myši ke zmírnění symptomů, které Parkinsonova nemoc vyvolává, díky redukcí oxidačního stresu (Ge et al., 2017).

Další studie (Ito et al., 2012) ukázala, že přerušované požívání HRW je efektivnější než neustálé požívání HRW.

Yoritaka et al. (2013) dokázali, že pití HRW snižuje oxidační stres a zlepšuje symptomy pacientů s Parkinsonovou chorobou.

Vodík byl dále studován pro potenciální léčbu další neurodegenerativní změny – Alzheimerovy choroby. Studie (Li et al., 2010) zjistila, že žilní podání solného vodíku zlepšilo kognitivní a paměťové funkce u myši s Alzheimerovou chorobou díky prevenci nervového zánětu a oxidačního stresu.

Administrace vodíku se jeví jako užitečná i proti dalším onemocněním a poraněním mozku, jako je hypoxicko-ischemické poranění mozku, narušení kognitivních funkcí mozku s přibývajícím věkem, traumatické poškození mozku, ischemicko-reperfúzní poškození mozku a subarachnoidální krvácení u hlodavců (Ge et al., 2017).

Některé studie však považují využití vodíku v terapeutické léčbě onemocnění a poranění mozku za neefektivní (Matchett et al., 2009). Tyto zjištění mohly být způsobeny mnoha faktory, jako je věk hlodavců, koncentrace vodíku, nebo doba aplikování vodíku. Takeuchi, Nagatani, Otani, Wada a Mori (2016) zjistili, že administrace vodíku bez chirurgické operace u krys po krvácení do mozku, neprokázala žádné neuro-protektivní schopnosti, nebo funkční změny. Naopak po operaci poškozené míchy vodík zlepšil lokomoci a urychlil zotavení (Ge et al., 2017).

### **2.2.3.3 ONEMOCNĚNÍ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU**

Získané poznatky naznačují, že léčba pomocí vodíku slouží jako prevence proti poškození myokardu, rozvoji aterosklerózy a dalších cévních onemocnění (Ge et al., 2017). Inhalování

vodíku u krys s ischemicko-reperfúzním poškozením myokardu limitovalo rozsah infarktu myokardu, aniž by nějak pozměnilo parametry krevního oběhu (Hayashida et al., 2008).

Souvisí to tak s dalšími studii, které potvrdily efektivitu injekčního použití solného vodíku v prevenci kardiovaskulárních onemocnění a ischemicko-reperfúzního poranění (Ge et al., 2017). Noda et al. (2013) přišli s metodou, jak pomocí koupání ve vodíkové vodě zachovat zdravý srdeční transplantát. Solný vodík pomohl s rekonvalescencí a zmírnil neurologické dopady po srdečním infarktu a následné resuscitace u krys (Huo et al., 2014).

Pití HRW zmírnilo poškození myokardu u myši způsobené radiací (Qian et al., 2010) a inhalování vodíku urychlilo rekonvalescenci po infarktu myokardu u krys (Hayashida et al., 2012).

#### **2.2.3.4 ONEMOCNĚNÍ DÝCHACÍHO ÚSTROJÍ**

Vodík má blahodárny vliv v léčbě nejrůznějších respiračních onemocnění. Injekční podání solného vodíku mělo ochranné účinky proti akutnímu ischemicko-reperfúznímu poškození plic u krys (Shi et al., 2012) a králíků díky svým antioxidačním, protizánětlivým a apoptóze bránícím mechanismům (Li et al., 2012).

Inhalování vodíku mimo jiné zmírnilo důsledky ischemicko-reperfúzního poranění plic způsobené transplantací (Kawamura et al., 2010) a také uchránilo plíce myši před zánětem, kterým trpěla díky zredukování zánětlivého cytokinu HMGB1. Nepřímo se na tom podílela aktivace hemoxygenázy 1 (HO-1) a jeho regulátoru ochránce buňky – Nrf2 (Li, Xie, Chen, Wang & Yu, 2015).

Studie objevily význam v užití vodíku proti další faktorům jako je hyperoxie, lipopolysacharidy, kouření, paraquat, monokrotalin a rozsáhlé popáleniny (Ge et al., 2017).

Xiao, Zhu, Wang a Wen (2013) zjistili, že solný vodík redukuje záněty dýchacích cest u myši trpících astmatem díky inaktivaci NF- $\kappa$ B (nukleární faktor kappa B).

#### **2.2.3.5 ONEMOCNĚNÍ REPRODUKČNÍHO SYSTÉMU**

Vodík byl aplikován taktéž při léčbě onemocnění reprodukčního systému, konkrétně při testikulárním poranění. Varlata jsou velmi náchylná k poškození, zejména při terapeutickém ozáření (Meistrich, Finch, Hunter & Milas, 1984) a radioterapii, která může způsobit azoospermii, nebo neplodnost (Colpi, Contalbi, Nerva, Sagone & Piediferro, 2004).

V roce 2012 demonstrovali Chuai et al. fungování solného vodíku, který zmírnil buněčnou ztrátu způsobenou bakteriemi a zachoval spermatogenezi s žádnými vedlejšími účinky u ozářených myší.

Solný vodík se ukázal efektivní při ochraně proti gama záření u krys s testikulárním poškozením (Jiang et al., 2013) a tím pádem může vodíková terapie účinně chránit plodnost u mužů, vystavených radioaktivnímu záření (Ge et al., 2017). Vodík byl dále efektivní při léčbě erektilní disfunkce u krys s diabetem (Fan et al., 2013).

### **2.2.3.6 LÉČBA RAKOVINY**

Platinová nanokoloidní suplementace HRW dokázala vyvinout rychlejší odezvu antioxidantů a přednostně inhibovat růst karcinomu v lidském jazyku v porovnání s normálními buňkami (Saitoh, Yoshimura, Nakano & Miwa, 2009).

Vodík dokáže také zmírnit nepříznivé vedlejší účinky vyvolané při léčbě ozařováním, nebo užíváním protinádorových léků. Kang et al. (2011) tvrdí, že by denní konzumace HRW mohla mírnit oxidační stres způsobený radioléčbou a zlepšit kvalitu života u pacientů s diagnostikovaným nádorem po léčbě ozařováním, aniž by ovlivnila protinádorové léčebné účinky.

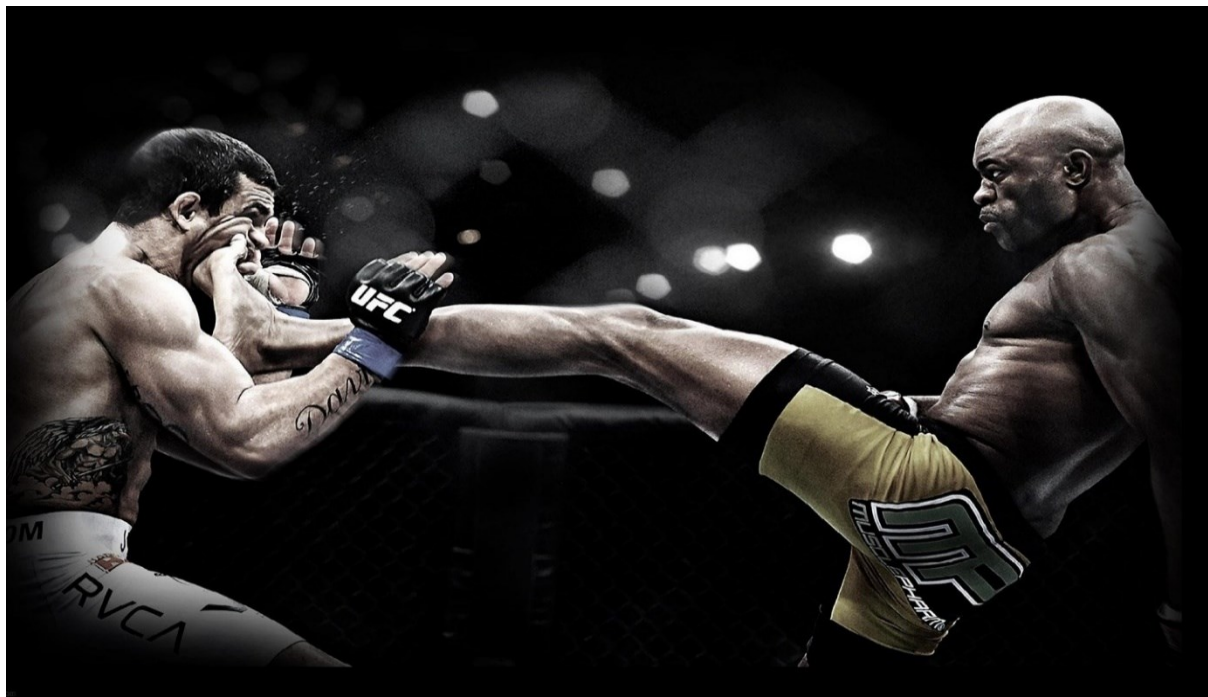
Všechny tyto zjištění naznačují potenciál vodíku pro terapeutickou léčbu rakoviny a redukování vedlejších účinků při chemoterapii (Ge et al., 2017).

### **2.2.4 SHRNU TÍ**

Molekuly vody se skládají ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku, avšak voda obohacená o vodík dokáže nabídnout výhody, které obyčejná voda nabídnout nedokáže. Lidské tělo nedokáže efektivně vstřebat vodík z obyčejné vody, jelikož je vázán na kyslík. Jedná se o nový fenomén, který se ještě musí podrobit podrobnějšímu a rozsáhlejšímu zkoumání, aby bylo možné plně porozumět principům fungování a vlivu HRW na lidský organismus. Konzumace HRW je naprosto neškodná a zdraví neohrožující. Je však zapotřebí myslet na to, že na světě ještě není žádné doporučení, jaké množství je možné použít do obyčejné vody, ani jaké množství vodíku je potřeba k dosažení pozitivních výsledků. Některé studie prokázaly pozitivní vliv na oxidační stres, sportovní výkon a některé z faktorů metabolického syndromu, avšak rozsáhlejší studie potvrzující blahodárné účinky HRW ještě scházejí (Kubala, 2019).

## 2.3 CHARAKTERISTIKA MMA (MIXED MARTIAL ARTS)

Smíšená bojová umění (MMA) je velmi často považován za nejvíce rostoucí sport na světě. MMA slučuje „postojové“ a „zemařské“ bojové sporty a umění do jedné samostatné disciplíny zahrnující techniky z thajského boxu, kick-boxu, zápasu, juda, brazilského jiu-jitsu, boxu, karate a taekwonda. Kořeny MMA sahají až do starověkých antických olympijských her, kde se soutěžilo v disciplíně zvané pankration.



Obrázek 6. „Push kick“ v podání Andersona Silvy z Brazílie (<https://wallpaperaccess.com>)

Moderní MMA se dostalo do podvědomí široké veřejnosti především díky legendárnímu turnaji Ultimate Fighting Championship (UFC), který se odehrál roku 1993. Myšlenkou turnaje bylo najít mezi všemi styly boje ten nejefektivnější a nejvíce dominantní. Od té doby začaly vznikat první unifikovaná celosvětová pravidla a federace. Navzdory tomu, že se v MMA používají techniky ze šesti olympijských úpolových sportů (box, zápas-volný styl, řecko-římský zápas, taekwondo, judo a karate), se dnešní zápasníci učí kombinacím jednotlivých stylů, které se v dřívějších zápasech nejvíce osvědčily (IMMAF, 2019).

V roce 2000 vznikla unifikovaná pravidla profesionálního MMA (UFC, 2018) a v roce 2012 vznikla Mezinárodní federace smíšených bojových umění (IMMAF), která o dva roky později zveřejnila světově první oficiální unifikovaná pravidla amatérského MMA. Mezi dva největší rozdíly mezi amatérským a profesionálním MMA patří omezení v úderech do ležícího



soupeře a využití ochranné klece (IMMAF, 2019). Organizace profesionálního MMA si pravidla ještě často upravují (Shamrock & Note, 2020).

### 2.3.1 ORGANIZACE

#### 2.3.1.1 ULTIMATE FIGHTING CHAMPIONSHIP (UFC)

V druhé polovině 20. století si Art Davie a Rorion Gracie (hlavní propagátor brazilského jiu-jitsu v Spojených státech amerických v 80. letech) začali pohrávat s myšlenkou vytvoření turnaje, který by nesl jméno „Válka světů“. Turnaj měl otestovat jednotlivé styly boje. Nápad se neseťkal s přílišným ohlasem až do doby, dokud se neobrátili na Boba Meyrowitze, ředitele společnosti Semaphore Entertainment Group (SEG). Navzdory niterním znalostem bojových sportů dostal projekt od společnosti SEG zelenou a pod novým názvem: The Ultimate Fighting Championship (UFC) mohlo vše začít.



Obrázek 7. První turnaj UFC (<https://www.martialtribes.com>)

První UFC se konalo 12. listopadu roku 1993 v hlavním městě amerického Colorada v Denveru. Pravidla zněla tehdy velmi jednoduše. Žádné kousání a žádné píchání do očí. Nebyly zde žádné váhové kategorie, ochranné rukavice, rozhodčí ani časový limit. Ačkoli se turnaj mohl zdát chaotický, vše bylo pod drobnohledem Gracie a společnosti SEG. Společně bylo jejich zájmem propagace Gracie akademie brazilského jiu-jitsu a zvýšení počtu placeného sledování online (PPV). Celý turnaj nakonec vyhrál Brazilec Royce Gracie jakožto nejmenší

účastník se svým jiu-jitsu. První dva turnaje UFC1 a UFC2 se mezi médii setkaly s velkou kritikou kvůli přílišné brutalitě, minimu pravidel a velmi slabě zvládnuté propagaci.

Když UFC zažívalo svůj vrchol, navzdory veškeré kontroverzi, tehdejší senátor státu Arizona John McCain začal vyvíjet velký tlak na veškeré televizní stanice a přenosy, které vysílaly zápasy. UFC bylo schopno v té době získat okolo 300 000 PPV (pay-per-view) za každou soutěž a UFC tak činilo zhruba 10 % veškerých placených sledování online. Po zásahu McCaina se snížil počet placených sledování online na pouhých 25 000. Roku 2001 bylo pokulhávající UFC koupeno společností Zuffa, LLC za jeden milion dolarů. Noví majitelé UFC měli velké plány, jak povznést a obnovit zašlou pověst celé organizace zavedením nových pravidel a legalizováním celého turnaje na seriózní sportovní událost. Byli to podnikatelé z Las Vegas Frank a Lorenzo Fertitta, kteří měli konexe v Nevadské státní atletické komisi (NSAC).



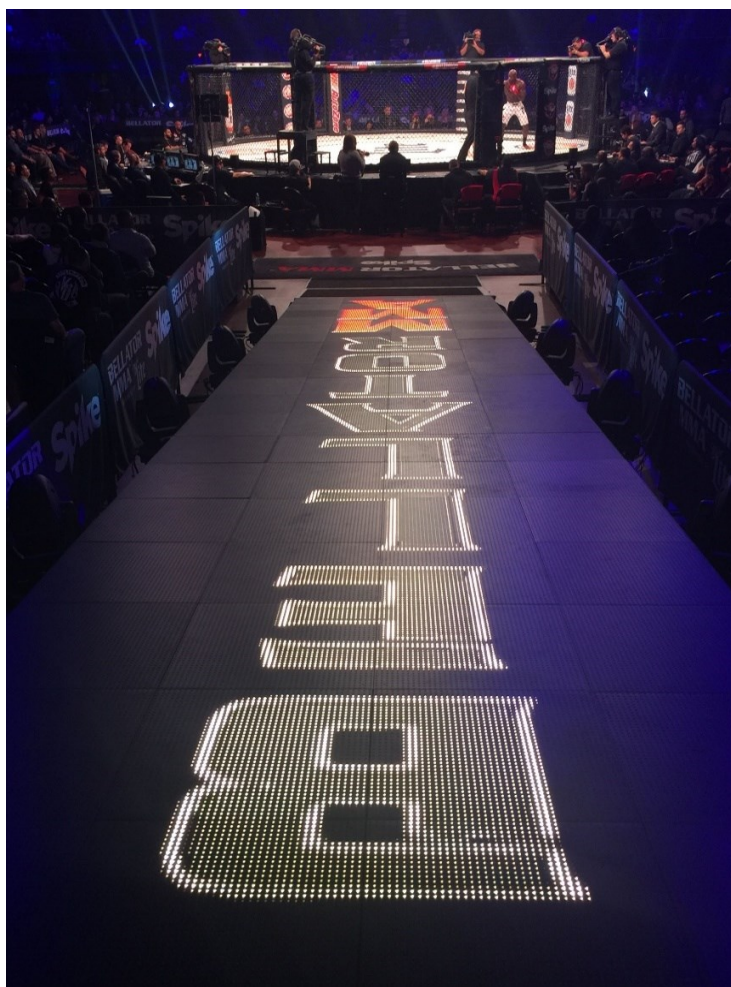
Obrázek 8. UFC dnes (<https://www.news.com>)

Jejich dlouholetý přítel Dana White byl jmenován ředitelem a hlavním představitelem UFC a společně tak začali pracovat na zpopularizování často pomlouvaného a již zavrženého sportu. To se jim povedlo o tři roky později roku 2004 s televizní reality show The Ultimate Fighter (TUF). V pořadu byly dva týmy zatím neznámých zápasníků, kteří spolu žili pod jednou střechou a měli k dispozici dva velkolepé UFC zápasníky Chucka Lidella a Randyho Coutura

jako svoje trenéry. Od té doby popularita UFC i MMA všeobecně prudce vzrostla a roste dodnes (Masucci & Butryn, 2013).

### 2.3.1.2 BELLATOR MMA

Bellator MMA je druhou nejznámější světovou organizací, ve které soutěží nejlepší bojovníci z celého světa. Pod vedením vlezkušného promotéra Scotta Cokera je Bellator přístupný téměř pro jeden bilion lidí a je ho možné sledovat ve 160 státech po celém světě. Ve



Spojených státech je Bellator možné sledovat na streamu Paramount Network a DAZN.

Celá organizace se skládá z řídicího týmu, který zahrnuje veškerou televizní produkci, organizaci samotných turnajů, vztahy s bojovníky, zprostředkování místa konání, vztahy se sponzory, mezinárodní licence a oprávnění, marketing, reklamu a styky s veřejností. Bellator MMA se nachází v hollywoodské Californii a jeho majitelem je velká zábavní společnost Viacom (BELLATOR, 2020).

Obrázek 9. Nástupová rampa na turnaji Bellator MMA (<https://cz.pinterest.com>)

### 2.3.1.3 RIZIN FIGHTING FEDERATION (RIZIN FF)

Japonská organizace Rizin se zaměřuje na zápasy smíšených bojových umění. Kromě nich ovšem můžeme na galavečerech vidět i souboje v boxu a K1. Historie Rizinu není nikterak dlouhá. Organizace byla založena v roce 2015 nynějším ředitelem Nobuyuki Sakakibarou. Pravidla Rizinu jsou prakticky stejná jako v ostatních organizacích MMA. Jedinou výjimkou je

místo zápasení. Souboje neprobíhají v uzavřeném oktagonu (kleci), nýbrž v boxerském ringu, který je obklopen provazy. Zápasníkům tak hrozí nebezpečí vypadnutí z ringu. Další změnou je i podlaha, která je uzpůsobená boxu a možnost udeřit ležícího soupeře na zemi kolenem do hlavy. Rizin nabízí placené živé přenosy, které si můžete zaplatit jako u organizace Oktagon. Následně můžete sledovat online stream a všechny souboje (FIGHT LIVE, 2020).



Obrázek 10. Místo ochranné klece najdeme v organizace FIZIN FF upravený boxerský ring (<https://www.dailymotion.com>)

## 2.3.2 NEJZNÁMĚJŠÍ ZÁPASNÍCI

### 2.3.2.1 CONOR „THE NOTORIOUS“ MCGREGOR

Conor McGregor je pravděpodobně nejslavnější MMA bojovník v historii, jelikož dokázal během jednoho roku vyhrát v UFC zápasy ve třech váhových kategoriích a ve dvou z nich držet pás šampiona.

Conor se narodil 14. července 1988 v hlavním irském městě Dublinu, kde také prožil své dětství. V mládí se věnoval především fotbalu a ve svých 12 letech začal boxovat v boxerském klubu Crumlin. Před tím, než se vydal do klece, Conor vyzkoušel různé bojové sporty a umění jako je taekwondo, karate, capoeira a kickbox.

Svůj první zápas v MMA absolvoval v roce 2007 ve svých 18 letech jako amatér proti Kieranovi Campbellovi v Dublinu pod asociací Irish Ring of Truth promotion. Conor zápas

vyhrál technickým knock-outem v prvním kole a vysloužil si tak profesionální smlouvu. V roce 2008 začal trénovat v klubu Straight Blast Gym (SBG) v Dublinu pod trenérem Johnem Kavanaghem.

9. března roku 2009 absolvoval svůj první profesionální zápas v MMA proti Garymu Morrisovi a zvítězil ve druhém kole na technický knock-out. Jeho dalších pět zápasů skončilo v prvním kole, ale bohužel dva z nich prohrál. V tu dobu nic nenasvědčovalo tomu, že prožije oslnivou kariéru.

V roce 2011 Conor nastartoval sérii 15 výher v řadě. Jeho prvním vrcholem byl pak rok 2012, kdy získal titul šampiona pérové a lehké váhy organizace CWFC a stal se tak prvním Irem, který byl držitelem titulů ve dvou váhových kategoriích zároveň. Logický pak byl zájem UFC, se kterým Conor v roce 2013 podepsal smlouvu.



Obrázek 11. Conor „The Notorious“ McGregor (<https://www.monsterenergy.com>)

Při svém debutu 6. dubna 2013 v UFC vyhrál nad Američanem Marcusem Brimage za 67 sekund. V dalším duelu porazil na body Maxe Hollowaye a během následujícího půl roku vyhrál další 3 zápasy za sebou. Po těchto sériích výher Conor vyzval šampiona pérové váhy Josého Alda, který se ale zranil a ze zápasu musel odstoupit. Došlo na turnaj UFC 189 a k zápasu Conora s Chadem Mendesem o dočasný titul šampiona pérové váhy. Souboj Conor vyhrál a stal se tak držitelem titulu. Za pět měsíců došlo k zápasu s vyléčeným Josém Aldem a zápas trval pouhých 13 sekund, během kterých Conor svého soupeře knock-outoval.

Conor vzápětí vyzval na souboj šampiona lehké váhy, kterým byl v té době Rafael Dos Anjos. Ten se však zranil, a tak došlo na zápas Conora s Nate Diazem. Souboj se nevýhodně pro Conora odehrál ve welterové váze a na konci druhého kola prohrál na submisi.

Po tomto duelu Conora nezajímalo nic jiného než okamžitá odvěta. Ta trvala celé tři pětiminutová kola, ve kterých byl Conor aktivnější, a nakonec vyhrál na body. Zápas se uskutečnil opět ve welterové váze.

Necelé tři měsíce po odvetě s Diazem se uskutečnil další titulový zápas proti Eddiemu Alvarezovi, ve kterém Conor zvítězil ve druhém kole na technický knock-out. Tímto vítězstvím se Conor zapsal do historie MMA. Stal se prvním bojovníkem, který držel dva tituly zároveň ve dvou různých váhových kategoriích a jako jediný dokázal během jednoho roku vyhrát v UFC zápasy ve třech různých váhových kategoriích (FIGHT LIVE, 2020).

### **2.3.2.3 YOEL „SOLDIER OF GOD“ ROMERO**

Celým jménem Yoel Romero Palacio je kubánský MMA zápasník, který v současné době úřaduje ve střední váze UFC. Na začátku své kariéry se věnoval zápasu ve volném stylu. Reprezentoval Kubu na mistrovství světa, které v roce 1999 vyhrál. O rok později dokázal získat stříbrnou medaili na letních olympijských hrách v Sydney, při kterých porazil několik světových i olympijských šampionů. V té době byl považován za jednoho z nejlepších zápasníků ve volném stylu na světě.

Pod vedením trenérů Sergeje Kuftina a Zike Simice z Německa si v prosinci roku 2009 vyzkoušel Romero svůj první zápas MMA, při kterém svého oponenta Sascha Weinpoltora ukončil velkým knock-outem. Během následujících tří let vyhrál další čtyři zápasy v různých organizacích v Polsku a Německu.

V roce 2011 si při zápase v organizaci Strikeforce proti Rafaelu Cavalcante, který prohrál, poranil krk, což ho na nějakou dobu přibrzdilo v rozjezdu velké kariéry.

20. dubna 2013 se po dvou letech vrátil, a to rovnou do nejprestižnější organizace na světě. Svoji premiéru v UFC proti Cliffordu Starksovi zvládl bez problému knock-outem v prvním kole.

Romero si během následujících dvou let poradil s dalšími čtyřmi soupeři a se skóre 5:0 v UFC na něj čekala legenda bojových sportů Lyoto Machida. V červnu 2015 si po technickém knockoutu ve třetím kole připsal Yoel velmi důležitou výhru. Mimo jiné získal za zápas i ocenění „Nejlepší výkon večera“.

V lednu roku 2016 byl suspendován na dobu šesti měsíců za užívání zakázaných látek. Testy, které provádí americká anti-dopingová agentura (USADA) byly pozitivní, a tak měl Yoel na chvíli opět pauzu, po které se v listopadu roku 2016 opět vrátil do klece. Jeho soupeřem byl Chris Weidman a zápas neskončil jinak než knock-outem ve třetím kole (THE FAMOUS PEOPLE, 2017).



Obrázek 12. Yoel „Soldier of God“ Romero (<https://wallpapercave.com>)

Druhá porážka přišla v červenci 2017 proti Robertu Whittakerovi. V zápase poslal Romero sice svého soupeře k zemi, avšak bodovým rozhodčím to i tak nestačilo, a tak Romero prohrál na body. Rozhodnutí bylo kontroverzní, když o rok později opět prohrál na body při následné odvetě. Podle odborníků a jiných zápasníků měl zvítězit Romero.

V roce 2019 svedl Romero bitvu s Paulem Henrique Costou, která se zapsala do dějin. O zápase se mluvilo jako o „souboji titánů“ kvůli odolnosti obou bojovníků. V zápase Romero sice opět prohrál na body, ale i tak se jednalo o nejlepší zápas jeho kariéry. Zajímavostí je, že Romero svedl svůj poslední zápas ve svých 42 letech (SHERDOG, 2020).

### **2.3.3 RIZIKOVÉ FAKTORY V MMA**

#### **2.3.3.1 SHAZOVÁNÍ DO POŽADOVANÉ VÁHOVÉ KATEGORIE**

Všichni zápasníci jsou před zápasem povinni dosáhnout váhy, požadované konkrétní váhovou kategorií. Cílem je, aby oba zápasníci vážili stejně a poměr sil byl tak co nejvíce vyrovnaný. Zároveň se tak předchází zbytečným úrazům. Někteří zápasníci toho však využívají ve svůj prospěch, když dokáží shodit velké množství váhy, a pak zase po vážení nabrat velké množství zpět, protože je zápas až další den. Mají tak nad svým soupeřem váhovou výhodu. Celý proces s sebou ale nese velká rizika. Rapidního úbytku na váze je docíleno pomocí různých strategií, jako jsou dieta, omezení přísunu vody, sauny, zatížení a trénink ve vysokých teplotách, užití diuretik anebo vyvolání zvracení. Každá z těchto metod má neblahý vliv na lidský organismus a při několikanásobném opakování mohou způsobit vážné zdravotní komplikace, mezi které patří dehydratace, narušený metabolismus cukrů, dysfunkce centrálního nervového systému, zvýšení teploty tělesného jádra a nadměrná zátěž pro kardiovaskulární systém (Souza-Junior et al., 2015).



Category	Body Mass (kg)
Flyweight	< 56
Bantamweight	56 - 61
Featherweight	62 - 66
Lightweight	67 - 70
Welterweight	71 - 77
Middleweight	78 - 84
Light Heavyweight	85 - 93
Heavyweight	94 - 120
Super Heavyweight	> 120

Obrázek 13. Váhové kategorie v UFC (<https://www.researchgate.net>)

### 2.3.3.2 ZRANĚNÍ V MMA

Vzhledem k povoleným technikám jsou zápasy nejčastěji ukončeny ze čtyř důvodů. Údery do hlavy, přetížením pohybového aparátu, škrcením anebo ostatními traumaty.

Za ukončení po úderech do hlavy je považována neschopnost zápasníka se nadále efektivně bránit. Neschopnost se bránit je evidentní, když zápasník ztratí částečně, nebo zcela vědomí. Údery do hlavy, které způsobí ztrátu vědomí a otřes mozku, mohou způsobit vážné poškození včetně vnitřního krvácení do mozku a následnou smrt.

Mezi přetížení pohybového aparátu patří páky, které se snaží vyvrátit kloubní spojení a nárazy, které musí vydržet kosterní aparát.

Škrcení ukončí rozhodčí po vzdání se zápasníka anebo když vidí, že zápasník ztrácí vědomí.

Ztrátu vědomí může způsobit i zápasnický strh na zem provedený z větší výšky. Může tak dojít i k poranění krční páteře, obdobnému automobilové nehodě (Buse, 2005).

Studie Bledsoa, Hsu, Grabowskiho, Brilla a Li (2006) zkoumala počet zranění, která se vyskytla během 171 zápasů MMA. Studie se zúčastnilo 220 zápasníků s věkem v průměru 28.5 let a v rozmezí od 19 do 44 let. Průměrná váha zápasníků byla 87.6 kg. Dohromady se uskutečnilo 624 kol boje. Každé kolo trvalo pět minut a 67 zápasníků bojovalo ve více než jednom zápase během studie.

Celkem se zranilo 78 zápasníků a 69 (40.3 %) ze 171 zápasů skončilo zraněním jednoho ze zápasníků. Výsledný počet zranění byl 96.

## **2.4 SPORTOVNÍ TRÉNINK V MMA**

### **2.4.1 CHARAKTERISTIKA SPORTOVNÍHO TRÉNINKU**

V teorii sportu není pojem sportovní trénink jasně definován. Pojem sportovní trénink vyjadřuje snahu působit na organismus sportovce v rámci stanovených cílů. Pomocí tréninku je zvyšována, udržována a případně obnovována individuální sportovní výkonnost. Trénink se uskutečňuje na jakékoliv výchozí úrovni výkonnosti, u obou pohlaví, v jakémkoliv věku podle zákonitostí adaptace s přihlédnutím k individuálním zvláštnostem sportovce. Tato adaptace mizí, jestliže zatěžování není pravidelné a nemá postupně se zvyšující nebo udržující charakter. Uvedená pravidla jsou platná pro obecnou teorii sportu, nejsou závislá na výkonnostní úrovni, pohlaví či stáří trénujících. Tréninkem je výrazně zpomalen i pokles výkonnosti, který zákonitě nastupuje s narůstajícím věkem.

Sportovní trénink lze charakterizovat jako složitý a účelně organizovaný proces rozvoje specializované výkonnosti sportovce ve vybraném sportovním odvětví. Z této definice je patrné zaměření na sportovní výkonnost, která je jeho hlavním specifickým cílem. Hlavním obecným cílem, který je v současné přípravě sportovců mnohdy zanedbáván, je pak pozitivní vliv na všestranný a harmonický rozvoj jedince. Mezi základní znaky sportovního tréninku patří jeho vědeckost, dlouhodobost, vyhraněná specializace, soutěživost, dobrovolnost a vysoká tělesná i psychická náročnost. Sportovní trénink je tedy plánovitý, řízený proces, kde obsah, metody a organizace jsou zaměřeny na dosažení stanoveného sportovního výkonu. Maximální výkon je ve výkonnostním a vrcholovém sportu nejvyšším cílem (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer & Botek, 2012).



Obrázek 14. Sportovní trénink (<https://www.mysasy.com>)

Teoretické poznání směřuje k nalezení podstaty jevů a jejich obecnému vysvětlování. Postihnout podstatu tréninku znamená hledat příčiny, které vedou ke změnám sportovní výkonnosti, usnadňuje to pochopení a následně praktické ovládnutí tréninku. Na základě toho lze potom zodpovědně volit adekvátní obsah tréninku, jeho koncepci a stavbu, vhodné metody atd.

Trénink reálně probíhá jako více či méně komplexní proces. Současně i minulé znalosti a přístupy k jeho teoretickému objasnění se shodují v tom, že trénink z pohledu procesuálního je možné a nutné posuzovat jako:

- proces adaptace
- proces motorického učení
- proces interakce

Velmi zjednodušeně lze uvažovat o biologickém přizpůsobení se zvýšené tělesné námaze (vytváření energetických rezerv a distribuce energie, aktivita různých orgánů aj.). Současně s tím je třeba se naučit řadu nových pohybů, jejich osvojování je nutno opřít o poznatky motorického učení. Interakční aspekty sportovního tréninku jsou určovány reálnými vztahy účastníků tréninku a soutěžení, jejich chováním. Vše charakterizuje sportovní trénink jako celek, proces se vzájemně podmiňují, prolínají a doplňují (Dovalil et al., 2008).

## **2.4.2 SLOŽKY SPORTOVNÍHO TRÉNINKU**

Struktura sportovního tréninku vyjadřuje ucelenou koncepci, v jejímž rámci se uskutečňuje tréninkový proces. Jeho různorodé úkoly se řeší v podstatě ve dvou směrech. První z nich má analytickou povahu a vyznačuje se řešením dílčích úkolů samostatně a izolovaně, např. rozvojem silových schopností, osvojováním techniky, nácvikem taktických variant atd. Druhý, syntetizující směr usiluje o začlenění řešených úkolů do komplexu sportovního výkonu, tedy o vyladění vztahů mezi jednotlivými součástmi a stránkami sportovního výkonu. Oba směry procesu probíhají souběžně, přičemž zpravidla jeden z nich dočasně převažuje. Znamená to, že se doplňují a tvoří jednotu (Choutka & Dovalil, 1991).

### ***Kondiční příprava***

1. Zdokonalování všestranného pohybového základu:
  - a) rozšiřování počtu osvojených pohybových dovedností a návyků
  - b) rozvoj pohybových schopností v nejrůznějších kvalitách jejich projevu
2. Rozvoj síly, rychlosti, vytrvalosti a obratnosti na bázi příslušných fyziologických funkčních systémů a odpovídajících psychických procesů.
3. Rozvoj speciálních pohybových schopností v souladu s potřebami techniky příslušných sportovních činností a energetických režimů jejich výkonového provedení.

### ***Technická příprava***

1. Rozvoj koordinačních schopností jako základu účinné techniky.
2. Osvojování sportovních dovedností a jejich stabilizace.
3. Zdokonalování sportovních dovedností v podmínkách soutěžních situací.

### ***Taktická příprava***

1. Osvojování taktických vědomostí (teorie taktiky).
2. Osvojování a zdokonalování variant řešení typických soutěžních situací.
3. Rozvoj schopností výběru optimální varianty řešení soutěžní situace.
4. Rozvoj tvůrčích schopností.

5. Rozvoj taktického myšlení v rámci plánů vyššího řádu (taktického plánu utkání, strategického plánu aj.).

### ***Psychologická příprava***

1. Rozvoj výkonové motivace.
2. Regulace emočních procesů v podmínkách soutěžních situací.
3. Vytváření vědomostního základu uvědomělého jednání.
4. Formování charakteru a sociální role sportovce.

(Choutka & Dovalil, 1991)

### **2.4.3 KONDIČNÍ TRÉNINK V MMA**

Sestavení optimálního kondičního tréninkového plánu pro MMA zápasníka může být mnohdy velký problém. Největší část jejich přípravy by měla být věnována nácviku a opakování technik jednotlivých aspektů boje jako je jiu-jitsu, wrestling (zápas), box, kickbox, thajský box a na trénink kondice už mnoho času nezbyde. Dalšími problémy jsou vysoká pravděpodobnost přetrénování a zranění v důsledku tvrdosti a náročnosti sportu, dodržení dostatečného času pro regeneraci a zkompletování všech proměnných v jeden celistvý a dobře fungující program.

V úvahu se také musí brát strategie, která bude v příštím zápase použita na základě silných a slabých stránek soupeře. Roli hrají taktéž silné a slabé stránky samotného zápasníka. Jestliže čeká zápasníka dobrého v thajském boxu soupeř, který vyniká v jiu-jitsu a wrestlingu, pravděpodobně bude příprava zaměřena na jiu-jitsu a wrestling, resp. na jejich obranu.

Velmi důležitým aspektem je taktéž styl boje jednotlivých zápasníků, jelikož někteří spoléhají na svoje silné údery a výbušnou sílu s menší vytrvalostí a jiní zase na obranu a boj v menším tempu s větší vytrvalostí.

Všechny tyto aspekty a proměnné se musí brát v potaz při tvorbě optimálního kondičního tréninkového plánu (Bounty et al., 2011).

Hypothetical training week	
Day of the week	Hypothetical training schedule
Sunday	Off
Monday	AM: power exercises; PM: Brazilian Jiu-Jitsu training
Tuesday	AM: Muay Thai training; PM: strength training
Wednesday	Off or perform low-volume/light-intensity grappling techniques
Thursday	AM: interval training; PM: sparring
Friday	AM: speed development or power exercises; PM: wrestling training
Saturday	AM: boxing training; PM: strength training or active recovery

Obrázek 15. Příklad možného tréninkového týdne: Neděle – volno, Pondělí – ráno cvičení na výbušnost a večer trénink brazilského jiu-jitsu, Úterý – ráno trénink thajského boxu a večer silový trénink, Středa – volno, anebo lehčí trénink/lehčí trénink grapplingu, Čtvrtek – ráno intervalový trénink a večer sparringy, Pátek – ráno trénink rychlosti anebo výbušnosti a večer zápasnický trénink, Sobota – ráno boxerský trénink a večer silový trénink anebo aktivní odpočinek. (<https://www.researchgate.net>)

#### 2.4.3.1 ROZVOJ OBECNÉ VYTRVALOSTI V MMA

Jeden z nejlepších způsobů rozvoje obecné vytrvalosti v MMA jsou klasické tréninkové jednotky thajského boxu, boxu, zápasu anebo brazilského jiu-jitsu. Tento typ tréninku pomáhá zlepšit vytrvalostní kapacitu a upevnit používání různých technik při vyčerpání. Každý tréninkový program by měl pracovat s intenzitou zatížení podle mnoha proměnných, aby bylo dosaženo co největšího tréninkového efektu. Při běžeckém tréninku se dá snadno posoudit intenzita zatížení na základě použití dýchací masky se záznamem výměny plynů. Při sparringu MMA je však použití dýchací masky nereálné, a proto se musí intenzita zatížení posoudit jinak.

Jestliže chtějí trenéři dosáhnout přírůstků v trénovanosti jedinců, musí se zaměřit na subjektivní známky únavy, které se projevují zhoršeným prováděním pohybů a technik a také

prodloužením doby reakce. Na základě toho můžou trenéři pracovat s optimální mírou zatížení pro dosažení kýžených výsledků (Souza-Junior et al., 2015).

#### **2.4.3.2 ROZVOJ SILOVÝCH SCHOPNOSTÍ V MMA**

Vhodný silový tréninkový program pro MMA by měl mít zvládnutou periodizaci na základě nervově-svalových adaptací. Struktura tréninku jednotlivých druhů síly může být následující:

1. počáteční silový rozvoj
2. hypertrofie svalstva
3. maximální síla
4. výbušnost
5. udržení úrovně výbušnosti

Při dodržení této sekvence bude každý druh síly rozvíjet a podporovat ten další. Trenéři musí vědět, jak co nejlépe rozvíjet jednotlivé druhy síly v různých částech přípravy, protože dobře připravený zápasník musí disponovat vysokou úrovní výbušné síly, síly a silové vytrvalosti v průběhu boje (Souza-Junior et al., 2015).

#### **2.4.3.3 ROZVOJ SILOVÉ VYTRVALOSTI V MMA**

Silová vytrvalost je schopnost opakovaně překonávat nebo brzdit nemaximální odpor, případně jej po delší dobu udržovat, bez snížení efektivity pohybové činnosti. Pro rozvoj silové vytrvalosti využijeme střední až submaximální intenzitu zatížení, trvání cvičení na stanovišti 15-90 s, poměr intervalu zatížení a odpočinku je obvykle 1:1, počet okruhů 2-3, celková doba cvičení se pohybuje v rozmezí cca 15-45 min. Velikost zatížení se mění obtížností cviků, počtem stanovišť a počtem opakování na jednom stanovišti, rychlostí provádění pohybů při cvičení, velikostí odporu a počtem absolvovaných okruhů (Lehnert et al., 2012).

Mezi adaptace plynoucí z kruhových tréninků patří posunutí laktátového prahu, zvýšení silové vytrvalosti, zlepšení cirkulace cholesterolu a hormonální změny. Z těchto adaptací je v MMA kruhovém tréninku cílem zlepšit právě silovou vytrvalost a posunout laktátový práh (Waller, Miller & Hannon, 2011).

Podle studie Amtmanna et al. (2008) se průměrná hladina laktátu v krvi po zápase pohybuje v rozmezí 10.2 až 20.7 mmol/l. Široké rozmezí, ve kterém se hladina laktátu pohybuje, naznačuje velkou variabilitu zatížení v různých soubojích a zároveň intermitentní charakter zátěže (Souza-Junior et al., 2015).

Rozdílem mezi klasickým kruhovým tréninkem a MMA kruhovým/intervalovým tréninkem je především v intenzitě zatížení, která u MMA specifického kruhového tréninku přesahuje 90 % VO<sub>2</sub> max. Dalším rozdílem je výběr cviků, kdy u MMA volíme především cviky, při kterých je pohyb co nejvíce podobný pohybu při samotném zápase (Bounty et al., 2011).



Obrázek 16. Využití pytlového panáka během MMA kruhového tréninku (<https://www.fansshare.com>)

Příkladem MMA kruhového tréninku mohou být údery do pytle prováděné střední intenzitou po dobu 15 s a následně vysokou intenzitou 15 s, následované pěti „sprawly“ (obránná technika proti strhu na zem), strhem pytlového panáka na zem a zakončené údery do panáka na zemi po dobu 10 s (Bounty et al., 2011).



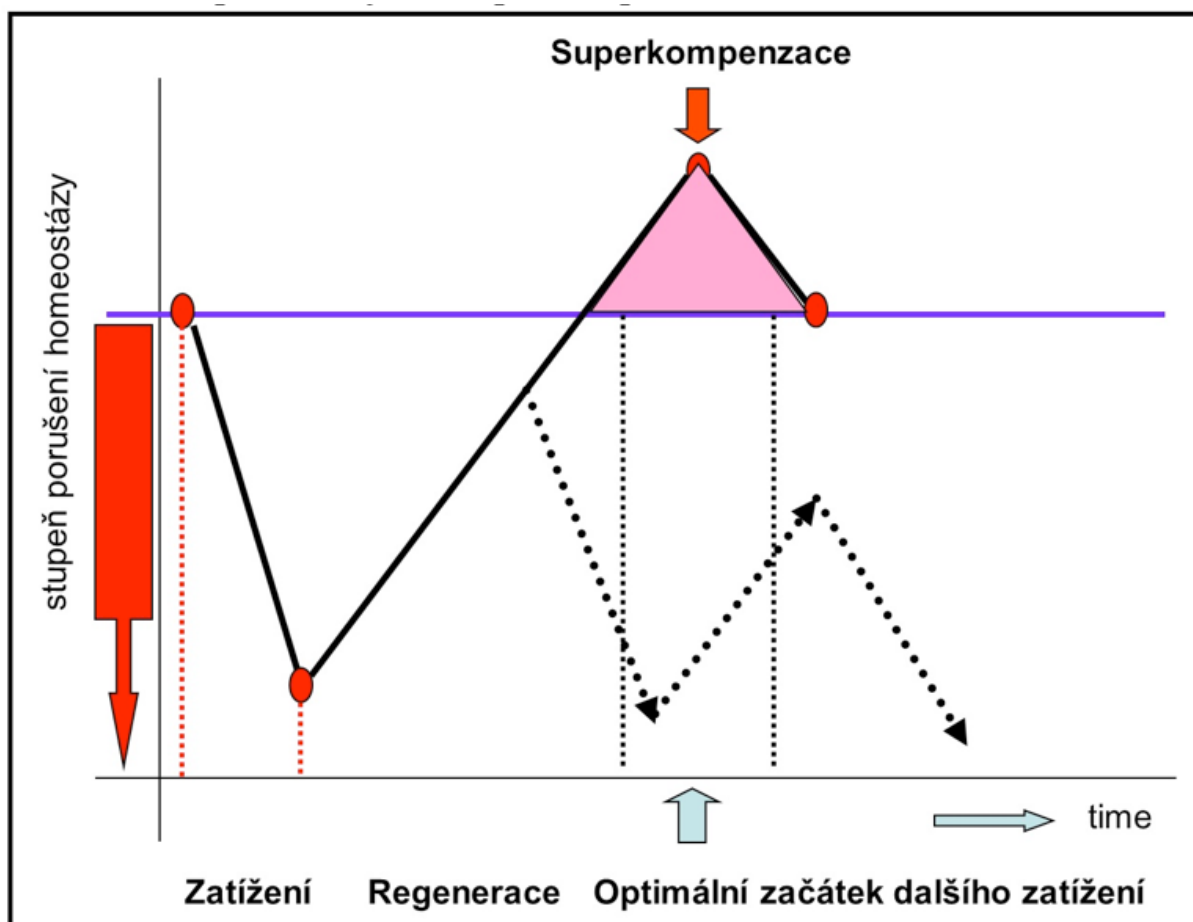
#### 2.4.3.4 ROZVOJ RYCHLOSTI A VÝBUŠNOSTI V MMA

Rychlost je pro zápasníka MMA velice důležitá. Schopnost provést úder, kop anebo strh na zem co nejrychleji hraje v zápase mnohdy klíčovou roli. Jedna z možností, jak rozvinout rychlost/výbušnou sílu, jsou plyometrická cvičení (Bounty et al., 2011).

McBride, Triplett-McBride, Davie & Newton (2002) zkoumali účinek osmitýdenního plyometrického tréninku dřepů s výskokem se zátěží (80 % jednoho opakování maxima na zadní dřep vs. 30 % jednoho opakování maxima na zadní dřep) na několik ukazatelů výkonnosti. Mezi ně patřily: agility test, 20m sprint, maximální rychlost, výbušnost a výška výskoku proti odporu. Všechny výsledky porovnávali s výsledky kontrolní skupiny. Došli k závěru, že dřepy s 30 % OM zlepšily maximální rychlost, výbušnost a 20m sprint více než dřepy s 80 % OM. Dřepy s 80 % OM naopak snížily výkon ve dvacetimetrovém sprintu, navzdory zvýšení výbušnosti a jednoho opakování maxima na zadní dřep. Vědci se domnívají, že je to způsobené větší aktivací rychlých svalových vláken při provádění lehčích dřepů, jelikož ty těžší už natolik výbušně provést nelze.

#### 2.4.4 ZOTAVENÍ

Po každém zatížení ve sportovním tréninku musí následovat zotavení směřující k obnově homeostázy, je to jedna z hlavních podmínek efektu zatížení a zvyšování trénovanosti a výkonnosti. Zatížení je u člověka provázeno řadou aktuálních změn, které musejí být po skončení cvičení kompenzovány. Jedná se například o návrat fyziologických funkcí do klidové úrovně (pokles srdeční frekvence, krevního tlaku apod.), doplnění vyčerpaných energetických zdrojů (např. glykogenu), odbourání negativních zplodin metabolismu (laktát, močovina apod.) a odstranění psychické únavy. Nedílnou součástí tréninku se tedy stává i zotavení. Nejedná se pouze o návrat organismu do stavu před zatížením. Vliv zatížení se neomezuje pouze na dobu samotného cvičení, ale pokračuje i po jeho ukončení, mnohé adaptační změny se objevují při zotavení. Při svalové práci (ve fázi zatížení) dochází k intenzivnímu štěpení látek, které jsou po ukončení zatížení (ve fázi zotavení) resyntezovány (dochází k jejich znovuoobnovení). Resyntéza se však nezastaví na původní hodnotě, ale do určité míry ji převyšší. Tento stav energetického potenciálu (převýšení výchozí úrovně energetických zdrojů) se nazývá **superkompenzace**. Jedná se o stav přechodný, navýšení energetického potenciálu není trvalé, po určité době dochází k opětovnému snížení energetických rezerv na hodnotu před zatížením (Perič & Dovalil, 2010).



Obrázek 17. Graf znázorňující proces superkompenzace – přerušovaná křivka znázorňuje nevhodné načasování zatěžování (autoři: Mgr. David Zahradník, Ph.D., doc. PaedDr. Pavel Korvas, CSc.)

#### 2.4.4.1 ZOTAVENÍ V MMA

Ačkoliv stráví zápasníci MMA spoustu času svým tréninkem, fázi zotavení a regeneraci věnují podstatně větší část svojí přípravy. Cílem není pouhé urychlení regenerace a příprava na další tréninkovou jednotku, ale především snížení rizika zranění z přetrénování (Bishop, Jones & Woods, 2008).

Trendem poslední doby je aktivní regenerace spočívající v tréninku o nízkém objemu a nízké intenzitě. Mělo by se jednat o trénink, při kterém se využívá pouze koncentrická kontrakce a nikoliv excentrická, jelikož bylo prokázáno, že použití excentrické kontrakce během zotavení způsobuje větší riziko svalového zranění nežli koncentrická kontrakce (Rooney, 2005) a dále si při ní více poškozuji svalová vlákna, což způsobuje záněty (McIntyre, Reid & McKenzie, 2012) a ty mají spolu s dalšími faktory za následek svalovou únavu a bolest (Close et al., 2005).

Použití samotné koncentrické kontrakce zvyšuje prokrvení svalstva a tím urychluje jejich regeneraci a zároveň je šetrnější a méně nebezpečné (Bounty et al., 2011).

### *Další způsoby zotavení*

- masáž
- kryokomora
- kontrastní sprcha (ledová voda)
- protizánětlivé suplementy
- hydratace
- vhodná strava a její načasování

(Bounty et al., 2011)



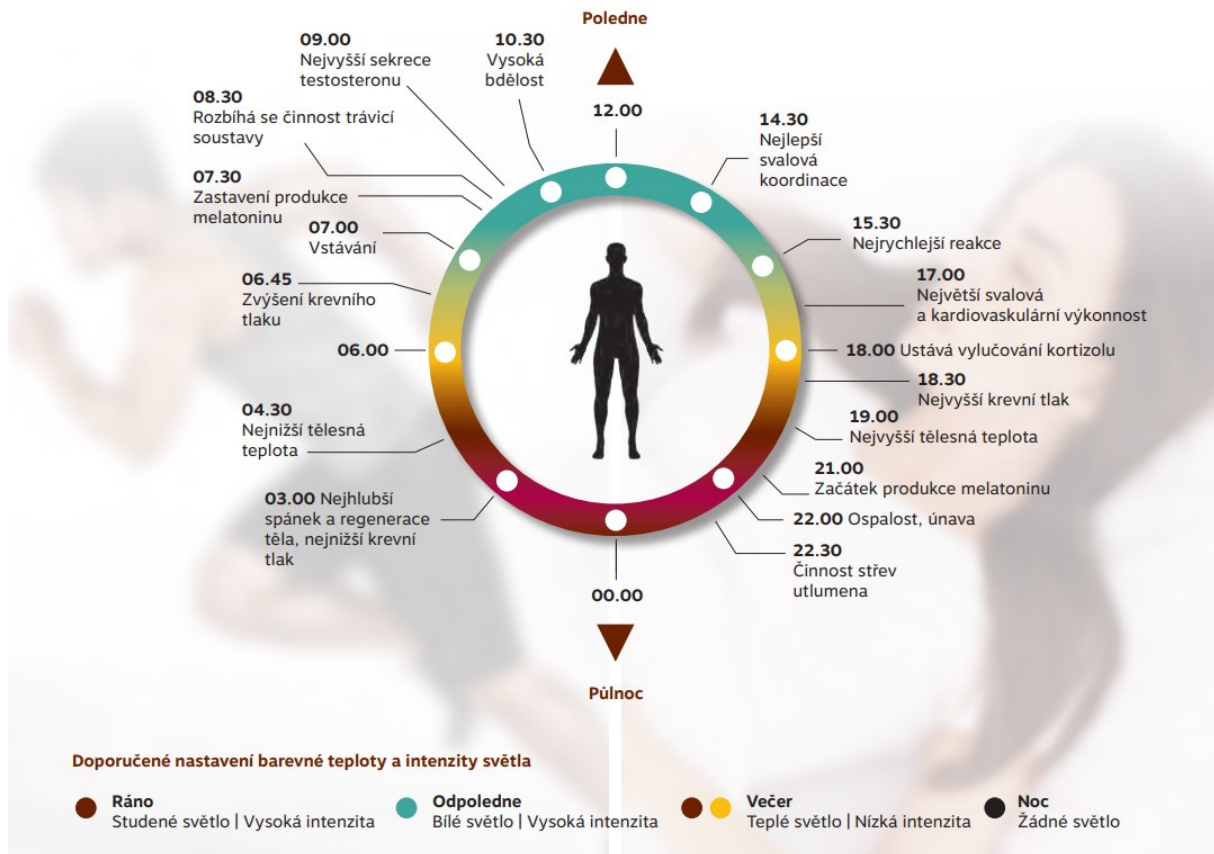
Obrázek 18. Kryokomora (<https://www.biolayne.com>)

#### **2.4.4.1.1 SPÁNEK A CIRKADIÁNNÍ RYTMUS**

Od počátku historie lidské rasy, až do poměrně nedávné doby, kterou ještě pamatují naše babičky, jsme jako lidé trávili většinu dne venku na denním světle, uléhali se soumrakem a spali v noci, během které byly jediným zdrojem světla hvězdy a měsíc na noční obloze.

Pravidelné střídání dne a noci se nám za tu dobu vepsalo do genetického kódu, a proto máme všichni vnitřní hodiny, které synchronizují náš cirkadiánní rytmus, tedy fungování těla podle fáze dne.

#### CIRKADIÁNNÍ RYTMY ŘÍZENÉ ZE SUPRACHIAZMATICKÉHO JÁDRA



Obrázek 19. Schéma našeho denního rytmu (převzato z časopisu Věda a výzkum 1/2019, autor: doc. PharmDr. Alena Sumová, DSc.)

Sluneční (denní) světlo nám dávalo během dne přirozený signál, že máme mít energii, být fyzicky aktivní, jíst a trávit, zatímco zapadající slunce nás pomalu ale jistě přepínalo do režimu zklidnění, odpočinku a relaxace, s přípravou na následující spánek v tmavé noci, během kterého se mohlo tělo přirozeně opravit a celý cirkadiánní rytmus restartovat.

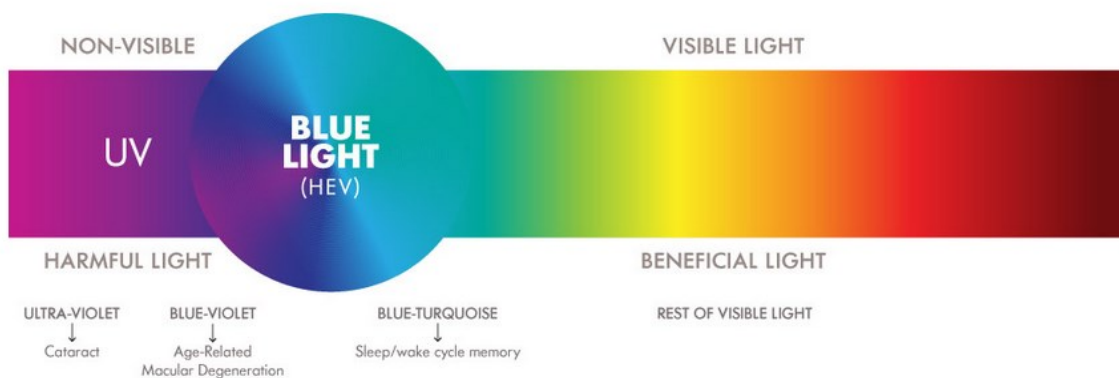
Současný moderní člověk, zejména pokud žije ve velkoměstě, už se podle fáze dne neorientuje: Vstává za tmy nebo naopak po východu slunce, po větší část dne je uzavřen v místnosti s nedostatkem světla, a po západu slunce rozsvěcuje umělé osvětlení, které jej často doprovází ve formě světelného smogu i během spánku (Česlík, 2019).

## **Modré světlo**

Naše vnitřní hodiny se synchronizují podle barvy a intenzity denního světla. V roce 2007 bylo potvrzeno, že lidské oko obsahuje kromě tyčinek a čípků ještě další fotoreceptor, který nesouvisí s vytvářením vizuální představy, ale se synchronizací cirkadiánního rytmu.

Tento fotoreceptor byl pojmenován melanopsin, přičemž bylo zjištěno, že registruje množství a intenzitu modrého světla, které má schopnost procházet okem až na sítnici.

Sluneční světlo obsahuje celou velké množství vlnových délek, od UV záření, přes viditelné spektrum, až po záření infračervené. A právě ve viditelném spektru existuje světlo o vlnové délce 450–500 nm, které vnímáme jako modré.



Obrázek 20. Schéma spektra barev (<http://risebyperformance.cz>)

Modrého světla je naturálně nejvíce během dne (proto se nám jeví obloha jako modrá), a proto se podle něj naučilo naše oko a mozek seřizovat vnitřní hodiny. Podle barvy slunečního světla tak tělo pozná, jaká je část dne, a co se od něj očekává (sekrece hormonů, funkce trávení atd.).

Stejně modré světlo vydává také člověkem produkované osvětlení, zejména LED diody. Jejich užívání se stalo veskrze módním trendem, kdy máme LED televize, notebooky, tablety, mobily, osvětlení automobilů, billboardů a reklamních tabulí, i celých domácností. Problémem je, že jsme se jej naučili využívat primárně po západu slunce (Česlík, 2019).

## **Ranní únava – aneb ALAN a zdraví**

Umělé noční osvětlení (anglicky se pro něj zavedl termín ALAN – artificial light at night) potom aktivuje melanopsinové receptory, a dává našemu mozku signál, že je den.

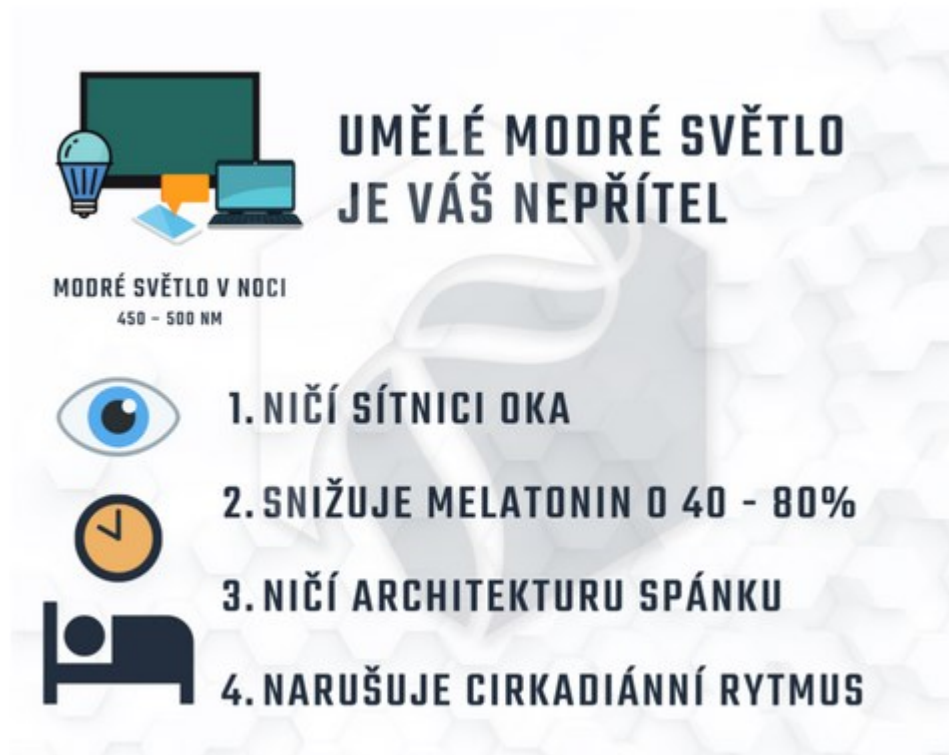
Lidé dnes až do poslední chvíle před spaním koukají na obrazovky počítačů, mobilů či televizí, a vesele u toho svítí po celém bytě. To má následně na cirkadiánní rytmus a spánek efekt srovnatelný s vypitím dvojitého espressa před spaním (Burke et al., 2015).

Modré světlo, stejně jako kofein obsažený v kávě, posouvá naše vnitřní hodiny. Nemusí to automaticky znamenat problémy s usnutím, téměř vždy se to ale odráží v nedostatku ranní energie, motivace a chuti do života, což lidé kompenzují kávou a sacharidy.

Podle vnitřních hodin se synchronizuje také vyplavení hormonů, trávení (při narušení chybí ranní apetit), metabolismus živin (zejména inzulínová senzitivita), odolnost těla na toxiny, a mnoho dalších tělesných procesů.

Narušení cirkadiánního rytmu ale není jediným problémem umělého osvětlení před spaním. Tím druhým, a z jistého hlediska závažnějším negativním efektem, je snížení noční sekrece melatoninu.

Melatonin většina lidí považuje za hormon, který pomáhá usnout, ve skutečnosti je ale ve světle nových vědeckých objevů naším nejefektivnějším antioxidantem, který během noci opravuje buňky i mitochondrie, a tvoří tak jednu z hlavních obranných bariér proti nemoci i stárnutí. Problematika vystavování se umělému osvětlení v noci jde přitom mnohem dále. Nekončíme jen u horšího spánku, regenerace a únavy. Podle nových vědeckých studií může mít totiž ALAN významný podíl na vzniku civilizačních onemocnění (Česlík, 2019).

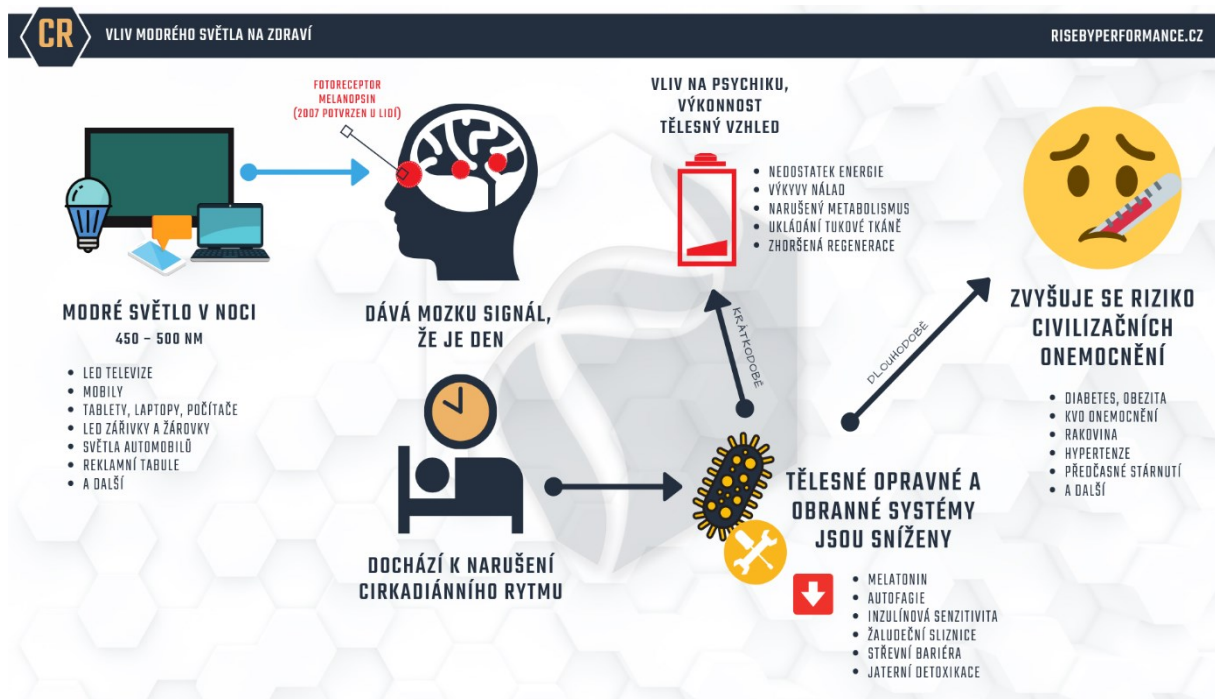


Obrázek 21. Negativní vliv modrého světla (<http://risebyperformance.cz>)

## Vliv narušení cirkadiálního rytmu na zdraví

Efekt umělého osvětlení a narušení cirkadiálního rytmu je vědci zaznamenáván také u depresí, diabetu, neurodegenerativních onemocnění, hypertenze, předčasného stárnutí i rakoviny (Hatori et al., 2017).

Nejvíce ohroženi jsou pracovníci nočních směn, lidé ve směnném provozu, a obecně lidé pracující večer pod umělým osvětlením, kteří žijí s konstantně zničeným cirkadiálním rytmem, kdy jejich tělo nikdy přesně neví, zda je noc nebo den, a jejich obranné bariéry jsou narušeny a nefungují. Není proto divu, že už v roce 2007 označila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny práci na směny za karcinogen (Erren et al., 2010).



Obrázek 22. Vliv modrého světla na zdraví (<http://risebyperformance.cz>)

## Jak optimalizovat svůj cirkadiální rytmus:

Každý den 2-3 hodiny před spaním:

- snížit míru a intenzitu osvětlení
- blokovat modré světlo
- nejíst
- spát ve tmě a tichu
- chodit spát mezi 22-23 hodinou večerní

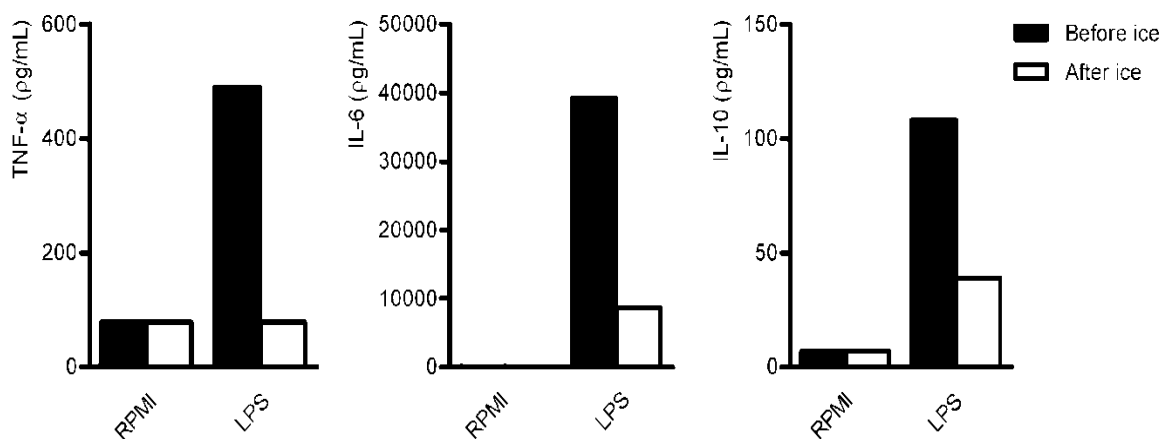
- spát 7-8 hodin (je potřeba, aby se vystříдалo pět spánkových cyklů, kde jeden trvá 90 minut – pro maximální efekt potřebujeme 7,5 hodin spánku, množství se může lišit podle genů a potřeb)

(Česlík, 2019)

#### 2.4.4.1.2 WIMHOFOVA METODA (VYSTAVOVÁNÍ SE CHLADU)

Vystavování se chladu je méně známá, avšak velmi efektivní technika. V dnešní moderní době jsme zvyklí na komfort v podobě vytápění a teplého oblečení v zimním období. Na tom není nic špatného. Chlad je však důležitým prvkem pro zpřístupnění autonomního nervového systému a s ním asociovaného imunitního systému (Hof, 2015).

Podle Pickkerse (2011) se množství zánětlivých proteinů v krevním oběhu Wim Hofa snížilo díky vystavování se chladu (společně s dechovou technikou) mnohem více než při dechových cvičeních samotných. Vystavování se chladu znamenalo, že v krevním oběhu nebyly nalezeny žádné zánětlivé proteiny. Díky chladu kleslo množství zánětlivých proteinů téměř k nule. Důvodem byla vyšší hladina kortizolu v krvi. Výsledek také překvapivě ukázal, že i po šesti dnech vykazovaly bílé krvinky nižší produkci cytokinu (zánětlivého proteinu).



Obrázek 23. Snížení produkce cytokinu po vystavení se chladu, zejména faktoru nádorové nekrózy (Hof, 2015, 16)



### **3 CÍLE, HYPOTÉZY A VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

#### **Hlavní cíl**

Zjistit vliv hydrogenované vody (HRW) na odezvu organismu při tréninkovém zatížení a následném 24hodinovém zotavení u MMA zápasníků.

#### **Dílčí cíle**

Zjistit rozdíl subjektivního vnímání únavy při užití HRW a placebo 6, 12 a 24 hodin po tréninku.

Zjistit efekt HRW na výkon MMA zápasníků ve specifických kondičních testech.

Zjistit rozdíl subjektivního vnímání únavy při užití HRW a placebo během tréninku.

#### **Výzkumné otázky**

VO1: Jak se projeví aplikace HRW v rychlosti zotavení po tréninkovém zatížení?

#### **Hypotézy**

H01: Užití HRW nemá vliv na výkon ve specifických kondičních testech.

H02: Užití HRW nemá vliv na subjektivní vnímání velikosti zatížení.

## 4 METODIKA

Pro náš výzkum jsem skrze sociální sítě oslovil svých 10 kamarádů – zápasníků (věk: 25,5 [3,2], hmotnost: 82,4 [4,3], výška: 184,7 [6,9]). Každému z nich jsem vysvětlil o co se jedná a co ho bude čekat. Osm zápasníků se pohybuje na amatérské úrovni MMA a má více jak dvouletou zkušenost s tímto sportem. Dva zápasníci jsou profesionálové s více jak šestiletou zkušeností se zápasením.

S každým probandem jsem se sešel individuálně v 8:30 ráno ve fitness centru HELP CZ s. r. o. v Olomouci. Po převlečení dostal v 8:40 k vyplnění VAS škálu a první 420ml balení HRW (Aquastamina, Nutristamina s. r. o., Ostrava, Česká republika). Následovalo rozcvičení a v 9:00 začala tréninková jednotka vstupním kondičním testem, který se skládal ze shybů, kliků a leh-sedů. Cílem bylo provést co nejvíce opakování během 30 sekund. Mezi jednotlivými cviky byl dvě minuty čas na zotavení. Po vstupním měření začala hlavní část tréninkové jednotky, kterou představoval kruhový trénink. Ten se skládal z pěti cviků prováděných na 90 % po dobu 30 sekund, 10 sekund na přechod k dalšímu stanovišti a časem jedné minuty na zotavení před dalším kolem. Celkem byly čtyři kola. Cviky byly následující: vlny s lanem, angličák s přeskokem přes bednu, kettlebell swing, bouchnutí se slam ballem o zem z pozice nad hlavou a stínový box s jednokilogramovými jednoručními činkami. V průběhu tréninkové jednotky popíjel proband druhé balení HRW a po druhém kole kruhového tréninku vyplnil BORG škálu. Po skončení hlavní části tréninkové jednotky každý opět vyplnil BORG škálu. Následoval výstupní kondiční test shodný s tím vstupním a výsledky obou dvou byly posléze porovnány. Po výstupním měření vypil proband třetí balení HRW a poslední balení si vzal se sebou s instrukcemi – vypít dvě hodiny před spaním. Probandům byly rozdány ještě 3 kopie VAS škály, kterou vyplnili 6, 12 a 24 hodin po celém tréninku. Před vyplněním udělal každý proband podřep, aby se lépe projevila možná svalová bolest.

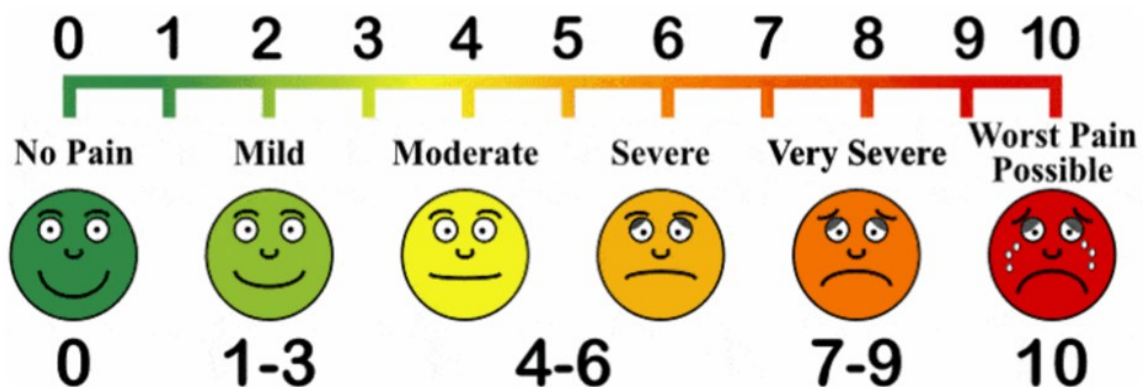
Následující týden nebylo žádné testování a až třetí týden proběhl trénink s testováním přesně ve stejný den a čas, jako ten první. Celkem tedy byly dvě, svým obsahem totožné, testovací tréninkové jednotky (1., X, 2.). V prvním týdnu pili všichni probandi balení vody s označením 2/8 a ve třetím týdnu balení vody s označením 4/8. Probandi nemohli rozeznat HRW od placebo, jelikož je vodík bezbarvý, bez zápachu a chuti. HRW měla pH = 7,8 a placebo 7,6. Koncentrace vodíku byla u HRW 0,9 ppm a 0,0 ppm u placebo.

Všichni probandi podstoupili obsahem stejný trénink. Po dokončení testování jsme se od distributora dozvěděli, které balení byla HRW a které bylo placebo. Posléze jsme vyhodnotili

výsledky a vyvodili závěry. Studie má povahu dvojitě zaslepené, crossover studie a placebem kontrolované.

### *Statistická analýza*

Z popisných statistických charakteristik byl použit aritmetický průměr a standardní odchylka. Změny ve sledovaných proměnných v různých časech (např. před TJ, po 6h zotavení, po 12h zotavení a po 24h zotavení) byly vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) pro opakovaná měření. Pokud ANOVA ukázala statisticky významné rozdíly mezi průměry, bylo detailnější vyhodnocení provedeno pomocí Fisherových post-hoc testů. Rozdíly, ve kterých byla dosaženo signifikace menší než 0,05 ( $P < 0,05$ ), byly posouzeny jako statisticky významné. Statistická analýza byla provedena pomocí software Statistica (verze 13.4, TIBCO Software, Palo Alto, USA).



VAS (Visual Analogue Scale) škála je nástroj užívaný k měření hodnot, které nejdou jednoduše změřit přímo. Patří sem například míra bolesti, kterou pacient pociťuje na stupnici od žádné po extrémní bolest (Hawker, Mian, Kendzerska & French, 2011).

## Borgova škála (1962) – Stupeň pocitu zátěže

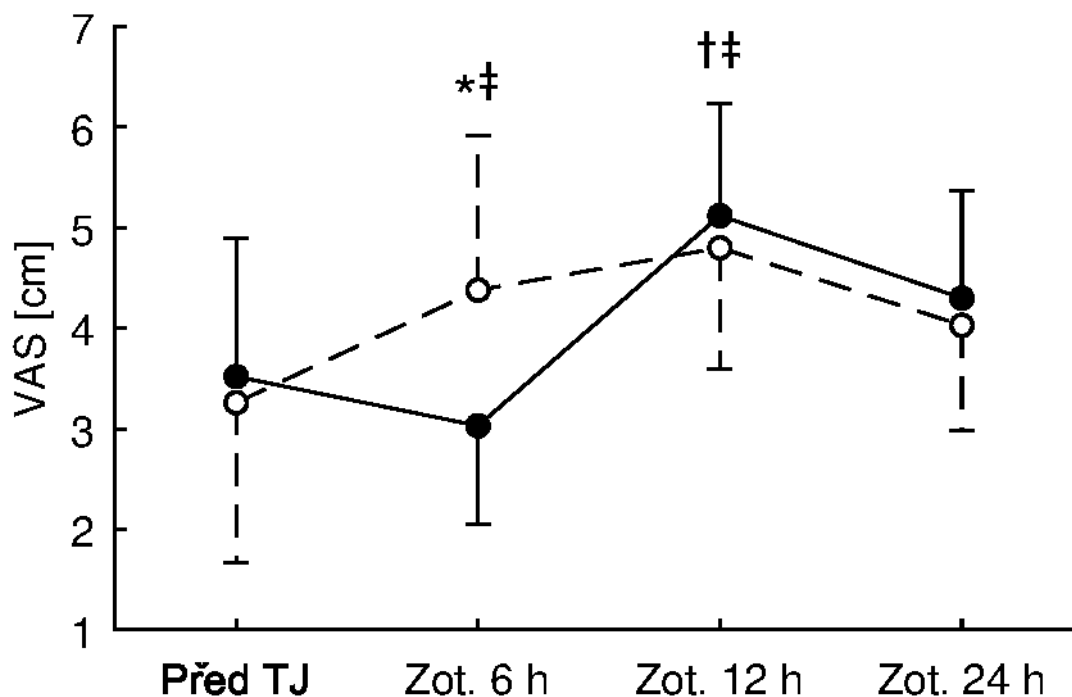
Číslo	Slovní hodnota
6	
7	VELMI VELMI LEHKÁ
8	
9	VELMI LEHKÁ
10	
11	LEHKÁ
12	
13	PONĚKUD NAMAHAJÁVÁ
14	
15	NAMAHAJÁVÁ
16	
17	VELMI NAMAHAJÁVÁ
18	
19	VELMI VELMI NAMAHAJÁVÁ
20	

Borgova škála vnímané námahy je jedna z možností, jak určit míru úsilí, kterou do cvičení jedinec dává. Škála bere v úvahu výkonnostní úroveň jedince. Dr. Gunnar Borg, který vymyslel tuto škálu, ji používal k měření srdeční frekvence, kterých jedinec dosahuje při různých fyzických aktivitách (Borg, 1982).

Výzkum byl schválen etickou komisí FTK UP pod referenčním číslem 75/2017. Během výzkumu ani po jeho ukončení nebyly zjištěny žádné vedlejší účinky HRW.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 VYHODNOCENÍ VAS ŠKÁLY



#### Vysvětlivky:

● = HRW (hydrogen-rich water = HRW)

○ = placebo

\* = statisticky významný rozdíl mezi HRW a placebem

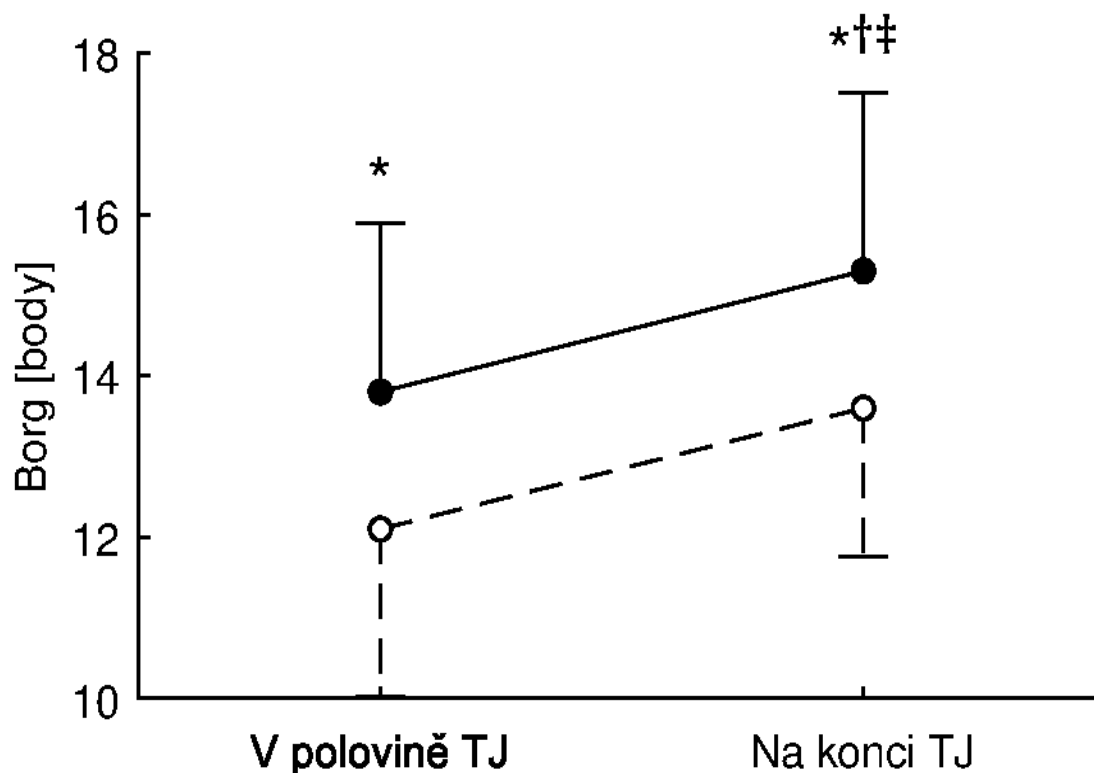
† = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití HRW

‡ = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití placebo

Obrázek 24. Průměrný stupeň svalové bolesti u probandů před tréninkem a 6, 12 a 24 hodin po tréninku

Z grafu je patrné statisticky významné snížení hodnoty VAS škály při aplikaci HRW v porovnání s placebem v šesté hodině zotavení. V následujících měřeních se hodnoty VAS u HRW a placebo statisticky nelišily.

## 5.2 VYHODNOCENÍ BORGOVY ŠKÁLY



### Vysvětlivky:

● = HRW (hydrogen-rich water = HRW)

○ = placebo

\* = statisticky významný rozdíl mezi HRW a placebem

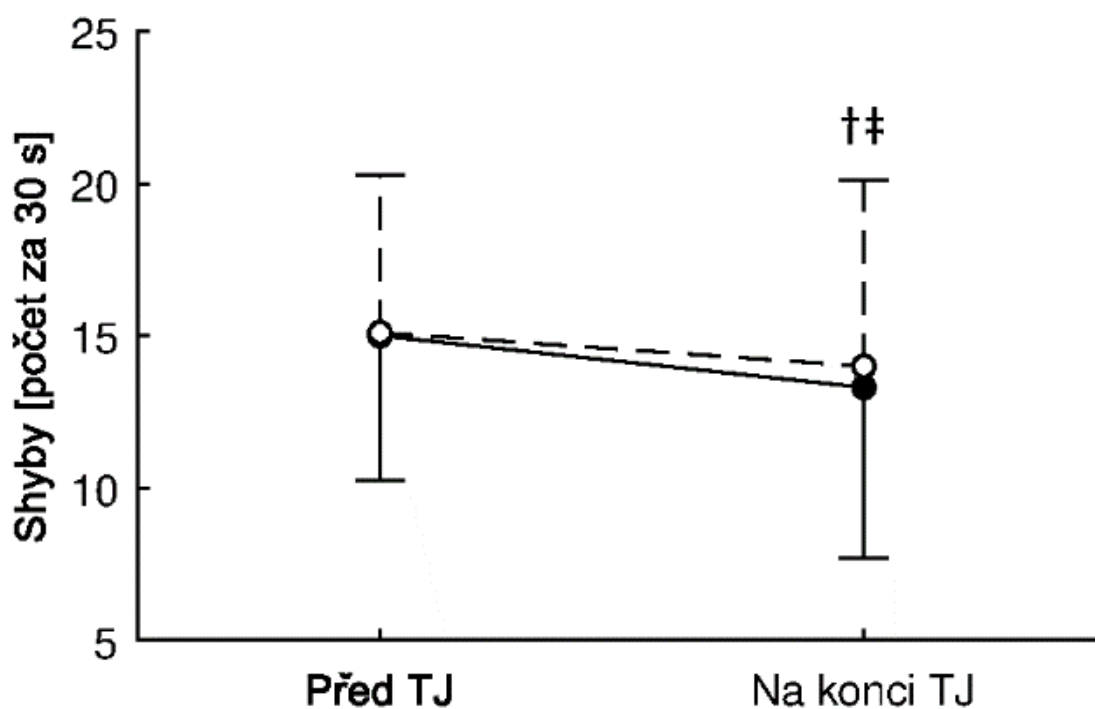
† = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití HRW

‡ = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití placebo

Obrázek 25. Průměrný pocit úrovně zátěže u probandů v polovině a po skončení hlavní části tréninkové jednotky

Z grafu je patrné statisticky významné zvýšení hodnoty BORG škály při aplikaci HRW v porovnání s placebem v obou měřeních.

### 5.3 VYHODNOCENÍ ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ (SHYBY)



#### Vysvětlivky:

● = HRW (hydrogen-rich water = HRW)

○ = placebo

\* = statisticky významný rozdíl mezi HRW a placebem

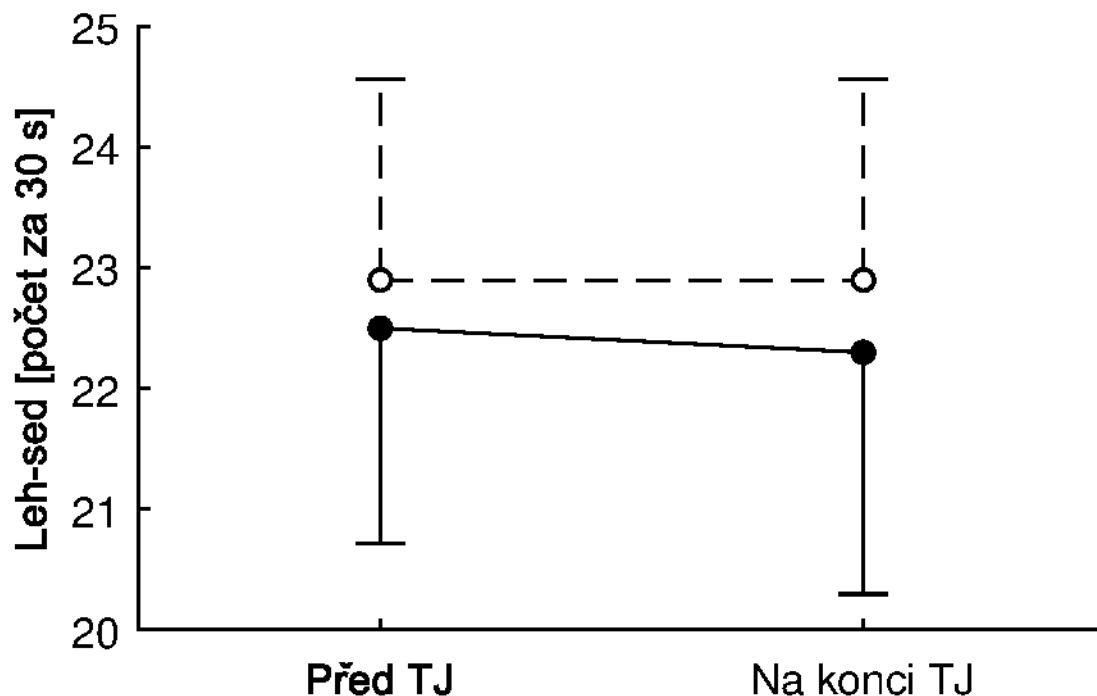
† = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití HRW

‡ = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití placebo

Obrázek 26. Průměrný počet shybů za 30 sekund při vstupním a výstupním měření

Z grafu není patrný žádný statisticky významný rozdíl mezi HRW a placebem, přestože v obou případech došlo ke snížení počtu shybů v porovnání se vstupními hodnotami.

## 5.4 VYHODNOCENÍ ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ (LEH-SEDY)



### Vysvětlivky:

● = HRW (hydrogen-rich water = HRW)

○ = placebo

\* = statisticky významný rozdíl mezi HRW a placebem

† = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití HRW

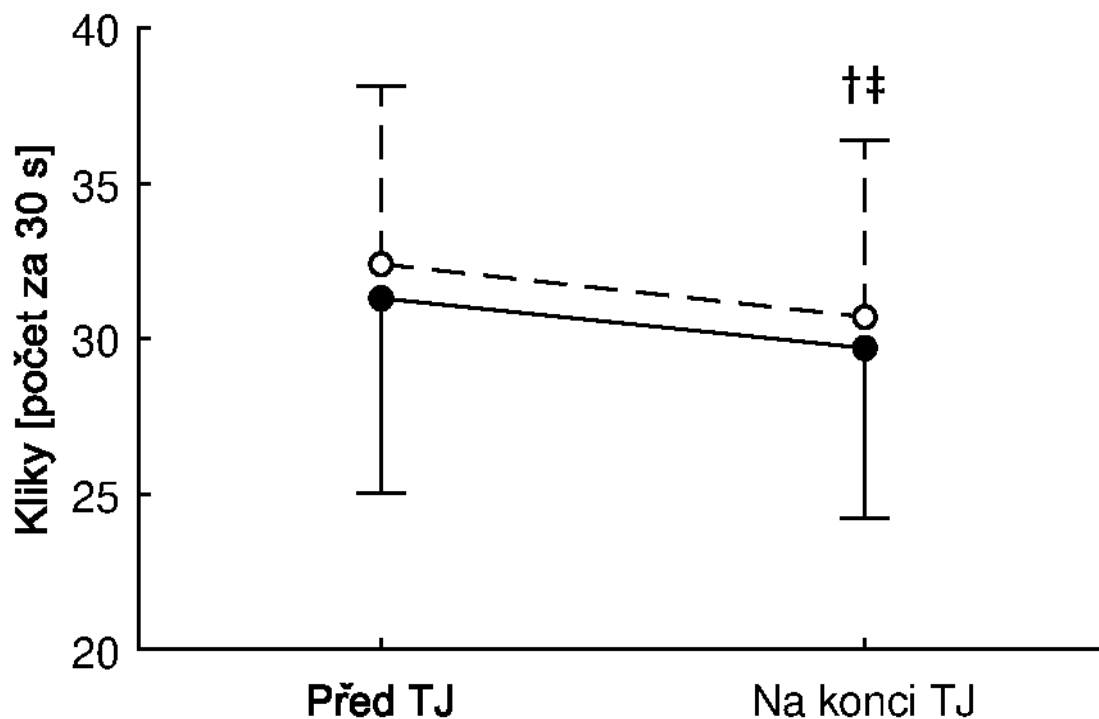
‡ = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití placebo

Obrázek 27. Průměrný počet leh-sedů za 30 sekund při vstupním a výstupním měření

Z grafu není patrný žádný statisticky významný rozdíl.



## 5.5 VYHODNOCENÍ ZÁTĚŽOVÝCH TESTŮ (KLIKY)



### Vysvětlivky:

● = HRW (hydrogen-rich water = HRW)

○ = placebo

\* = statisticky významný rozdíl mezi HRW a placebem

† = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití HRW

‡ = statisticky významný rozdíl vůči prvnímu měření (před TJ., nebo v polovině TJ.-Borg) při užití placebo

Obrázek 28. Průměrný počet kliků za 30 sekund při vstupním a výstupním měření

Z grafu není patrný žádný statisticky významný rozdíl mezi HRW a placebem, i když hodnoty na konci tréninku byly signifikantně nižší ve srovnání se začátkem tréninku.

Aplikace HRW dokáže snížit svalovou bolest a tím urychlit zotavení šest hodin po tréninku, 12 a 24 hodin po tréninku se pocit svalové bolesti nelišil od placeba. Tím odpovídám na výzkumnou otázku č. 1.

Užití HRW nemělo žádný vliv na výkon ve specifických vstupních a výstupních kondičních testech, čímž potvrzuji hypotézu č. 1.

Užití HRW nemělo žádný vliv na subjektivní vnímání velikosti zatížení, čímž potvrzuji hypotézu č. 2.

## 6 DISKUSE

Cvičení je jeden z fyziologických stimulů, který má za následek zvýšenou tvorbu a množství volných radikálů v těle (Fisher-Wellman & Bloomer, 2009; Kawamura & Muraoka, 2018). Lidské tělo je vybaveno enzymatickým a neenzymatickým obranným systémem, který s těmito radikály bojuje. Jakmile je však radikálů víc, než obranný systém zvládne pohltit, vzniká oxidační stres. Ten má za následek svalovou únavu, svalové poškození a záněty (Kawamura et al., 2020).

Podle Iuchiho et al. (2016) dokáže vodík bojovat s volnými radikály v lidském organismu a chránit tak buňky před účinky oxidačního stresu. Jedná se především o hydroxidové radikály a peroxynitrát v buňkách mimo živou tkáň (Ohsawi et al., 2007).

V naší studii jsme přišli na to, že HRW opravdu urychluje regeneraci po zátěži, díky snížení svalové bolesti a únavy šest hodin po zatížení, ale jen po vypití většího množství. Spousta studií se zabývá pozitivními účinky HRW, avšak žádná z nich se nezabývá množstvím, které je zapotřebí pro dosažení optimálních výsledků (Ohta, 2012). Je také potřeba zmínit, že dlouhodobé užívání exogenních antioxidantů ve velkém množství má negativní účinky a narušuje fyziologické adaptace na zátěž (Kawamura et al., 2020). Naopak v našem případě mohlo použití pouze jednoho balení HRW před spaním (420 ml) způsobit nedostatečnou odezvu organismu, jelikož nebyl zjištěn žádný rozdíl mezi HRW a placebem v míře svalové bolesti a únavy 12 a 24 hodin po tréninku. Nedostatečná odezva mohla být způsobena i další tréninkovou jednotkou, kterou někteří probandi museli podstoupit v rámci jejich sportovní přípravy.

Pozitivní vliv měly tři balení HRW, po kterých byla u probandů zjištěna menší svalová bolest šest hodin po tréninku oproti placebo. Potvrzuje to tak studii Aokiho et al. (2012), kteří zaznamenali u svých probandů po tréninku nižší hladinu laktátu v krvi a menší svalovou únavu oproti kontrolní skupině. V Aokiho et al. studii vypili probandi 1,5 l HRW, což se přibližuje k množství (3 x 420 ml), které mělo v naší studii vliv na svalovou bolest šest hodin po tréninku.

V naší studii neměla HRW žádný vliv na výkon probandů v jednotlivých specifických kondičních testech, narozdíl od studie Da Ponteho et al. (2018), kdy se výkon testovaných probandů zvýšil. Mohlo to být však způsobeno tím, že v naší studii pili probandi HRW pouze jeden den, a ne dva týdny v kuse, jak tomu bylo ve studii Da Ponteho et al.

Naše studie je v rozporu také se studií Kawamury et al. (2019), kteří tvrdí, že orální podání HRW může zvýšit sportovní výkon. Opět se může jednat o množství a dobu po kterou je HRW podávána, aby bylo dosaženo optimálních výsledků a zvýšení sportovní výkonnosti (Ohta, 2012).

Botek et al. (2020) ve své studii zjistili, že má HRW vliv na výkon pouze v závislosti na individuální sportovní výkonnosti, resp. čím menší výkonnost, tím větší efekt HRW a naopak. V naší studii byla většina probandů na výkonnostní až profesionální úrovni, a proto nemusela mít HRW žádný vliv.

HRW neměla v naší studii žádný vliv na subjektivní vnímání velikosti zátěže v průběhu tréninku ani po něm, což nesouhlasí se studií Botka et al. (2019), která zkoumala účinek HRW na velikost subjektivně vnímané zátěže u 12 probandů, kteří dostali 600 ml HRW 30 minut před šlapáním na bicyklovém ergometru v laboratoři. Jejich studie zjistila, že má HRW pozitivní vliv na subjektivní vnímání velikosti zátěže, jelikož měla skupina s HRW výrazně nižší hodnoty BORG škály nežli kontrolní skupina.

Tento výsledek mohl být ovlivněn tím, že nebylo možné u každého probanda zajistit kvalitní regeneraci a úplné zotavení před a po testování. Tato skutečnost je limitem naší studie a mohla ovlivnit nejen stupeň svalové bolesti v jednotlivých časových etapách po testování, ale především pak subjektivní vnímání velikosti zátěže v průběhu a po skončení tréninku. Primárně vyplňování BORG škály po skončení hlavní části tréninkové jednotky mohlo být ovlivněno touto skutečností.

Průměrné hodnoty svalové bolesti po šesti hodinách jsou však signifikantně nižší nežli u placebo, a tudíž lze s velkou pravděpodobností konstatovat, že HRW má pozitivní vliv na zotavení, avšak při optimálním množství. Potvrzuje to tak výsledky Kawamury et al. (2020), kteří zmínili možnou klíčovou roli HRW v rychlosti zotavení po zátěži.

### ***Limity práce***

- odlišná úroveň MMA zápasníků
- nekontrolovatelné podmínky pro zotavení
- odlišné vstupní podmínky před měřením

## **7 ZÁVĚRY**

HRW v naší studii snížila svalovou bolest šest hodin po tréninku. Na svalovou bolest 12 a 24 hodin po tréninku neměla HRW žádný vliv. Stejně tak neměla vliv na výkon ve specifických kondičních testech ani na subjektivní vnímání velikosti zátěže.

## 8 SOUHRN

Smíšená bojová umění (MMA) je jeden ze sportů kladoucí nejvyšší nároky na psychické vlastnosti sportovce. Zároveň klade vysoké nároky na všechny energetické systémy a dost často může dojít k přetrénování či zranění. Řadí se tak mezi jedny z nejnáročnějších sportů, při kterých je potřeba dokonalá regenerace. HRW může zlepšit zpracování jaterního glykogenu, zlepšit metabolismus glukózy a může tak hrát klíčovou roli v rychlosti zotavení po zátěži a následné superkompenzace. Klíčové jsou její antioxidační a protizánětlivé účinky, díky kterým snižuje únavu a zmírňuje svalovou bolest způsobenou zatěžováním.

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv HRW na odezvu organismu při tréninkovém zatížení a následném 24hodinovém zotavení u MMA zápasníků. Dále pak zjistit vliv HRW na výkon MMA zápasníků ve specifických kondičních testech.

Výsledky práce ukázaly efektivitu HRW, když byl zaznamenán její pozitivní vliv na svalovou bolest šest hodin po tréninku. Potvrdily se tak některé studie deklarující efektivitu užívání HRW. Na pocit svalové bolesti 12 a 24 hodin neměla HRW žádný vliv, stejně tak na výkonnost a subjektivní vnímání velikosti zatížení během tréninku. Mohlo to být způsobeno nedostatečnou regenerací probandů, a tudíž to nelze brát jako fakt. Zatím nejsou žádné studie zabývající se množstvím HRW potřebné k dosažení maximálního možného efektu.

## 9 SUMMARY

Mixed martial arts (MMA) is one of the most psychologically demanding sports. The sport has very high requirements on all energy levels in a human body as well. That's why injuries are very common in this sport, that belongs between the toughest in the world. So regeneration plays a huge role. Hydrogen-rich water may play the key role in regeneration and supercompensation, because it may enhance glycogen processing in liver and glucose metabolism and mainly because of its antioxidant and anti-inflammatory abilities.

The diploma thesis is focused on the hydrogen-rich water influence on regeneration of MMA fighters. The aim of the thesis was to discover the difference between the hydrogen-rich water usage and placebo usage effect on muscle soreness 6, 12 and 24 hours after training session and rate of perceived exertion during training session. And last but not least, I did found out the effect of hydrogen-rich water on performance of MMA fighters.

The results showed the effectivity of a hydrogen-rich water, when the decrease in a muscle soreness rate was measured six hours after training session. It confirmed some of the studies that claimed the effectivity of a hydrogen-rich water. No effects on performance or the rate of perceived exertion during training session were found out. It might have been caused by the lack of a proper regeneration of probands, so it can't be measured. There is no evidence, nor the studies about the right amount of a hydrogen-rich water that is needed for maximal effects on regeneration.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

Amtmann, J., A., Amtmann, K., A. & Spath, W., K. (2008). Lactate and rate of perceived exertion responses of athletes training for and competing in a mixed martial arts event. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, (22). 645-647.

Aoki, K., Nakao, A., Adachi, T., Matsui, Y. & Miyakawa S. (2012). Pilot study: Effects of drinking hydrogen-rich water on muscle fatigue caused by acute exercise in elite athletes. *Medical Gas Research*, 2: 12.

BELLATOR (2020). About Us. Retrieved 18. 2. 2020 from the World Wide Web: <http://www.bellator.com/about>

Bishop, P., A., Jones, E. & Woods, A., K. (2008). Recovery from training: A brief review: Brief review. *J Strength Cond Res*, 22. 1015-1024.

Bledsoe, H., G., Hsu, B., E., Grabowski, G., J., Brill, D., J. & Li, G. (2006). Incidence of Injury in Professional Mixed Martial Arts Competitions. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5, 136-142.

Borg, G., A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5). 377-381.

Botek, M., Krejčí, J., McKune, J., A. & Sládečková, B. (2020). Hydrogen-Rich Water Supplementation and Up-Hill Running Performance: Effect of Athlete Performance Level. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 1-4.

Botek, M., Krejčí, J., McKune, J., A., Sládečková, B. & Naumovski, N. (2019). Hydrogen Rich Water Improved Ventilatory, Perceptual and Lactate Responses to Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 40(14). 879-885.



Bounty, L., P., Campbell, B., Galvan, E., Cooke, M. & Antonio, J. (2011). Strength and Conditioning Considerations for Mixed Martial Arts. *Strength and Conditioning Journal*, 33(1), 56-67.

Burke, T., M., Markwald, R., R., McHill, A., W., Chinoy, E., D., Snider, J., A., Bessman, S., C. & Wright, K., P. (2015). Effects of caffeine on the human circadian clock in vivo and in vitro. *Science translational medicine*, 7(305).

Buse, J., G. (2005). No holds barred sport fighting: a 10 year review of mixed martial arts competition. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 169-172.

Çakir-Atabek, H., Dokumaci, B. & Aygün, C. (2019). Strength Loss After Eccentric Exercise Is Related to Oxidative Stress but Not Muscle Damage Biomarkers. *Res Q Exerc Sport*, 90(3). 385-394.

Carri, M., T., Valle, C., Bozzo, F. & Cozzolino, M. (2015). Oxidative stress and mitochondrial damage: importance in non-SOD1 ALS. *Front Cell Neurosci*, 41.

Close, L., G., Ashton, T., McArdle, A. & McLaren, M., P., D. (2005). The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 142(3). 257-266.

Colpi, G., M., Contalbi, G., F., Nerva, F., Sagone, P. & Piediferro, G. (2004). Testicular function following chemo-radiotherapy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 113. S2-6.

Česlík, A. (2019). Umělé osvětlení v noci (ALAN) a jeho negativní vliv na zdraví. *Risebyperformance*. Retrieved 2. 5. 2020 from the World Wide Web: <http://risebyperformance.cz/2019/09/alan/>

Da Ponte, A., Giovanelli, N., Nigris, D. & Lazzer, S. (2018). Effects of hydrogen rich water on prolonged intermittent exercise. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(5), 612-621.

Dole, M., Wilson, F., R. & Fife, W., P. (1975). Hyperbaric hydrogen therapy: a possible treatment for cancer. *Science*, 190(4210). 152-154.

Dovalil, J., Dvořák, F., Bunc, V., Perič, T., Boháč, J., Krasniewska, M., Vosoška, M., Kynos, J. & Chalupecká, M. (2008). *Současný sportovní trénink, sborník příspěvků z konference*. Praha, Česká republika: Olympia.

Erren, T., C., Falaturi, P., Morfeld, P., Knauth, P., Reiter, R., J. & Piekarski, C. (2010). Shift work and cancer: the evidence and the challenge. *Deutsches Arzteblatt international*, 107(38), 657–662.

Fan, M., Xu, X., He, X., Chen, L., Qian, L., Liu, J., Qing, J., Chao, Z. & Sun, X. (2013). Protective effects of hydrogen-rich saline against erectile dysfunction in a streptozotocin induced diabetic rat model. *J Urol*, 190. 350-6.

Felman, A. (2020). Everything you need to know about inflammation. *MedicalNewsToday*. Retrieved 13. 5. 2020 from the World Wide Web: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/248423>

FIGHT LIVE (2020). Conor The Notorious McGregor – MMA zápasy, statistiky a životopis. Retrieved 22. 2. 2020 from the World Wide Web: [https://www.fightlive.cz/rubriky/bojovnici/conor-the-notorious-mcgregor-mma-zapasy-statistiky-a-zivotopis\\_554.html](https://www.fightlive.cz/rubriky/bojovnici/conor-the-notorious-mcgregor-mma-zapasy-statistiky-a-zivotopis_554.html)

FIGHT LIVE (2020). MMA organizace Rizin FF – bojovnici, eventy a informace. Retrieved 18. 2. 2020 from the World Wide Web: [https://www.fightlive.cz/rubriky/mma/mma-organizace-rizin-ff-bojovnici-eventy-a-informace\\_574.html](https://www.fightlive.cz/rubriky/mma/mma-organizace-rizin-ff-bojovnici-eventy-a-informace_574.html)

Fisher-Wellman, K. & Bloomer, J., R. (2009). Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dynamic Medicine*, 8(1).

Ge, L., Yang, M., Yang, N., N., Yin, X., X. & Song, G., W. (2017). Molecular hydrogen: a preventive and therapeutic medical gas for various diseases. *Oncotarget*, 8(60), 102653-102673.

Hatori, M., Gronfier, C., Van-Gelder, R., N., Bernstein, P., S., Carreras, J., Panda, S. & Tsubota, K. (2017). Global rise of potential health hazards caused by blue light-induced circadian disruption in modern aging societies. *NPJ aging and mechanisms of disease*, 3(9).

Hawker, G., A., Mian, S., Kendzerska, T. & French, M. (2011). Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res*, 63(11). 240-52.

Hayashida, K., Sano, M., Kamimura, N., Yokota, T., Suzuki, M., Maekawa, Y., Kawamura, A., Abe, T., Ohta, S., Fukuda, K. & Hori, S. (2012). H<sub>2</sub> gas improves functional outcome after cardiac arrest to an extent comparable to therapeutic hypothermia in a rat model. *J Am Heart Assoc*, 1. e003459.

Hayashida, K., Sano, M., Ohsawa, I., Shinmura, K., Tamaki, K., Kimura, K., Endo, J., Katayama, T., Kawamura, A., Kohsaka, S., Makino, S., Ohta, S. & Ogawa, S. (2008). Inhalation of hydrogen gas reduces infarct size in the rat model of myocardial ischemia-reperfusion injury. *Biochem Biophys Res Commun*, 373. 30-5.

Hof, I. (2015). *THE WIM HOF METHOD EXPLAINED*. Enahm Hof/Innerfire ©.

Hong, Y., Chen, S. & Zhang, M., J. (2010). Hydrogen as a selective antioxidant: a review of clinical and experimental studies. *The Journal of International Medical Research*, 38(6). 1893-1903.

Huang, S., C., Kawamura, T., Toyoda, Y. & Nakao, A. (2010). Recent advances in hydrogen research as a therapeutic medical gas. *Free Radical Research*, 44(9). 971-982.

Huo, T., T., Zeng, Y., Liu, X., N., Sun, L., Han, H., Z., Chen, H., G., Lu, Z., H., Huang, Y., Nie, H., Dong, H., L., Xie, K., L. & Xiong, L., Z. (2014). Hydrogen-rich saline improves survival and neurological outcome after cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation in rats. *Anesth Analg*, 119. 368-80.

Choutka, M. & Dovalil, J. (1991). *Sportovní trénink*. Praha, Česká republika: Olympia a. s.

Chuai, Y., Gao, F., Li, B., Zhao, L., Qian, L., Cao, F., Wang, L., Sun, X., Cui, J. & Cai, J. (2012) Hydrogen-rich saline attenuates radiation-induced male germ cell loss in mice through reducing hydroxyl radicals. *Biochem J*, 442. 49-56.

Chuai, Y., Shen, J., Qian, L., Wang, Y., Huang, Y., Gao, F., Cui, J., Ni, J., Zhao, L., Liu, S., Sun, X., Li, B. & Cai, J. (2012). Hydrogen-rich saline protects spermatogenesis and hematopoiesis in irradiated BALB/c mice. *Med Sci Monit*, 18. 89-94.

Ichiiishi, E., Li, K., X. & Iorio, L., E. (2016). Oxidative Stress and Diseases: Clinical Trials and Approaches. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 3458276.

IMMAF (2019). What is MMA? Retrieved 10. 2. 2020. from the World Wide Web: <https://immaf.org/sport/what-is-mma/>

Ito, M., Hirayama, M., Yamai, K., Goto, S., Ichihara, M. & Ohno, K. (2012). Drinking hydrogen water and intermittent hydrogen gas exposure, but not lactulose or continuous hydrogen gas exposure, prevent 6-hydroxydopamine-induced Parkinson's disease in rats. *Med Gas Res*, 2(15).

Iuchi, K., Imoto, A., Kamimura, N., Nishimaki K., Ichimiya H., Yokota, T. & Ohta, S. (2016). Molecular hydrogen regulates gene expression by modifying the free radical chain reaction-dependent generation of oxidized phospholipid mediators. *Scientific Reports*, 6: 18971.

Kang, K., M., Kang, Y., N., Choi, I., B., Gu, Y., Kawamura, T., Toyoda, Y. & Nakao, A. (2011). Effects of drinking hydrogen-rich water on the quality of life of patients treated with radiotherapy for liver tumors. *Med Gas Res*. 1:11.

Kawamura, T. & Muraoka, I. (2018). Exercise-induced oxidative stress and the effects of antioxidant intake from a physiological viewpoint. *Antioxidants*, 7(9). 119.

Kawamura, T., Fujii, R., Higashida, K. & Muraoka, I. (2019). Hydrogen water intake may suppress liver glycogen utilization without affecting redox biomarkers during exercise in rats. *Gazzetta Medica Italiana - Archivio per le Scienze Mediche*, 178(9). 611–617.

Kawamura, T., Gando, Y., Takahashi, M., Hara, R., Suzuki, K. & Muraoka, I. (2016). Effects of hydrogen bathing on exercise-induced oxidative stress and delayed-onset muscle soreness. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 65(3). 297-305.

Kawamura, T., Higashida, K. & Muraoka, I. (2020). Application of Molecular Hydrogen as a Novel Antioxidant in Sports Science. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2328768.

Kawamura, T., Huang, C., S., Tochigi, N., Lee, S., Shigemura, N., Billiar, T., R., Okumura, M., Nakao, A. & Toyoda, Y. (2010). Inhaled hydrogen gas therapy for prevention of lung transplant-induced ischemia/reperfusion injury in rats. *Transplantation*, 90. 1344-51.

Krejsek, J. & Kopecký, O. (2004). *Klinická imunologie*. Pardubice, Česká republika: NUCLEUS HK.

Kubala, J. (2019). Hydrogen Water: Miracle Drink or Overhyped Myth? *Healthline*. Retrieved 10. 2. 2020 from the World Wide Web: <https://www.healthline.com/nutrition/hydrogen-water>

Ledvina, M., Stoklasová, A. & Cerman, J. (2004). *Biochemie pro studující medicíny I.díl*. Praha, Česká republika: Karolinum.

Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F. & Botek, M. (2012). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc, Česká republika: Univerzita Palackého v Olomouci.

Li, H., Zhou, R., Liu, J., Li, Q., Zhang, J., Mu, J. & Sun, X. (2012). Hydrogen-rich saline attenuates lung ischemia-reperfusion injury in rabbits. *J Surg Res*, 174. 11-6.

Li, J., Wang, C., Zhang, J., H., Cai, J., M., Cao, Y., P. & Sun, X., J. (2010). Hydrogen-rich saline improves memory function in a rat model of amyloid-beta-induced Alzheimer's disease by reduction of oxidative stress. *Brain Res.* 152–61.

Li, Y., Xie, K., Chen, H., Wang, G. & Yu, Y. (2015). Hydrogen gas inhibits high-mobility group box 1 release in septic mice by upregulation of heme oxygenase 1. *J Surg Res, 196.* 136-48.

Masucci, M. & Butryn, M., T. (2013). Writing About Fighting. *Journal of Sport Media, 8(1),* 19-44.

Matchett, G., A., Fathali, N., Hasegawa, Y., Jadhav, V., Ostrowski, R., P., Martin, R., D., Dorotta, I., R., Sun, X. & Zhang, J., H. (2009). Hydrogen gas is ineffective in moderate and severe neonatal hypoxia-ischemia rat models. *Brain Res.* 90-7.

McBride, J., M., Triplett-McBride, T., Davie, A. & Newton, R., U. (2002). The effect of heavy-load vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research, (16).* 75-82.

McIntyre, L., D., Reid, D., W. & McKenzie, C., D. (2012). Delayed Muscle Soreness. *Sports Medicine, 20.* 24-40.

Meistrich, M., L., Finch, M., V., Hunter, N. & Milas, L. (1984). Cytotoxic effects of WR-2721 on mouse testicular cells. *Int J Radiat Oncol Biol Phys, 10.* 1551-4.

Monteiro, R. & Azevedo, I. (2010). Chronic Inflammation in Obesity and the Metabolic Syndrome. *Mediators of Inflammation, 289645.*

Nicolson, G., L. (2014). Mitochondrial Dysfunction and Chronic Disease: Treatment With Natural Supplements. *Integr Med (Encinitas), 13(4).* 35-43.

Noda, K., Shigemura, N., Tanaka, Y., Kawamura, T., Hyun, L., S., Kokubo, K., Billiar, T., R., Bermudez, C., A., Kobayashi, H. & Nakao, A., A. (2013). Novel method of preserving cardiac grafts using a hydrogen-rich water bath. *J Heart Lung Transplant, 32.* 241-50.

Nogueira, E., J., Passaglia, P., Mota, D., M., C., Santos, M., B., Batalhao, E., M., Carnio, C., E. & Branco, S., G., L. (2018). Molecular hydrogen reduces acute exercise-induced inflammatory and oxidative stress status. *Free Radical Biology & Medicine*, 129. 186-193.

Ohsawa, I., Ishikawa, M., Takahashi, K., Watanabe, M., Nishimaki, K., Yamagata, K., Katsura, K., Katayama, Y., Asoh, S. & Ohta, S. (2007). Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nature Medicine*, 13(6). 688-694.

Ohta, S. (2011). Recent progress toward hydrogen medicine: potential of molecular hydrogen for preventive and therapeutic applications. *Current Pharmaceutical Design*, 17(22). 2241-2252.

Ohta, S. (2012). Molecular hydrogen is a novel antioxidant to efficiently reduce oxidative stress with potential for the improvement of mitochondrial diseases. *Biochim Biophys Acta*. 586-94.

Perič, T. & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha, Česká republika: Grada Publishing, a. s.

Pickkers, P. (2011). Research on 'Iceman' Wim Hof suggests it may be possible to influence autonomic nervous system and immune response. *Radboud University Nijmegen Medical Centre*.

Powers, S., K. & Jackson, M., J. (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev*, 88(4). 1243-1276.

Radak, Z., Ishihara, K., Tekus, E., Varga, C., Posa, A., Balogh, L., Boldogh, I. & Koltai, E. (2017). Exercise, oxidants, and antioxidants change the shape of the bell-shaped hormesis curve. *Redox Biology*, 12. 285-290.

Rooney, M. (2005). *Training for Warriors* (DVD).

Saitoh, Y., Yoshimura, Y., Nakano, K. & Miwa, N. (2009). Platinum nanocolloid-supplemented hydrogendissolved water inhibits growth of human tongue carcinoma cells preferentially over normal cells. *Exp Oncol*, 31. 156-62.

Shamrock, F. & Note, V., M. (2020). Rules of Mixed Martial Arts Fighting. Retrieved 29. 2. 2020 from the World Wide Web: <https://www.dummies.com/sports/mixed-martial-arts/rules-of-mixed-martial-arts-fighting/>

SHERDOG (2020). Yoel Romero „SOLDIER OF GOD“. Retrieved 22. 2. 2020 from the World Wide Web: <https://www.sherdog.com/fighter/Yoel-Romero-60762>

Shi, J., Yao, F., Zhong, C., Pan, X., Yang, Y. & Lin, Q. (2012). Hydrogen saline is protective for acute lung ischaemia/reperfusion injuries in rats. *Heart Lung Circ*, 21. 556-63.

Song, G., Li, M., Sang, H., Zhang, L., Li, X., Yao, S., Yu, Y., Zong, C., Xue, Y. & Qin, S. (2013). Hydrogen-rich water decreases serum LDL-cholesterol levels and improves HDL function in patients with potential metabolic syndrome. *Journal of Lipid Research*, 54(7), 1884-1893.

Souza-Junior, P., T., Ide, N., B., Sasaki, E., J., Lima, F., R., Abad, C., C., C., Leite, D., R., Barros, P., M. & Utter, C., A. (2015). Mixed Martial Arts: History, Physiology and Training Aspects. *The Open Sports Science Journal*, 8, 1-7.

Šípek, A. (2014). Imunogenetika a imunitní systém. *Genetika-Biologie*. Retrieved 13. 5. 2020 from the World Wide Web: <http://www.genetika-biologie.cz/imunogenetika-imunitni-system>

Takeuchi, S., Nagatani, K., Otani, N., Wada, K. & Mori, K. (2016). Hydrogen does not Exert Neuroprotective Effects or Improve Functional Outcomes in Rats After Intracerebral Hemorrhage. *Turk Neurosurg*, 26. 854-9.

THE FAMOUS PEOPLE (2017). Yoel Romero Biography. Retrieved 22. 2. 2020 from the World Wide Web: <https://www.thefamouspeople.com/profiles/yoel-romero-15573.php>



UFC (2018). UNIFIED RULES OF MIXED MARTIAL ARTS. Retrieved 29. 2. 2020 from the World Wide Web: <https://www.ufc.com/unified-rules-mixed-martial-arts>

Waller, M., Miller, J. & Hannon, J. (2011). Resistance Circuit Training: Its Application for the Adult Population. *Strength and Conditioning Journal*, 33(1). 16-22.

Xiao, M., Zhu, T., Wang, T. & Wen, F., Q. (2013). Hydrogen-rich saline reduces airway remodeling via inactivation of NF-kappaB in a murine model of asthma. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 17. 1033-43.

Yoritaka, A., Takanashi, M., Hirayama, M., Nakahara, T., Ohta, S. & Hattori, N. (2013). Pilot study of H<sub>2</sub> therapy in Parkinson's disease: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Mov Disord*, 28. 836-9.