

**UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA VEDE O ZDRAVJU**

**UČINEK VADBE MOČI VDIŠNIH MIŠIC NA  
OHRANJANJE PLAVALNIH SPOSOBNOSTI**

**MAGISTRSKA NALOGA**

Študent: MATIJA MARŠIČ

Mentor: doc. dr. MATEJ PLEVNIK, prof. šp. vzg.

Študijski program: študijski program 2. stopnje Aplikativna kineziologija

**Izola, 2022**

## **ZAHVALA**

*Najprej gre zahvala mentorju doc. dr. Mateju Plevniku za vse strokovne usmeritve in podporo ter pomoč pri izvedbi meritev.*

*Za podporo in motivacijo bi se rad zahvalil družini, sodelavcem v CKZ Izola in prijateljem.*

*Še posebej gre zahvala družini, ker so in še vedno verjamejo vame, ter prijateljem za potrpežljivost, ker so bili v tem obdobju nekoliko zapostavljeni.*

*Iskrena hvala vsem.*

## IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani *Matija Maršič* izjavljam, da:

- je predložena magistrska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana v skladu s pravili UP Fakultete za vede o zdravju;
- se zavedam, da je plagiatorstvo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah, Uradni list RS št. 16/2007 (v nadaljevanju ZASP) kaznivo.

Soglašam z objavo magistrske naloge v Repozitoriju UP.

Izola, 23. 1. 2022

Podpis študenta:



## KLJUČNE INFORMACIJE O DELU

<b>Naslov</b>	Učinek vadbe moči vdišnih mišic na ohranjanje plavalnih sposobnosti
<b>Tip dela</b>	magistrska naloga
<b>Avtor</b>	MARŠIČ, Matija
<b>Sekundarni avtorji</b>	PLEVNIK, Matej (mentor) / ZERBO ŠPORIN, Dorjana (recenzentka), JURDANA, Mihaela (recenzentka)
<b>Institucija</b>	Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju
<b>Naslov inst.</b>	Polje 42, 6310 Izola
<b>Leto</b>	2022
<b>Strani</b>	VII, 54 str., 6 pregl., 13 sl., 0 pril., 82 vir
<b>Ključne besede</b>	vdišne mišice, dihanje, ohranjanje sposobnosti, powerbreathe, plavanje
<b>UDK</b>	796.035
<b>Jezik besedila</b>	slv
<b>Jezik povzetkov</b>	slv/eng
<b>Izvleček</b>	<p>Plavanje, predvsem tekmovalno, predstavlja za dihalne mišice enega izmed največjih izzivov. V vodoravnem položaju so mišice šibkejše, hidrostatski tlak zahteva večjo silo mišic pri vdihu, poleg tega pa dihalne mišice sodelujejo pri stabilizaciji trupa med plavanjem. Omejen čas za vdih pomeni še dodaten izziv. Povečanje moči vdišnih mišic ima glede na literaturo velik vpliv na izboljšanje dihalne in plavalne učinkovitosti. Namen naše raziskave je bil preveriti, ali vadba vdišnih mišic vpliva tudi na ohranjanje plavalnih sposobnosti v času plavalnega premora. V raziskavi so sodelovali študentje prvega letnika programa Aplikativne kineziologije (n = 19), ki so bili razdeljeni v intervencijsko (n = 11) in kontrolno skupino (n = 8). Zadnji dan enajstdnevnega tečaja plavanja ter deset dni po koncu tečaja sta skupini opravili meritve. V vmesnem času je intervencijska skupina izvajala vadbeni program za izboljšanje moči vdišnih mišic s pripomočkom Powerbreathe Plus. Rezultati so pokazali trend izboljšanja rezultata v maksimalni vdišni moči, toku in zadrževanju diha po sproščenem izdihu (Buteykov test). Pomemben trend se je pokazal v manjšem poslabšanju rezultata pri intervencijski skupini napram kontrolni na testu plavanja 50–100 m in 0–100 m. Povzemamo, da vadbeni program krepitve vdišnih mišic v obdobju brez plavalnospecifičnega treninga kaže trend pozitivnega učinka na ohranjanje plavalnega rezultata.</p>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

<b>Title</b>	The effect of inspiratory muscle training on the maintainance of swimming abilities
<b>Type</b>	Master's Thesis
<b>Author</b>	MARŠIČ, Matija
<b>Secondary authors</b>	PLEVNIK, Matej (supervisor) / ZERBO ŠPORIN Dorjana (reviewer), JURDANA, Mihaela (reiewer)
<b>Institution</b>	University of Primorska, Faculty of Health Sciences
<b>Address</b>	Polje 42, 6310 Izola
<b>Year</b>	2022
<b>Pages</b>	VII, 54 p., 6 tab., 13 fig., 0. ann., 82 ref.
<b>Keywords</b>	inspiratory muscles, breathing, maintainance of abilities, Powerbreathe, swimming
<b>UDC</b>	796.035
<b>Language</b>	slv
<b>Abstract language</b>	slv/eng
<b>Abstract</b>	<p>Swimming, especially competitive, is one of the biggest challenges for the respiratory muscles. Muscles are weaker in the horizontal position, the hydrostatic pressure requires greater muscle force when inhaling, and in addition, the respiratory muscles are also involved in stabilizing the torso during swimming. Limited breathing time is an additional challenge. Increasing strength of the inspiratory muscles has, according to the literature, a major impact in improving respiratory and swimming efficiency and performance. The purpose of our study was to examine whether respiratory muscle exercise also affects the maintainance of swimming abilities during a swimming break. The study involved first-year students of the Applied kinesiology program (n = 19), who were divided into an intervention group (n = 11) and a control group (n = 8). On the last day of the 11-day swimming course and 10 days after the end of the course, the groups performed measurements. In the meantime, the intervention group conducted an inspiratory muscle training program with Powerbreathe Plus device. The results showed a trend of improving the results in maximal inspiratory strength, flow and breath holding after a relaxed exhalation (Buteyko test). An important trend was shown in smaller deterioration of the result in the intervention group in the swimming test 50 - 100m and 0 - 100m. In assumption, the results show that the inspiratory muscle strength training during a swimming break shows a trend of a positive effect on maintaining the swimming performance.</p>

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNE INFORMACIJE O DELU .....	I
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	II
KAZALO VSEBINE.....	III
KAZALO SLIK.....	IV
KAZALO PREGLEDNIC.....	V
SEZNAM KRATIC.....	VI
1 UVOD.....	1
1.1 Struktura in delovanje dihalnega sistema .....	1
1.2 Omejitveni dejavniki dihanja in omejitve zmogljivosti zaradi dihalnih mišic.....	5
1.2.1 Dihalne mišice.....	5
1.2.2 Mišice zgornjih dihalnih poti .....	6
1.2.3 Omejitve zmogljivosti dihalnih mišic pri plavanju .....	6
1.2.4 Koristi izvajanja funkcionalne vadbe dihalnih mišic .....	7
1.3 Dopolnilne metode plavalnega treninga in podenote dihalnega treninga.....	8
1.4 Odziv dihalnih mišic na vadbo in njihovo delovanje .....	11
1.5 Vpliv vadbe dihalnih mišic na učinkovitost in zmogljivost pri različnih športih.....	12
2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNO VPRAŠANJE.....	17
2.1 Cilji.....	17
2.2 Hipoteze.....	17
3 METODE DELA IN MATERIALI .....	18
3.1 Vzorec.....	18
3.2 Raziskovalni načrt in potek raziskave .....	18
3.3 Testna baterija, uporabljeni pripomočki in merski instrumentarij .....	20
3.4 Analiza podatkov .....	24
4 REZULTATI.....	26
4.1 Meritve antropometričnih lastnosti, gibljivosti in moči .....	26
4.2 Meritve plavalnih sposobnosti.....	31
4.3 Meritve dihalnih sposobnosti.....	34
5 RAZPRAVA .....	40
6 ZAKLJUČEK .....	46
7 VIRI .....	48

## KAZALO SLIK

Slika 1: Potek projekta in raziskave .....	20
Slika 2: Buteykov test kontrole premora – izvedba .....	23
Slika 3: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>obseg trebuha pri vdihu</i> (cm) .....	28
Slika 5: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>gibljivost ramenskega obroča – desno</i> (cm) .....	29
Slika 6: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>funkcionalna gibljivost spodnjega dela trupa</i> (cm).....	30
Slika 7: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>čas plavanja 50–100 m</i> (s) ..	33
Slika 8: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>čas plavanja 0–100 m</i> (s) ..	33
Slika 9: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>razmerje med FEV1 in FEVC</i> .....	36
Slika 10: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>Buteykov test</i> (s) .....	36
Slika 11: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>TTCO<sub>2</sub></i> (s) .....	37
Slika 12: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>maksimalna vdišna moč</i> (cmH <sub>2</sub> O).....	38
Slika 13: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke <i>maksimalen vdišni tok</i> (l/s) .....	39

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Značilnosti vzorca preiskovancev (pred intervencijo) .....	18
Preglednica 2: Antropometrične lastnosti in nekatere gibalne sposobnosti pred in po desetdnevni intervenciji (normalno porazdeljene spremenljivke) .....	26
Preglednica 3: Antropometrične lastnosti in nekatere gibalne sposobnosti pred in po desetdnevni intervenciji (spremenljivke, ki niso normalno porazdeljene).....	30
Preglednica 4: Učinek desetdnevne intervencije na plavalne sposobnosti (normalno porazdeljene spremenljivke) .....	31
Preglednica 5: Učinek desetdnevne intervencije na dihalne sposobnosti (normalno porazdeljene spremenljivke).....	34
Preglednica 6: Učinek desetdnevne intervencije na dihalne sposobnosti (spremenljivke, ki niso normalno porazdeljene).....	37



## SEZNAM KRATIC

BCP	Buteyko control pause test, Buteykov test kontrole premora
CO <sub>2</sub>	ogljikov dioksid
DPPV	dolžina preplavana pod vodo
DRS	dolžina drsenja po odzivu s stene
DV	dihalni volumen
FEV1	forced expiratory volume in first second, forsiran volumen zraka v prvi sekundi
FEV1/FEVC	razmerje med FEV1 in FEVC
FEVC	forced expiratory vital capacity, forsirana izdišna vitalna kapaciteta
FGSDT	funkcionalna gibljivost spodnjega dela trupa
FVC	forced vital capacity, forsirana vitalna kapaciteta
H <sup>+</sup>	vodikov ion
IC	inspiratory capacity, vdišna kapaciteta
IM	izdišne mišice
IV	inspiratory volume, vdišni volumen
MEP	maximal expiratory pressure, maksimalni izdišni pritisk
MIP	maximal inspiratory pressure, maksimalni vdišni pritisk
O <sub>2</sub>	kisik
OP	obseg pasu
OPK	obseg prsnega koša
PB_PNV	preidicirana normalna vrednost testa Powerbreathe
PEF	peak expiratory flow, maksimalen izdišni tok
PIF	peak inspiratory flow, maksimalni vdišni tok
RS	Republika Slovenija

SBC	single breathe count, čas štetja po enkratnem vdihu
S-index	inspiratory muscle strenght, maksimalna vdišna moč
TM	telesna masa
TTCO <sub>2</sub>	test tolerance na CO <sub>2</sub>
TV	telesna višina
UP FVZ	Univerza na Primorskem Fakulteta za vede o zdravju
VC	vital capacity, vitalna kapaciteta
VIM	vadba izdišnih mišic
VM	vdišne mišice
VO <sub>2</sub> max	maksimalna aerobna kapaciteta
VUT	vzdržljivost v moči mišic upogibalk trupa
VVM	vadba vdišnih mišic
ZaDih	čas zadrževanja diha

## 1 UVOD

Proces dihanja ima za človeka bistveno širšo funkcijo, kot je le oskrba s kisikom (v nadaljevanju O<sub>2</sub>) (Bajrović, 2015). Predvsem med intenzivno telesno aktivnostjo, ko se presnovna dejavnost celic v organizmu spremeni, se poudarek njegove vloge obrne v smer odstranjevanja stranskega produkta, ogljikovega dioksida (v nadaljevanju CO<sub>2</sub>) (Bajrović, 2015), kar je ključno pri zakasnitvi utrujenosti (Katch, McArdle in Katch, 2011). Omenjeni avtorji izpostavljajo kot pomembno funkcijo dihalnega sistema še regulacijo vodikovega iona (v nadaljevanju H<sup>+</sup>) pri vzdrževanju acidobaznega ravnovesja. Človeško telo z namenom sproščanja energije uporablja O<sub>2</sub> za razgradnjo goriva na osnovi ogljika, čigar stranski produkt sta CO<sub>2</sub> in voda (McConnell, 2011). Namen dihanja je izmenjava O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub> med zrakom iz okolja in kapilarami v pljučih (Bajrović, 2015). Ko O<sub>2</sub> preko difuzije preide v kapilarno kri, je lahko prenesen v vsako celico v telesu, ki tako dobi O<sub>2</sub> za svojo presnovo, dodaja omenjeni avtor. Proces celične presnove, kjer se pri sproščanju energije iz telesnih energijskih zalog porablja O<sub>2</sub>, mora biti med vadbo višji, da sledi zahtevam telesa (Katch idr., 2011). Omenjeni vir navaja, da se mora zaradi odstranjevanja večje količine CO<sub>2</sub> povečati tudi pljučna ventilacija. McConnell (2011) pravi, da pride do sprememb, ki povzročijo zadihanost, povečano zaznavanje napora in prezgodnjo utrujenost, če telo tega ne more vzdrževati.

### 1.1 Struktura in delovanje dihalnega sistema

Dihalni sistem sestavljajo strukture, ki vodijo zrak v pljuča (nos, usta in dihalne poti), sama pljuča in strukture, ki obdajajo pljuča (prsna votlina, vključno s prsnim košem) (McConnell, 2011). Vir navaja, da je desna stran pljuč sestavljena iz treh režnjev, medtem ko leva stran sestoji iz dveh, kar omogoča umestitev srca v prostor med režnje.

Zrak vstopa skozi nos in usta, potuje v žrelo, skozi glotis in po sapniku navzdol, kjer nadaljuje pot v levi in desni primarni bronhij, od tam pa po razvejanih strukturah dihalnih poti do alveolov (McConnell, 2011). Alveoli so zbirke elastičnih, tankih, membranoznih zračnih vrečk, podobnih grozdu, ki so skoraj v celoti obdane z gosto mrežo kapilar (Katch idr., 2011; McConnell, 2011). Avtorji navajajo, da je to vitalna površina za izmenjavo plinov (O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub>) med pljuči in krvjo. McConnell (2011) dodaja, da so področja pljuč brez alveolov znana kot prevodna območja, območja z alveoli pa kot respiratorna območja. Opisuje, da so širše dihalne poti podprte z obročki, ki preprečujejo kolaps oziroma zožitev dihalnih poti, okoli ožjih dihalnih poti pa so manjše obročkaste mišice, ki so po navadi sproščene, ob kontrakciji pa zožijo dihalno pot. Površina alveolov je velika med 60 m<sup>2</sup> in 80 m<sup>2</sup>, kar omogoča učinkovito in hitro izmenjavo plinov v pljučih, še posebej med povečano telesno aktivnostjo, ko je potreba po O<sub>2</sub> večja (Katch idr., 2011; McConnell, 2011). Katch idr. (2011) in Bajrović (2015) navajajo, da v mirovanju alveole zapusti približno 250 ml O<sub>2</sub>, v alveole pa iz krvi preide približno 200 ml CO<sub>2</sub>, medtem ko je izmenjava pri treniranih vzdržljivostnih športnikih lahko 20-krat večja. Da lahko pljuča sledijo metabolni potrebi telesa, je velika izmenjevalna površina med alveoli in kapilarami ključna (McConnell, 2011). Avtor trdi, da je evolucija poskrbela za ekstremno učinkovit razvoj

organa za izmenjavo O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub>, tako učinkovitega, da difuzija v pljučih ni omejitveni dejavnik transporta O<sub>2</sub> do celic.

### 1.1.1 Dihalni volumni in dihanje med vadbo

Sposobnost pljuč se ocenjuje glede na dosežen največji volumen in proizveden zračni tok, meritve teh parametrov in spremembe prostornine pljuč med dihanjem pa merimo s spirometrom ali zapišemo s spirografom (Bajrović, 2015, McConnell, 2011). V mirovanju oseba izkorišča le del celotne pljučne prostornine, imenujemo jo dihalni volumen (angl. tidal volume – v nadaljevanju DV) (McConnell, 2011). Bajrović (2015) poleg DV kot statične pljučne volumne navaja še vdišni in izdišni rezervni volumen ter rezidualni volumen. Avtor opisuje, da je rezervni volumen največji volumen zraka, ki ga lahko vdihnemo ali izdihnemo po sproščenem vdihu oziroma izdihu, rezidualni volumen pa je volumen zraka, ki ostane v pljučih po največjem izdihu. To je približno 1–2 litra zraka; gre za zrak, ki ostane ujet v dihalih in ga ni možno izdihniti, še dodaja Bajrović (2015). McConnell (2011) pravi, da dobimo, ko seštejemo DV, rezervni vdišni in rezervni izdišni volumen, vitalno kapaciteto, ki jo dosežemo z največjim možnim vdihom in največjim možnim izdihom. Dodaja, da je to volumen, ki ga lahko oseba koristi glede na potrebe telesa. Vitalno kapaciteto Bajrović (2015) uvršča med pljučne kapacitete, funkcionalno pomembne vsote statičnih volumnov. V to skupino uvršča še totalno pljučno kapaciteto – vsoto vseh pljučnih volumnov, funkcionalno rezidualno kapaciteto – volumen zraka, ki ostane v pljučih po normalnem izdihu, in vdišno kapaciteto, ki predstavlja vsoto dihalnega volumna in vdišnega rezervnega volumna. Režonka (2014) v to skupino dodaja še izdišno kapaciteto, ki predstavlja volumen zraka, ki ga lahko izdihnemo po normalnem vdihu.

V mirovanju odrasla oseba opravi povprečno 12 vdihov na minuto z volumnom približno 0,5 litra, kar predstavlja 6 litrov predihanega zraka na minuto (minutni volumen) (Bajrović, 2015; Katch idr., 2011). DV je odvisen od velikosti osebe in hitrosti presnove, kar pomeni, da večje osebe z večjimi pljuči opravijo večji vdih in porabijo več energije ter O<sub>2</sub> za podporo metabolizma, posledično je njihov minutni volumen dihanja večji (McConnell, 2011).

Povečanje globine, frekvence dihanja ali obojega hkrati poveča minutni volumen dihanja (Katch idr., 2011). Omenjeni vir navaja, da se med povečano intenzivnostjo vadbe frekvenca dihanja pri zdravi mlajši odrasli osebi poveča na 35 do 45 vdihov na minuto, medtem ko vrhunski športniki pogosto dosežejo frekvenco 60 do 70 vdihov na minuto. Dodaja, da DV med intenzivno aktivnostjo naraste na več kot 2 litra, kar povzroči dvig minutnega volumna na 100 litrov, pri dobro treniranih vzdržljivostnih moških športnikih pa lahko med največjo obremenitvijo znaša 160 litrov. Tudi McConnell (2011) navaja dvig DV na 3 do 4 litre (od 120 do 160 l/min) pri telesno aktivni mladi osebi, še več, pri olimpijski klasi moških vzdržljivostnih atletov DV naraste na 5 litrov, kar predstavlja od 250 do 300 l/min. Tudi pri tako povečani minutni ventilaciji DV redko preseže 55 % do 65 % vitalne kapacitete (Katch idr., 2011).

Pljuča so le del sistema, ki dostavlja O<sub>2</sub> in odstavlja CO<sub>2</sub> iz telesa, dihanje pa vključuje mišice in te mišice so del sistema, ki se prilagaja treningu (McConnell, 2011). Za ohranjanje stabilne

koncentracije plinov v alveolih se med vadbo frekvenca in globina diha povečata (Katch idr. 2011), kar zahteva močnejše in hitrejše krčenje dihalnih mišic (v nadaljevanju DM) (McConnell, 2011). V mirovanju so izdišne mišice (v nadaljevanju IM) pasivne, med vadbo pa pomagajo pri povečanju DV in izdišnega toka, pravi Bajrović (2015). Kljub temu je pri vseh intenzivnostih vadbe večina dela opravljena s strani vdišnih mišic (v nadaljevanju VM), saj k izdihu pripomore shranjena elastična energija pljuč in prsnega koša (McConnell, 2011). Avtor zaključuje s povzetkom, da so v zadnjih raziskavah ocenili, da zahteva delovanje VM med maksimalno obremenitvijo pri vadbi kar 16 % razpoložljivega O<sub>2</sub>, kar pove, kako naporno je lahko dihanje.

Dihanje je nadzorovano s strani dihalnega centra v možganskem deblu, ki sprejema skupek informacij iz ogromnega števila virov, kot so kemoreceptorji za O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> in H<sup>+</sup>, mehanoreceptorji v pljučih in sklepih, DM, receptorji v srčno-žilnem sistemu itn. (Costanzo, 2018). Omenjeni vir pravi, da je hotena kontrola dihanja (zadrževanje diha in hotena hiperventilacija) nadzorovana iz cerebralnega korteksa, ki lahko začasno preglasi možgansko deblo. Ta isti vir dodaja, da sta najpomembnejša faktorja kontrole dihanja arterijski parcialni tlak O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> ter arterijska pH vrednost. Ko pride do povečanja arterijskega parcialnega tlaka CO<sub>2</sub>, kontrolni center dihanja pošlje eferentne informacije DM, ki se odzovejo s povečano ventilacijo in tako zagotovijo uravnavanje koncentracije obeh plinov (Bajrović, 2015). Pri povečani koncentraciji CO<sub>2</sub> v telesu človek zazna občutek neudobja in prav ta faktor je najpomembnejši pri vplivu na dihalno strategijo (McConnell, 2011). Takrat telo zahteva tudi več O<sub>2</sub> (Costanzo, 2018). Na začetku, med nižjo intenzivnostjo, se povečuje DV, ker oseba izdihuje nekoliko globlje (izkoriščanje rezervnega izdišnega volumna), a se to hitro zamenja z globljim vdihom (vdišni rezervni volumen) (McConnell, 2011). Avtor opisuje, da sčasoma senzorni odziv dihalnemu centru sporoči večje povečanje frekvence dihanja kot DV. Dodaja, da se večje zanašanje na frekvenco dihanja zaradi povečanja minutne ventilacije pri visoki intenzivnosti vadbe pojavi zaradi neudobja pri povečevanju DV in opisuje, da ko se DV povečuje, se povečuje tudi zahteva po večji moči vdišnih mišic za širitev prsnega koša, saj postanejo prsni koš in pljuča pri večji razširjenosti bolj toga in jih je težje razširiti. Večja vdišna moč pomeni več napora in večje dihalno neugodje, pravi Katch s sodelavci (2015) in dodaja, da je visoko povečanje minutne ventilacije pri laktatnem pragu ključno v sistemu zmanjševanja negativnega vpliva laktatne kisline na mišično funkcijo in utrujenost.

### **1.1.2 Struktura in funkcija dihalnih mišic**

DM so vse tiste mišice, ki kakor koli pomagajo pri dihanju, tako pri vdihu kot izdihu, in tvorijo semirigidni (poltrdi) meh okoli pljuč (McConnell, 2011). Avtor dodaja, da imajo vse mišice, ki se naraščajo na prsni koš, potencial proizvodnje dihalne akcije.

Vdih je aktiven proces, med katerim se volumen prsnega koša in pljuč zaradi krčenja vdišnih mišic poveča (Bajrović, 2015). Glavna vdišna mišica je diafragma (trebušna prepona) (Bajrović, 2015; McConnel, 2011; Costanzo, 2018), ki ločuje prsno in trebušno votlino in se pripenja na spodnji rob reber in ledvena vretenca hrbtenice (McConnell, 2011). Med njenim krčenjem se njena »kupola« splošči in spusti navzdol proti trebušni votlini (Bajrović, 2015;

Katch idr., 2011; McConnell, 2011; Costanzo, 2018), kar poveča volumen v prsni votlini in povzroči negativen pritisk, ki je proporcionalen obsegu njenega premika in sili kontrakcije (McConnell, 2011). To povzroči pretok zraka v pljuča (Costanzo, 2011). McConnell (2011) dodaja, da se ob premiku diafragme navzdol proti trebušnemu predelku poveča tudi intraabdominalni pritisk, kar pomaga trebušnim mišicam pri stabilizaciji hrbtenice. Ob premiku diafragme se premika tudi rebri lok, in sicer v smeri navzgor in v stran, kar poveča tudi prečni presek prsnega koša (Costanzo, 2011). Temu pripomorejo interkostalne (medrebrne) mišice, ki potekajo med sosednjimi rebri v dveh plasteh, VM in IM (Bajrović, 2015; McConnell, 2011). Zunanja plast, to so VM, poteka v smeri navzdol in naprej ter s kontrakcijo povzroči premik reber navzgor in navzven (McConnell, 2011). Omenjeni vir dodaja, da kontrakcija teh vlaken s togostjo vpliva tudi na stabilnost prsnega koša in pomaga pri rotacijskih gibih. Navaja, da to gibanje in stabilizacija prsnega koša prepreči stisk prsnega koša zaradi negativnega pritiska ob premiku diafragme in tako zagotovi učinkovitejši dih. Na koncu še doda, da se interkostalne mišice aktivirajo in povzročijo bolj tog prsni koš tudi pri gibih, kot so dviganje, potiskanje in vleka, in tako pomembno pripomorejo k izvedbi teh gibanj. Pri povečanem naporu pripomorejo k vdihu tudi pomožne vdišne mišice, mišice scaleni in sternocleidomastoideus (Bajrović, 2015; Costanzo, 2018), ki se pripenjajo na ključnico in zgornja rebra na eni strani ter vratna vretenca in procesus mastoideus na drugi (Bajrović, 2015; McConnell, 2011). McConnell (2011) pravi, da te mišice ob kontrakciji dvignejo zgornji rob prsnega koša.

Izdih je med mirnim dihanjem pasiven proces (Bajrović, 2015, Costanzo, 2018). Bajrović (2015) navaja, da se, ko se vdišne mišice sprostijo, prsni koš in pljuča zaradi elastičnosti in razlike med atmosferskim in pljučnim pritiskom vrnejo v ravnotežni (mirovni) položaj. Med naporom, boleznijo ali forsiranimi dihalnimi manevri, ko je pretok zraka omejen, pa izdih postane aktiven (Bajrović, 2015, McConnell, 2011; Costanzo, 2018). Omenjeni avtorji kot najpomembnejše izdišne mišice navajajo mišice trebušne stene, rectus abdominis, transversus abdominis ter internal in external oblicus (McConnell, 2011). Slednji avtor opisuje, da te med krčenjem potegnejo spodnje robove prsnega koša navzdol ter stisnejo trebušni predelek in tako povzročijo povečanje notranjega (trebušnega) pritiska. Ta potiska diafragmo navzgor v prsno votlino, kar povzroči povečanje pritiska v njej in posledično izdih (Bajrović, 2015, Katch idr. 2011; McConnell, 2011; Costanzo, 2018). Aktivnemu izdihu pomaga tudi krčenje notranjih (izdišnih) medrebrnih mišic, ki vlečejo rebra navzdol in navznoter in tako zmanjšujejo volumen prsnega koša (Bajrović, 2015).

Mišice trebušne stene igrajo veliko vlogo kot posturalne (stabilizacijske) mišice (Finta, 2020) pri rotaciji in upogibu trupa ter pri kašljanju, govorjenju in igranju instrumentov (McConnell, 2011). Omenjeni vir navaja, da kompresija in togost trebušnih mišic vplivata tudi na optimizacijo položaja diafragme na začetku vdihavanja ter posledično pripomoreta k stabilizaciji hrbtenice in kontroli drže (Finta, 2020, McConnell, 2011). Interkostalne mišice sodelujejo tudi pri upogibu in rotaciji trupa (Calais-Germain, 2007), kar je pri gibalnih aktivnostih zelo pomembno (McConnell, 2011).

McConnell (2011) omenja pomembno dejstvo, in sicer da so diafragma in VM prsnega koša sestavljene v 80 %, IM prsnega koša pa v 100 % iz mišičnih vlaken tipa I, kar pomeni, da so le-te počasne in relativno šibke, a zelo vzdržljive. Dodaja, da so diafragma in dihalne mišice prsnega koša obložene z velikim številom arterij, kar omogoča dobro zaščito pred utrujenostjo, saj zagotavljajo dobro prekrvavljenost, dovajanje substratov in odplavljanje metabolnih stranskih produktov.

## **1.2 Omejitveni dejavniki dihanja in omejitve zmogljivosti zaradi dihalnih mišic**

Dihanje je lahko omejitveni dejavnik vadbene zmogljivosti na dveh področjih, in sicer na področju DM in mišic zgornjih dihalnih poti (McConnell, 2011).

### **1.2.1 Dihalne mišice**

Kot pri ostalih skeletnih mišicah je lahko fizično delo DM med črpanjem zraka v in iz pljuč ogromno, kar vpliva tako na zaznani napor kot na zahteve krvnega obtoka po pretoku krvi (Katch idr., 2011, McConnell, 2011). McConnell (2011) pravi, da bi si lahko predstavljali, da je utrujenost obeh skupin mišic vedno enaka, a je potrebno upoštevati, da je delo VM vedno večje od dela IM, da je stanje mišic različno (IM sodelujejo pri posturalnih aktivnostih in se tako krepijo) ter da različni načini vadbe obremenijo VM in IM v različnem obsegu. Omenjeni vir dodaja, da so raziskave že pokazale, da se pri naporni vadbi utrujenost najbolj pokaže pri VM in diafragmi, medtem ko utrujenost IM ni tako dobro raziskana, izsledki pa so kontradiktorni in nekoliko begajoči. V raziskavah se je po maratonu in triatlonu pokazala utrujenost VM in ne IM (Ross, Middleton, Shave, George in McConnell, 2008), pri veslanju na 2000 m pa se je pokazala utrujenost obeh skupin mišic (Volianitis, McConnell, Koutedakis in Jones, 2001). Pri kolesarjenju, kjer so bile meritve opravljene v laboratorijskem okolju, so zaznali pojav utrujenosti IM, a se je ta pojavila le pri specifičnih načinih vadbe (Johnson, Sharpe in Brown, 2007). Avtorji navajajo, da se je to zgodilo v pogojih maksimalne obremenitve in tam, kjer so imele IM ključno vlogo pri stabilizaciji trupa in tranziciji propulzivne sile trupa, kot na primer pri veslanju in kolesarjenju. Kaže na to, da so VM bolj obremenjene kot izdišne glede na to, da so bolj aktivne pri več različnih gibanjih. McConnell (2011) po raziskavah povzema, da so pri kolesarjih uspeli dokazati tudi vpliv utrujenosti na zmogljivost, saj so po predhodnem utrujanju kolesarji zdržali 23 % manj časa in začutili večji napor pri maksimalnem kolesarjenju. Dodaja, da so tudi po utrujanju IM kolesarji zdržali 33 % manj časa, pospešili dihanje in povečali napor nog pri visoki intenzivnosti, vendar je pri teh raziskavah potrebno upoštevati, da utrujanje mišic z izdihom proti uporju ne učinkuje le na izdišne, ampak tudi na VM, ker so le-te vključene v prenos izdišnega tlaka.

Preučevali so tudi vpliv dela VM na pretok krvi pri maksimalni obremenitvi na cikloergometru. V raziskavi je Herms s sodelavci (1997) ugotovil, da se je pri zmanjšanju dela VM s pomočjo ventilatorja (hlajenja) krvni pretok povečal, pri dodatni obremenitvi ob vdihu pa se je pretok krvi v nogah zmanjšal, žile pa so se napram nižji obremenitvi zožale. Do vazokonstrikcije pride zaradi refleksa, povzročena v vdišnih mišicah, imenovanega vdišni mišični metaborefleks

(Sheel idr., 2002). McConnell (2011) opisuje metaborefleks kot odziv na akumulacijo metabolnih stranskih produktov, kot je laktatna kislina, povzroči pa zmanjšanje pretoka krvi v mišice. Pravi, da se tako zmanjša vnos O<sub>2</sub> in omogoči odplavljanje metabolitov iz obremenjenih mišic, rezultat tega pa je hitrejša utrujenost mišic in zmanjšana vadbeno učinkovitost. Omenjeni vir še navaja, da metaborefleks razumemo kot obrambni mehanizem, ki z namenom preprečiti katastrofalno raven dihalne utrujenosti prisili človeka, da se umiri. McConnell (2011) še pravi, da je zaznavanje napora pri vseh skeletnih mišicah enako; sedaj lahko vidimo, kako lahko slabost, utrujenost ali krepitev DM modulira zaznavanje dihalnega napora. Nazadnje omenja, da zaznani napor športniki uporabljajo kot znak za tempo in v primeru nevzdržnega napora pri določeni intenzivnosti to vodi v zmanjšanje tempa.

### **1.2.2 Mišice zgornjih dihalnih poti**

Mišice zgornjih dihalnih poti, mišice, ki nadzorujejo glasilke, so prav tako pomembne pri dihanju, pravi McConnell (2011). Navaja, da se pri sproščenem dihanju ožanje zgodi zaradi sproščanja abduktornih mišic, s čimer je kontrolirana frekvenca dihanja, dolžina izdiha napram vdihu in izdišni volumen. Avtor še dodaja, da so pri povečani aktivnosti in dihanju te mišice aktivnejše in se lahko po dolgotrajnem intenzivnem delu utrudijo, kar povzroči zožanje dihalnih poti in tako povečano upornost dihanja.

Mišice zgornjih dihal morajo delovati usklajeno z DM, da bi zmanjšale upor zgornjih dihalnih poti (McConnell, 2011). Omenjeni vir pravi, da kljub temu, da ni raziskav, ki bi spremljale učinek vadbe na utrujenost mišic zgornjih dihalnih poti, obstajajo dokazi, ki kažejo na dejstvo, da lahko vadba zmoti normalno usklajenost funkcije teh mišic in pride do povečanja upora dihalnih poti, kot na primer pri kronični obstruktivni pljučni bolezni (Wylegala, Pendergast, Gosselin, Warkander, in Lundgren, 2007). Najpogosteje se to opazi kot vdišno piskanje, ki je rezultat nezmožnosti odmika glasilk pri vdihu, še dodaja McConnell (2011). To povzroči veliko povečanje dela vdišnih mišic, poveča se intenzivnost dihalnega dela, lahko pride do metabolne in respiratorne acidoze (Chien, Wu, Lee, Chang in Yang, 2009; Couser, in Berman, 1989) ter do povzročitve nenadne intolerance na vadbo oziroma padca v učinkovitosti športnika (McConnell, 2011).

### **1.2.3 Omejitve zmogljivosti dihalnih mišic pri plavanju**

Različni športi imajo različne zahteve glede dihanja, kontrole drže in stabilizacije trupa, za kar skrbijo mišice trupa, pravi McConnell (2011) in dodaja, da mora biti pri nekaterih športih to storjeno usklajeno, v nasprotnem primeru lahko pride do izgube pravilnega položaja drže in povečanja možnosti za poškodbe. Pri plavanju na primer vsa mišična struktura trupa pomaga pri gibanju telesa, in sicer pri propulzivnih momentih (Vašičkova idr., 2017). Naloge dihalnih mišic morajo biti pri tem upoštevane v vseh kontekstih, saj vsak aspekt pripomore k uspešnosti, poleg tega so mišice, ki imajo več vlog hkrati, dovetnejše za pojav utrujenosti (McConnell, 2011). Omenjeni vir pravi, da je poleg tega delo dihalnih mišic zaradi onemogočenega normalnega dihanja, ki je posledica okolja ali položaja telesa, še večje, kar še dodatno poveča tveganje za pojav utrujenosti, posledično pa se omeji učinkovitost vadbe.



Vodno okolje je za dihalne mišice eno izmed zahtevnejših, tekmovalno plavanje pa za dihalne mišice predstavlja enega izmed največjih izzivov (McConnell, 2011). Lomax in McConnell (2003) sta pokazala, da plavanje povzroča najhujšo utrujenost med športi, in sicer povzroči 29-% padec moči VM po vadbi napram »kopenskimi« športom, kjer je padec med 10 % in 20 %. Še več, utrujenost je bila povzročena po 200 m plavanja (2,5 min in 70 vdihov) pri 90 %–95% tekmovalne hitrosti.

Obstaja kar nekaj razlag, zakaj je plavanje zahtevno. Prva je ta, da dihanje s prsnim košem potopljenim pod vodo zahteva večjo silo VM zaradi dodatnega premagovanja hidrostatske sile vode (Wylegala, Pendergast, Gosselin, Warkander, in Lundgren, 2007). McConnell (2011) pravi, da so poleg tega VM 16 % šibkejši v vodoravnem položaju napram navpičnemu. Druga razlaga pravi, da vzorec dihanja zahteva visoko stopnjo mobilnosti telesa z namenom minimaliziranja negativnega vpliva dihanja na mehaniko zaveslaja (Lomax in Castle, 2011, Leahy idr., 2019). McConnell (2011) pojasnjuje, da si plavalci zaradi boljše hidrodinamike prizadevajo zmanjšati število vdihov in čas, ko je glava izven vode, zato morajo vdihniti hitro in s čim večjim volumnom (Leahy idr., 2019). McConnell (2011) in Leahy s sodelavci (2019) dodajajo, da to pomaga plavalcu ohraniti minutno ventilacijo in tudi visoko pozicijo telesa z ohranjanjem vzgona. Tak vzorec dihanja poveča relativno delo dihanja in intenzivnost dihalnega napora zaradi oslabitve funkcionalnosti VM, povzročene zaradi velikega volumna in hitrega tempa vdihov, še dodaja McConnell (2011). Zmanjšanje števila vdihov na minimum je lahko kompromis z dostavo O<sub>2</sub> in odstranitvijo CO<sub>2</sub> (Jakovljevič in McConnell, 2009). Na primer med maksimalnim plavanjem kravla na 200 m, ko je čas med vdihovi povečan (število zaveslajev med vdihovi je večje), se spremeni rezultat v dostavljanju O<sub>2</sub> in odstranjevanju CO<sub>2</sub>, kar vodi v povečanje utrujenosti VM, navajata avtorja. To je nekoliko nasprotujoče, ker se znižanje frekvence dihanja kaže v povečanju utrujenosti VM. McConnell (2011) navaja, da je poleg tega z nižjo frekvenco dihanja koncentracija laktata paradoksalno nižja, srčni utrip in frekvenca zaveslaja sta večja, plavalni čas pa značilno počasnejši. Dodaja, da vse to kaže, da sta zaradi ne dovolj intenzivnega dihanja dostava O<sub>2</sub> in odstranitev CO<sub>2</sub> ogrožena ter da obstaja prag, pri katerem je lahko učinek zmanjšanja dihanja med plavanjem neugoden. Če povzamemo, plavanje prisili VM k delu na robu njihovih zmogljivosti. Poleg tega pride pri plavalcih med plavalnim zaveslajem do aktivacije DM, kar pomeni, da so te mišice podvržene konkurenčnim zahtevam dihanja in gibanja (McConnell, 2011). Ta funkcionalna preobremenjenost pripomore k izredni utrujenosti VM, še dodaja omenjeni avtor.

#### **1.2.4 Koristi izvajanja funkcionalne vadbe dihalnih mišic**

Tong, McConnell, Lin, Nie, Zhang in Wang (2016) navajajo, da morajo biti zaradi več nalog mišic trupa te mišice trenirane funkcionalno in ne le izolirano. Za optimalno treniranost mora biti na primer diafragma, ki ima tudi stabilizacijsko vlogo, trenirana v kontekstu, ki bo izzval stabilnost trupa (McConnell, 2011). V raziskavi Tonga in sodelavcev (2016) so pri vadbi moči trupa in hkratni vadbi vdišnih mišic (v nadaljevanju VVM; »funkcionalna VVM«) dokazali dodatno izboljšanje v vzdržljivostnem plank testu (stabilizaciji trupa) ter ekonomičnosti in učinkovitosti teka. Tudi Faghy in Brown (2019) sta zaznala večje izboljšanje učinkovitosti hoje z nošenjem dodatnega bremena po vadbi mišic trupa in hkratni obremenitvi vdihov. Čeprav sta

raziskavi opravljeni na kopnem, lahko predvidevamo, da bo tudi v vodnem okolju učinek vadbe z dodatno obremenitvijo VM večji. Omenjeni vir navaja, da je kljub temu vloga izolirane vadbe pomembna za zagotovitev temeljev, z njo se normalizirajo predhodni vzorci gibalne aktivacije mišic (na primer transversus abdominis), vključenih v avtomatske prilagoditve drže. Torej, izolirana hotena vadba mišic, vključenih v avtomatsko predvideno posturalno prilagoditev, vodi v izboljšanje kompleksnih avtomatskih nadzornih strategij, še zaključuje omenjeni vir.

### **1.3 Dopolnilne metode plavalnega treninga in podenote dihalnega treninga**

Obstajajo različne dopolnilne metode k športnospecifičnim treningom, ki pomenijo dodano vrednost pri tekmovalni učinkovitosti. Te metode se lahko uporabijo tudi v obdobju počitka z namenom ohranjanja ali izboljšanja gibalnih sposobnosti oziroma fizioloških zmogljivosti ter posledično športne učinkovitosti (Lopes, Neiva, Goncalves, Nunes in Marinho, 2020). Plevnik (2021) pravi, da lahko praktični vidik pridobivanja plavalnih veščin ohranimo ali celo izboljšamo (Lopes, 2020) s prilagojenimi vajami in tehnikami, ki jih lahko plavalci izvajajo na suhem, kar lahko pripomore k hitrejšemu napredku v vodi. Omenjeni vir navaja, da to vključuje vaje za razvoj nekaterih plavalnospecifičnih vrst gibalnih sposobnosti (mobilnost, moč, stabilizacija itd.), vaje, namenjene razvoju fizioloških sposobnosti (npr. vadba dihalne tehnike in kapacitete), in vaje, ki simulirajo pravilno izvedbo posameznih faz plavalne tehnike ali tehniko v celoti.

Mišična moč močno vpliva na učinkovitost v sprintu plavanja. Pokazala se je značilna povezanost med mišično močjo zgornjega dela telesa in hitrostjo plavanja na kratke razdalje (Naczk, 2017); prav tako se je pokazalo izboljšanje učinkovitosti plavanja na 50 m in 100 m ter drugih parametrov (Lopes idr., 2020). Kljub vsemu pa se izboljšanja na suhem vedno ne prenesejo na sposobnost plavanja. Pozitiven transfer je najverjetneje odvisen od specifičnosti treninga (Naczk, 2017).

Izkazalo se je, da kratkotrajna pliometrična vadba skokov, integrirana v plavalni trening, vpliva na izboljšanje rezultata plavanja. Ugotovili so vpliv osemtedenskega programa pliometričnega skakalnega treninga na mišično moč in učinkovitost plavanja pri desetletnih moških plavalcih. Rezultati po intervenciji (30 min dvakrat tedensko) so pokazali izboljšanja pri plavanju z nogami na 25 m in plavanju na 50 m ter plavanju na 15 m in 25 m kravl (Sammoud idr., 2019).

Naczk je s sodelavci (2017) preučeval učinek štiritedenskega »suhega« inercijskega treninga na mišično silo, moč in plavalno učinkovitost pri 16-letnih reprezentančnih plavalcih. Rezultati po intervenciji trikrat tedensko, kjer so trenirali gib zaveslaja pri tehniki kravl in delfin, so pokazali povečanje v proizvedeni mišični sili in moči ter povečanje hitrosti plavanja na 100 m v tehniki delfin in na 50 m v tehniki kravl.

Satoshi je s sodelavci (2016) pri elitnih 20-letnih plavalcih preučeval takojšen učinek vaj za stabilizacijo trupa (vadba globokih mišic trupa) na startno fazo pri plavanju. Povzeli so, da lahko stabilizacijske vaje pripomorejo k zmanjšanju časa na 5 m v startni fazi in tako izboljšajo plavalno učinkovitost.

Za učinkovito metodo vadbe DM se je izkazal trening moči in vzdržljivosti VM in IM. Vadba vdihla proti upor, obremenitev praga vdišnega tlaka, obremenitev praga izdišnega tlaka in hkratna obremenitev praga vdišnega in izdišnega tlaka se izvajajo s pripomočki, ki nudijo določen upor, in se izvajajo pri maksimalni intenzivnosti vdihla oziroma izdiha. Vzdržljivostna vadba DM se lahko izvaja brez ali s pripomočkom, a z nižjo obremenitvijo.

Vadba vdihla proti upor se izvaja s kakršnim koli pripomočkom, ki nudi upor pri vdihu (aparati z vzmetno sklopko, tulci različnih premerov, tulci z žogico,...) . Upor mora biti tak, da je dihanje oteženo, a še zmeraj lahko opravimo celoten vdih. Izdih je sproščen. Enako velja za vadbo izdišnih mišic (v nadaljevanju VIM).

Pri obremenitvi praga vdišnega ali izdišnega tlaka ter hkratne vadbe mora biti upor še toliko večji. Ta trening se izvaja s pripomočkom, ki omogoči vdih oziroma izdih šele, ko dosežemo določen nivo upora (submaksimalno).

Vadbo moči VM se izvaja z uporom 60 % maksimalnega vdišnega pritiska (Finta, Boda, Nagy, Bender, 2020). Avtorji opisujejo, da se izvede 30 vdihov dvakrat na dan, vadbo pa je potrebno izvajati vsaj štiri tedne.

Pri vzdržljivostnem treningu DM brez pripomočka se izvaja visok nivo ventilacije (»hotena izokapnična hiperventilacija«) od 60 % do 90 % intenzivnosti, ki lahko traja do 40 minut (3–5-krat/teden) in zahteva veliko motivacije vadečega (McConnell in Romer, 2004). Med izvedbo lahko pride do hipokapnije, zato se vmes izvaja cikle manj intenzivnega dihanja, da se v telo vrne nekaj CO<sub>2</sub>, opozarjata avtorja.

Na izboljšanje dihalnih zmogljivosti lahko vplivamo tudi z nekaterimi dihalnimi vajami, s katerimi povečamo pljučno kapaciteto, izboljšamo pozornost in vnesemo več energije v telo (Survival fitness plan, b. d.):

- Dihanje z nagubanimi ustnicami (poveča se učinkovitost distribucije O<sub>2</sub> po telesu): pri tem počasi vdihnemo skozi nos, nagubamo ustnice, kot da želimo dati poljub, in zelo počasi izdihnemo skozi usta. Čutiti moramo upor ustnic, izdih pa je dvakrat daljši od vdihla.
- Vaja za razvoj pljučne zmogljivosti (povečanje pljučne kapacitete): stojimo vzravnan s stopali na tleh v širini ramen in ohranjamo dobro držo. Izdihnemo normalno, na koncu izdiha zapremo usta in stisnemo nos ter vztrajamo pri zadrževanju diha za 5 s, nato odpremo usta in izdihujemo normalno še 5 s. V primeru občutka, da lahko izdihnemo še nekaj zraka, ponovno ponovimo vajo.
- Sedenje ob steni z globokim dihanjem (preprečimo plitko prsno dihanje, vadimo globok in dolg vdih): postavimo se v položaj čepa ob steni, postavimo roke predse, da segajo naprej, in dihamo z globokim vdihom ter izdihnemo največ zraka, kar je možno. Ohranjamo hrbet naslonjen na steno, tako bomo prisilili, da dihanje opravljajo diafragma in trebušne mišice.

- Trebušno »vdolbevanje« (vadimo dihalne vzorce, tehnike in izboljšujemo stabilizatorje trupa – zaradi učvrstitve mišic trupa in povečanja stabilnosti hrbtenice bo izdih veliko lažji): lahko stojimo vzravnano ali ležimo. Z izdihom poizkušamo stisniti in potegniti trebušne mišice, brez da premaknemo hrbtenico. Stisnemo na tak način, kot da bi popek posrkali v hrbtenico, ta položaj zadržimo 5 s in počasi vdihnemo.
- »Škatlasto dihanje« (namen je telo postaviti v mirovno stanje): vdihujemo globoko 4 s, zadržimo dih za 4 s, globoko izdihujemo 4 s, izpraznimo pljuča za 4 s, nadaljujemo tolikokrat, kolikor želimo.
- »Dihalni fartlek« (vaja za tiste, ki imajo težavo pri počasnem izdihu, pomaga vzpostaviti fleksibilnost, da lahko pljuča izvedejo različen tempo dihanja): vdihujemo počasi in globoko 5 s, nato izdihujemo počasi in globoko 5 s ter to nekajkrat ponovimo. Spremenimo tempo vdiha in to delamo 3 s, nato izdihujemo 3 s ter to ponovimo nekajkrat. Zaključimo z enim močnim vdihom in izdihom.
- »Pakiranje pljuč« (vaja za povečanje pljučne kapacitete – z namenom ostati pod vodo čim dlje pomaga izboljšati pljučno kapaciteto v mirovanju): opravimo tri dihe, da uskladimo dihanje na normalni tempo, s trebuhom vdihnemo globoko do polnosti, zapremo »glotis« in stisnemo nos ter medtem odpremo usta, brez da bi izdihnili zrak. »Vakimiramo« zrak s pomočjo jezika in lic, takoj ko odpremo usta, se napolnijo z zrakom. Potisnemo zrak navzdol po sapniku. Ponovimo nekajkrat, do občutka, da so pljuča popolnoma polna. Tako dolgo kot zmoremo, zadržimo zrak in ne silimo telesa, da zadrži zrak notri, izdihnemo, ko začutimo potrebo po dihu. To naredimo tri- do petkrat na dan.
- Trening zadrževanja diha (povečanje športnikove tolerance na pomanjkanje O<sub>2</sub> in izboljšana dostava O<sub>2</sub>) (Wilson, Perera, Saw, Hughes in Holt (b. d.): z zadrževanjem diha se povzroči hipoksija, ki je definirana kot pomanjkanje O<sub>2</sub> po telesu ali telesnem segmentu. Uporablja se za izboljšanje učinkovitosti v športnih disciplinah, kjer se zahteva visoka raven aerobne vzdržljivosti in kjer je dostopnost do zraka zmanjšana. Pri tem pa je potrebno paziti, saj lahko v ekstremih pride do izgube zavesti, zato se pri otrocih in starejših ne priporoča.
- Hipoventilacijski trening (Sheaff, 2021): začetni izdih je potrebno izvesti na naraven način takoj po vdihu. Ob izdihu mora še vedno ostati nekaj zraka v pljučih, ne poskušamo izdihniti vsega. Po izdihu je potrebno zadržati dih nekaj sekund. Pri intenzivnejši vadbi bo trajanje nekoliko krajše, pri manj intenzivni pa daljše. Zadrževanje naj traja od tri do pet sekund, nato lahko podaljšamo. Drugi izdih, ko začutimo potrebo po dihanju, naj bo oster. To bi moralo biti hitro in močno, občutek pa, kot da smo resnično izpraznili pljuča. Namen manevra ostrega diha je odstraniti CO<sub>2</sub>, ki

se je nabral v pljučih, kar omogoča ohranjanje intenzivnosti vadbe. Rezultati raziskav so pokazali, da se je učinkovitost plavanja na 100 m, 200 m, in 400 m po pettedenski 15-minutni intervenciji, ki se je izvajala dvakrat tedensko, izboljšala.

#### **1.4 Odziv dihalnih mišic na vadbo in njihovo delovanje**

Mišice se odzovejo na ponavljajočo se vadbo s spremembo svoje strukture, kar povzroči spremembo njihove funkcije (Katch idr., 2011). Omenjeni vir navaja, da se na primer pri premagovanju težkega bremena mišična vlakna povečajo in mišice postanejo močnejše, na drugi strani pa se, ko je mišica podvržena stalnim obremenitvam vadbe, zgodijo strukturne in biokemične prilagoditve mišičnih vlaken, ki povečajo vzdržljivost. Trening je lahko usmerjen v povečanje moči ali vzdržljivosti (McConnell, 2011). Pri povečanju moči gre za premagovanje večjega upora, pri vzdržljivosti pa za hiperventilacijo, trajajočo dlje časa, kjer niso vključene le vdišne, ampak tudi izdišne mišice, pravi omenjeni avtor.

V raziskavi Downey s sodelavci (2007) so po VVM opravili analizo mišičnih vlaken z biopsijo in ugotovili povečanje velikosti mišic, poleg tega so prepoznali še izboljšanje v vdišni moči in vzdržljivosti. Omenjeni vir ugotavlja, da se je pri zdravih mladih ljudeh debelina diafragme po od štirih do osmih tednih VVM proti uporju povečala za približno 12 %, po njihovih pričakovanjih se je tudi vdišna moč povečala, in sicer za 24 % po štirih tednih oziroma za 41 % po osmih tednih vadbe. Dodajajo, da je zanimivo to, da je bila sprememba v debelini mišice v obeh obdobjih enaka, kar kaže na to, da povečanje diafragme ni edini vir izboljšanja vdišne moči. Avtorji sklepajo, da se lahko poveča tudi zaradi izboljšanja v dodatnih mišičnih funkcijah in preko živčne adaptacije, saj živčna adaptacija vključuje tako povečano sposobnost koordinacije sinergističnih mišic kot tudi izboljšanje sposobnosti po največji aktivaciji posameznih mišic. V skladu s ključno vlogo diafragme pri kontroli drže in stabilizaciji trupa se je debelina diafragme in moč vdišnih mišic povečala tudi po vadbi, ki je vsebovala upogib trupa in komolca (dePaolo, Parker, Fadi-al-Bilbeisi in McCool, 2004). Avtor dodaja, da se je izdišna moč povečala za 37 %, kar je bilo pričakovano glede na to, da je rectus abdominis zelo pomembna izdišna mišica. Ti podatki poudarijo veliko povezanost dihalnih in posturalnostabilizacijskih funkcij mišic trupa ter podpirajo potencialne koristi funkcionalnega treninga vdišnih mišic (McConnell, 2011).

Dihalne mišice so zelo prilagodljive na ponavljajočo se vadbo in kažejo strukturne spremembe, ki sovpadajo z dobro uveljavljenimi dokazi glede vadbe mišic okončin (McConnell, 2011). Sprememba se kaže v izboljšanju moči mišic, hitrosti krčenja, vzdržljivosti ali v kateri koli kombinaciji omenjenega; vadba povzroči tudi hipertrofijo (Ramirez-Sermiento, 2002; McConnell in Romer, 2003, McConnell, 2011). McConnell (2011) navaja, da se mišice izredno specifično odzovejo na vadbeni stimulus (drugačen odziv na različne tipe vadbe/vadbeni režim), na primer vadba z visokim tlakom (največja statična kontrakcija) vodi v izboljšanje moči, vendar ne v izboljšanje hitrosti krčenja. Dodaja, da je nasprotno pri vadbi z visokim pretokom (največji vdih brez obremenitve). Omenjeni vir še navaja, da lahko vadba, usmerjena v povečanje mišične moči, povzroči izboljšanje v vzdržljivosti, ne pa obratno. Ko je vadba moči izvedena pri zmernih obremenitvah (60 % največje moči), omogoča hitro mišično krčenje in

poleg izboljšanja moči poveča še največjo hitrost krčenja (največji vdišni pretok) in največjo moč, pokazalo pa se je tudi izboljšanje v vzdržljivosti (Romer in McConnell, 2003).

Specifična VIM je ožje raziskana, primarno zato, ker je utemeljitev zanjo veliko šibkejša napram VVM, pravi McConnell (2011). Pri preverjanju preobremenitve DM ugotovitve kažejo, da se po obremenitvi VM pojav utrujenosti zdi običajen, kar ne pomeni za IM. Ross, Middleton, Shave, George in McConnell (2008) so na primer po maratonu ugotovili utrujenost vdišnih in nič sprememb pri IM. Po drugi strani (Sugiura, Sako in Oshida, 2013) pravijo, da so IM bolj nagnjene k utrujenosti, saj njihova utrujenost poveča živčno-mišično aktivnost, kar vpliva na dihalni odziv. Raziskave še nakazujejo, da specifična VIM ne učinkuje na uspešnost, poleg tega so glavne IM trebušne stene, ki so lahko preobremenjene že z uporabo nespecifičnih vadbenih metod. Ne glede na pomanjkanje podatkov in pomanjkanje utemeljitev za VIM, obstaja verjetnost, da bi IM pokazale enako širok odziv na specifično vadbo kot VM na VVM (McConnell, 2011).

Predvidevali bi, da se bo kombinacija VVM in VIM pokazala v izboljšanju v funkciji obeh skupin mišic. McConnell (2011) navaja, da kljub vsemu rezultat dveh raziskav, ki so vključevale VVM in VIM, v skupnem ciklu kaže, da ta pristop poslabša odziv na vadbo. Na primer pri plavalcih se kljub napornemu vadbenemu režimu niso pokazale razlike v vdišni ali izdišni moči, medtem ko se je pri veslačih pokazala le skromna sprememba v moči obeh skupin mišic (Griffiths in McConnell, 2007). Preiskovanci na splošno čutijo neudobje pri hkratni obremenitvi obeh faz diha in omenjajo nezmožnost maksimalnega opravljanja naloge (McConnell, 2011).

Vzdržljivostni trening se izvaja z uporabo metode visoko intenzivne hiperventilacije, kjer so hkrati aktivne tako VM kot IM (McConnell in Romer, 2003). Ta tip vadbe povzroči izboljšanje sposobnosti ohranjanja visoke ravni hiperventilacije in prav tako vpliva na povečanje količine predihanega zraka med kratkim največjim pospeškom hiperventilacije, ki navadno traja 15 sekund (Verges, Bouttelier in Spengler, 2008). Izboljšave so zaznali tudi pri največji hitrosti mišičnega krčenja, kljub temu da ni neposrednih dokazov o tem (McConnell, 2011). Ta tip vadbe ne izboljša moči VM (Verges, Bouttelier in Spengler, 2008), kar ni presenetljivo, saj je za povečanje moči potreben povečan upor.

## **1.5 Vpliv vadbe dihalnih mišic na učinkovitost in zmogljivost pri različnih športih**

Visoko intenzivno plavanje pri kravlu je povezano z najbolj hudo (25-% poslabšanje v maksimalni vdišni moči) in najhitreje razvijajočo se (2,5 min) utrujenostjo VM med vsemi spremljanimi športi (McConnell, 2011).

Raziskave kažejo, da lahko utrujenost DM negativno vpliva na športno zmogljivost (Lavin, Guenette, Smoliga in Zavorsky, 2015; Wylegala, Pendergast, Gosselin, Warkander, in Lundgren, 2007), pri čemer lahko na utrujenost DM vplivamo že s kontroliranjem frekvence dihanja med plavanjem (Burtch idr., 2017). Slednje je zaradi prevelike utrujenosti

onemogočeno. Thomaidis je s sodelavci (2009) spremljal spremembe v maksimalnem vdišnem pritisku (angl. maximal inspiratory pressure – v nadaljevanju MIP) med plavanjem na 400 m. Po 300 m se je pojavilo zmanjšanje moči VM, kar povzroči padec delnega tlaka O<sub>2</sub> v arterijski krvi in mišicah ter posledično manjšo oksidativno zmogljivost. Ta se kaže v povečanem številu vdihov na minuto, povečanem številu zaveslajev in krajšem zaveslaju, ki je posledica manjše zmoglosti proizvodnje sile, ugotavlja Thomaidis s sodelavci (2009). Tako se telo odzove ob poizkusu lajšanja dispneje (Lomax in Castle, 2009). McCabe, Sanders in Psycharakis (2015) so ob pogostejšem dihanju med plavanjem ugotovili do določene mere spremenjeno tehniko, ki je vodila v manjšo učinkovitost oziroma počasnejše plavanje.

Že s samim plavanjem lahko dosežemo pozitivne dolgotrajne učinke na moč DM in izboljšanje dihalnih funkcij (Yilmaz in Ozdal, 2019), a je ob ugotovljeni zmanjšani zmogljivosti pri treniranih plavalcih smiselno vključiti tudi izvajanje treningov DM, specifičnih za plavanje (Thomaidis idr., 2009). Jakovljevič in McConnell (2009) priporočata trening za izboljšanje tako moči kot vzdržljivosti DM.

Ob opravljenem obsežnem sistematičnem pregledu in metaanalizi člankov je bilo ugotovljeno, da vadba DM izboljša športno učinkovitost ne glede na izbrano metodo treninga. Med učinkom vadbe moči VM in vzdržljivosti DM ni bilo statističnih razlik. Vendar pa bi lahko bila kombinacija treninga VM in IM učinkovitejša (Illi, Held, Frank in Spengler, 2012). Avtorji dodajajo, da je razlika v napredku pri manj treniranih posameznikih večja, izboljšanje pri različnih športih pa je podobno in pogojeno s trajanjem vadbenega programa.

Na drugi strani raziskovalec Bell s sodelavci (2013) po treningu VM in IM izboljšanja v učinkovitosti veslanja na 2000 m ni potrdil, četudi so se pokazala statistično značilna izboljšanja v MIP in maksimalnem izdišnem pritisku (angl. maximal expiratory pressure – v nadaljevanju MEP).

Pri sprintih, torej pri kratkih aktivnostih, koristi dihalnega treninga niso takoj vidne, a kljub vsemu so fiziološke spremembe takšne, da lahko pri teh aktivnostih pričakujemo izboljšanje v uspešnosti. V raziskavi, kjer so preučevali zaznano stopnjo napora med neprekinjenimi ponavljajočimi sprinti (Romer, McConnell in Jones, 2002b), so ugotovili, da je VVM zmanjšala dihalni napor med sprinti in zakasnila pojav utrujenosti, učinkovitosti sprintov pa ni izboljšala. Pri naslednjih dveh raziskavah, ki jih je pregledal McConnell (2013), so preučevali vpliv VVM na ponavljajoče se sprinte (»beep test« – test s stopnjevano obremenitvijo). Na uspešnost vpliva tako zaznavanje napora, povezanega s pretokom krvi, kot dostava O<sub>2</sub> in odstranjevanje metabolitov. V obeh raziskavah je vadba izboljšala uspešnost za 17 %. Poleg tega se je zmanjšalo zaznavanje dihalnega in telesnega napora ter markerjev metabolnega stresa. Pri mlajših nogometaših je štiritedenski program aerobnega intervalnega treninga prispeval k 12-% izboljšanju rezultata »beep testa« (Impellizzeri idr., 2008). Tako so koristi vadbe vdišnega treninga vsaj tolikšne kot koristi intervalnega treninga, le da je VVM trajala tri ure, intervalni trening pa še pet ur več. Če povzamemo, VVM vpliva na uspešnost tako pri aktivnostih, kjer prevladuje aerobni metabolizem, kot tudi pri aktivnostih, ki zahtevajo visoko intenzivne napore (McConnell, 2011).

McConnell (2011) je primerjal dve raziskavi, v katerih so testirali učinkovitost kolesarjenja na 40 km. Ena intervencija je zajemala VVM dvakrat dnevno (Romer, McConnell in Jones, 2002a), druga pa visoko intenzivni intervalni trening kolesarjenja dvakrat tedensko (Laursen, Shing, Peake, Coombes in Jenkins, 2002). V obeh raziskavah se je pokazalo izboljšanje za približno pet odstotkov. Intervalni trening je za petodstotno izboljšanje zahteval sedem ur vadbe v štirih tednih, medtem ko je VVM za 4,6-odstoten napredek zahtevala 1,8 ur v šestih tednih. Izstopa še podatek o intenzivnosti in trajanju vadbe, 53 minut v območju  $VO_2$  max proti trem minutam zmerne obremenitve VM. Raziskave pri vzdržljivostnih športih kažejo na to, da bo za športe, ki zahtevajo vzdrževanje napora med šestimi in šestdesetimi minutami, VVM med 1,9 % in 4,6 % izboljšala učinkovitost. Kljub temu da ni neposrednih dokazov o podobnih rezultatih pri dlje trajajočih aktivnostih, dejstvo, da je bila utrujenost VM dokazana pri teh dogodkih, pomeni, da je tu uspešnost omejena z dihalnimi faktorji. Tako obstaja razlog za domnevo, da bo VVM izboljšala uspešnost pri daljših dogodkih (McConnell, 2011).

Pri profesionalnih kolesarjih so po šesttedenski intervenciji z VVM potrdili zmanjšano percepcijo odziva telesa na povečanje intenzivnosti vadbe in izboljšanje rezultatov na določeni razdalji (Romer, McConnell in Jones, 2002b).

Kot voda pri plavanju tudi nadmorska višina postavi DM dodatne zahteve. Vadba DM se je v raziskavi, izvedeni v simuliranih okoliščinah (3500 m nadmorske višine), pokazala kot učinkovita v izboljšanju tolerance in fiziološkem odzivu na vadbo, pravi McConnell (2011). Navaja, da se je po štirih tednih pokazalo izboljšanje v zmanjšani zahtevi dihanja pri vadbi za 25 %, zmanjšani potrebi po  $O_2$  za 8 %–12 %, zmanjšani potrebi po dvigu srčnega utripa za 14 %, povišanju arterijske saturacije za 4 %, izboljšanju difuzijske kapacitete pljuč za 4 % in zmanjšanju zaznanega napora in zadihanosti. Če je metaborefleks VM zakasnen, se pretok krvi ohrani v pljučnem obtoku, kar pomeni večjo difuzno površino in povečanje arterijske saturacije, še dodaja avtor raziskave. Opravljena je bila tudi raziskava, izvedena na odpravi v Nepal, na dobro treniranih pohodnikih. McConnell (2011) iz omenjene raziskave povzema, da se je pri tistih, ki VVM pred odhodom niso bili deležni, pokazalo večje povečanje v zaznavanju napora na višini, večji utrujenosti VM in zmanjšanju vzdržljivosti VM.

McConnel (2011) v svojem delu povzema še nekaj raziskav, ki so bile opravljene z ozirom na uspešnost podvodnega plavanja pri izkušenih potapljačih po vzdržljivostni vadbi DM in VVM. Omenjeni vir navaja, da se je pri dveh pokazalo izboljšanje v vzdržljivosti podvodnega (33 %–50 %) in površinskega (38 %–88 %) plavanja s plavutjo, povečal se je DV (12 %), frekvenca dihanja pa se je zmanjšala za 19 %. Dodaja še, da bi lahko bil učinkovitejši vzorec dihanja odgovoren za zmanjšanje v porabi energije pri podvodnem plavanju (7,8 %), in zaključuje, da podatki rezultatov podvodnega plavanja niso primerljivi s tistimi pri plavanju kravla, prsne ali katere druge tehnike, a podajo močne dokaze, ki podpirajo VVM pri plavalcih.

Pupišova, Pupiš, Jančokova in Pivovarniček (2014) so izvajali desettedenski trening VM s podvodnimi plavalci, kjer so izvedli po 30 vdihov dvakrat dnevno. Ob spremljanju MIP, največjega izdišnega pretoka (angl. peak expiratory flow – v nadaljevanju PEF), volumna vdihanega zraka (angl. inspiratory volume – v nadaljevanju IV) ter dolžine, preplavane pod



vodo (v nadaljevanju DPPV), so po intervenciji ugotovili povečanje vseh štirih parametrov. Tudi vadba vzdržljivosti in vadba (moči) DM z uporomo izboljša zmogljivost podvodnega plavanja ne glede na izbrano metodo treninga (Wylegala, Pendergast, Gosselin idr., 2007). Vašičkova, Neumannova in Svozil (2017) so ugotavljali ali štiritedenski vadbeni program VM in IM vpliva na izboljšanje delovanja le-teh oziroma na zmogljivost podvodnega plavanja pri plavalcih z monoplavutjo. Enkrat na dan so izvajali 10 vdihov in 10 izdihov s posameznima napravama in po intervenciji zabeležili višje vrednosti pri vitalni kapaciteti (angl. vital capacity – v nadaljevanju VC), vdišni kapaciteti (angl. inspiratory capacity – v nadaljevanju IC), forsirani vitalni kapaciteti (angl. forced vital capacity – v nadaljevanju FVC), forsiranemu izdihu v prvi sekundi (angl. forced expiratory volume in one second – v nadaljevanju FEV1), PEF, MIP ter MEP. Razlike so bile statistično značilne pri MIP ter DPPV, ki je bila na koncu večja. Mesec dni po meritvah je tudi kontrolna skupina opravila dihalni trening in zaključne meritve, kjer so ponovno ugotovili statistično značilno povečanje vrednosti v MIP, MEP in DPPV. Metoda VVM (osem tednov po 30 vdihov dvakrat na dan) se je kot dopolnitev plavalnega treninga izkazala kot učinkovita pri izboljšanju ventilatornih parametrov in moči DM tudi v skupini gibalno oviranih plavalcev (Okrzymowska, Kurzaj, Seidel in Rozek-Piechura, 2019).

Wells, Plyley, Thomas, Goodman in Duffin (2005) izboljšanje pljučne funkcije in dihalne moči pripisujejo fiziološkemu učinkom plavalnega treninga in zaključujejo, da 12-tedenski sočasni trening VM in IM nima dodatnega učinka pri tekmovalnih plavalcih. Nasprotno trdijo Kilding, Brown in McConnell (2010), ki so opravljali šesttedensko VVM (30 vdihov dvakrat dnevno) s 17 do 21 let starimi plavalci. Spremljali so FVC, FEV1, PEF, MIP ter izvedli plavalni stopnjevalni trening, kjer so beležili čas plavanja na 100 m, 200 m in 400 m. Po intervenciji so ugotovili povečanje v MIP ter času na 100 m in 200 m. Nahtigal (2015) je opravil podobno študijo s skupino plavalcev, starih med 14 in 16 let, le da je intervencija trajala osem tednov. Po vadbi je prav tako ugotovil statistično značilno povečanje v MIP in zmanjšanju časa plavanja na 100 m. Vključenost VVM k plavalnemu treningu znatno izboljša funkcijo DM, kar potrjujejo tudi rezultati 12-tedenske intervencije pri tekmovalno usmerjenih subelitnih plavalcih (Shei, Lindley, Chatham in Mickleborough, 2016).

Glede na dolgo obdobje treninga, ki ga plavalci porabijo za napredovanje, se VVM uvršča med metode najhitrejšega napredka (McConnell, 2011). Avtor meni, da bi se večina trenerjev strinjala, da je dihalna disciplina najpomembnejša pri uspešni plavalni tehniki, ki jo je na žalost zelo težko doseči in ohranjati. Dodaja, da je VVM lahko pri športnikih, ki se znajdejo na platoju, tista odločilna točka, ki jim omogoča nadaljnji napredek ter izboljša tako mehaniko zaveslaja (učinek na dihalno disciplino) kot tudi uspešnost.

Tisti, ki imajo izkušnje s trenažnim procesom kot športniki ali trenerji in so bili kadar koli prisotni pri celoletnem ciklu, so opazili, da po sezonskem odmoru pri veliko športnikih pride do določenega upada gibalnih oziroma športnospecifičnih sposobnosti. Za ohranjanje ali razvoj gibalnih sposobnosti mora biti proizveden zadosten dražljaj na telo, da to za telo predstavlja izziv in se le-to nanj prilagodi. Na primer iz raziskave (Plevnik, 2021) je razvidno, da so

študentje, in sicer slabši in netrenirani plavalci, po enajstih vadbenih dnevih napredovali v plavalnih sposobnostih, medtem ko v preteklem trimesečnem obdobju brez vadbe ni bilo zaznanega izboljšanja rezultatov. Lahko so zaznane tudi razlike med športniki, ki so med odmorom sami vadili, in tistimi, ki niso. Zato je pomembno poiskati ustrezne metode dopolnilnega treninga, s katerim bi v obdobju premora vplivali na zmanjšanje upada gibalnih sposobnosti. Podobno se je zgodilo v obdobju pandemije bolezni covid-19, med in po kateri so trenerji, športni pedagogi in ostala športna ter zdravstvena stroka opozarjali na upad gibalnih sposobnosti med ljudmi vseh starosti, še posebej otroki in starostniki pa tudi med aktivnimi športniki. Slednji so bili zelo omejeni z uporabo športnih objektov. Športnospecifične treninge so morali nadomestiti s »suhimi« treningi in na ta način poskrbeti za kar se da dobro ohranjanje telesne pripravljenosti. Glede na to, da smo našo raziskavo opravili takoj po odprtju športnih objektov in socialnega življenja, obstaja možnost, da bi bili rezultati v drugih okoliščinah drugačni.

## **2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNO VPRAŠANJE**

Namen naloge je bil ugotoviti, ali ima desetdnevna vadba moči vdišnih mišic učinek na ohranjanje rezultata plavalnih sposobnosti po končanem strnjenem tečaju plavanja.

### **2.1 Cilji**

Skladno z namenom raziskave smo zastavili naslednje cilje:

Cilj 1: Opisati pomen dihanja kot omejitvenega dejavnika na plavalni rezultat.

Cilj 2: Ugotoviti učinek desetdnevne vadbe za moč vdišnih mišic na dihalne funkcije.

Cilj 3: Ugotoviti učinek desetdnevne vadbe moči vdišnih mišic na ohranjanje plavalnih sposobnosti.

### **2.2 Hipoteze**

Skladno z zastavljenimi cilji smo opredelili naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: Desetdnevna vadba za razvoj moči vdišnih mišic bo izboljšala moč vdišnih mišic.

Hipoteza 2: Desetdnevna vadba za razvoj moči vdišnih mišic bo imela učinek na ohranjanje plavalnih sposobnosti v plavanju na razdaljo 100 m.

Hipoteza 3: Desetdnevna vadba za razvoj vdišnih mišic bo imela učinek na ohranjanje plavalnih sposobnosti, povezanih s trajanjem izvedbe (dolžina plavanja pod vodo, dolžina drsenja v vodi, zadrževanje diha).

### 3 METODE DELA IN MATERIALI

Študija je bila izvedena v sklopu projekta *Integralno dihanje za spodbujanje vzorcev zdravega življenjskega sloga*, ki se je izvajal na Univerzi na Primorskem na Fakulteti za vede o zdravju (v nadaljevanju UP FVZ) pod vodstvom doc. dr. Mateja Plevnika v času od marca do julija 2020. Projekt je bil del razpisa *Po kreativni poti do praktičnega znanja* in je bil sofinanciran s strani Evropskega socialnega sklada (ESS) in Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije (v nadaljevanju RS). Raziskovalne aktivnosti študije smo izvedli pod okriljem raziskave *Ugotavljanje telesnega in gibalnega statusa otrok in mladostnikov*, za katero je UP FVZ pridobila krovno dovoljenje Komisije RS za medicinsko etiko, št. 0120-631/2017. Aktivnosti študije so potekale v času prvega sproščanja ukrepov zaradi razglašene epidemije bolezni covid-19. Vse aktivnosti smo izvajali skladno z veljavnimi priporočili in omejitvami, ki so veljale v času sproščanja ukrepov zaradi epidemije covid-19 v juniju 2020.

#### 3.1 Vzorec

V raziskavi je sodelovalo 19 študentov (5 študentov in 14 študentk) prvega letnika dodiplomskega študijskega programa Aplikativna kineziologija (UP FVZ). Vsi so bili seznanjeni z namenom raziskave, podpisali so tudi izjavo o prostovoljni vključitvi v študijo.

Študente smo na podlagi randomizacije razdelili v intervencijsko (I; n = 11, 6 žensk, 5 moških) in kontrolno (K; n = 8, 8 žensk, 0 moških) skupino.

**Preglednica 1: Značilnosti vzorca preiskovancev (pred intervencijo)**

Skupina	Število preiskovancev (n)	Starost [leta] (AS ± SD)	Telesna masa [kg] (AS ± SD)	Telesna višina [cm] (AS ± SD)	ITM [kg/m <sup>2</sup> ] (AS ± SD)
Intervencijska	11	19,8 ± 1,1	70,2 ± 10,3	170,2 ± 7,7	24,2 ± 2,7
Kontrolna	8	19,4 ± 0,5	61,4 ± 5,8	165,0 ± 6,4	22,6 ± 2,1

Legenda: ITM – indeks telesna mase, AS ± SD – aritmetična sredina ± standardna deviacija

Čeprav se med skupinama glede na podatke kažejo razlike v nekaterih neodvisnih spremenljivkah, in sicer v razliki v starosti ( $p = 0,579$ ), telesni masi (v nadaljevanju TM) ( $p = 0,056$ ), telesni višini (v nadaljevanju TV) ( $p = 0,143$ ) in ITM ( $p = 0,177$ ), le-te niso statistično značilne. Zato lahko povzamemo, da sta vzorca homogena.

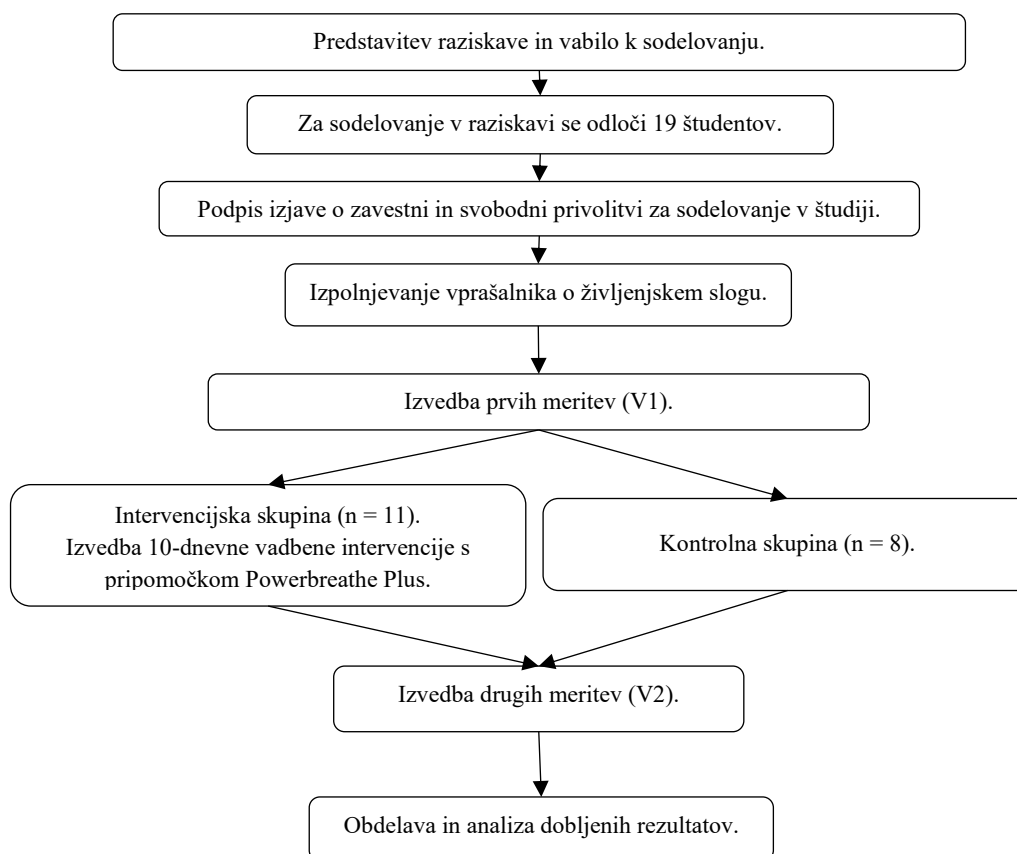
#### 3.2 Raziskovalni načrt in potek raziskave

Raziskavo smo izvedli na način eksperimentalne študije, in sicer smo preiskovance razdelili v dve skupini: v intervencijsko in kontrolno skupino. Obe skupini sta izvedli meritve zadnji dan izvedbe plavalnega tečaja in deset dni po zaključku tečaja. V vmesnem času nobena izmed skupin preiskovancev ni izvajala plavalnih aktivnosti. Preiskovanci, razvrščeni v intervencijsko skupino, so v času intervencije izvajali vadbo za izboljšanje moči vdišnih mišic s pripomočkom Powerbreathe Plus (A division of Gaiam Ltd., Northfield Road, Southam, Warwickshire, CV47

ORD, UK). Vadbo, ki je obsegala 30 hitrih maksimalnih forsiranih vdihov in sproščenih izdihov, so preiskovanci izvajali dvakrat dnevno, dopoldan in zvečer. Intenzivnost (upor na pripomočku) je bila nastavljena na 60 % maksimalne vdišne moči (S-index) (Finta, Boda, Nagy in Bender, 2020; McConnell, 2011), ki smo jo izmerili na začetnih meritvah. Specifična intenzivnost 60 % MIP je bila upravičena kot učinkovit trening vdišnih mišic na bazi optimalnega odziva v kontekstu krvnega pretoka in generiranega pritiska (McConnell in Griffiths, 2010, Sheel idr., 2001). Pred pričetkom intervencije smo vključene v raziskavo naučili samostojne in pravilne uporabe vadbenega pripomočka. Meritve smo izvajali člani projektne skupine omenjenega projekta *Integralno dihanje za spodbujanje vzorcev zdravega življenjskega sloga*, in sicer študentje študijskih programov Aplikativna kineziologija, Zdravstvena veda in Unikatno oblikovanje pod vodstvom vodje projekta. Pred izvedbo meritev je potekalo usposabljanje za uporabo merilne opreme in ustrezno izvedbo meritev za merilce.

Preiskovanci so bili študenti prvega letnika študijskega programa Aplikativna kineziologija, ki so izvajali praktični del predmeta Plavanje z osnovami reševanja iz vode. Aktivnosti so potekale pred in po izvedbi študijskih vsebin. Meritve smo izvajali na olimpijskem bazenu Žusterna Koper, kjer so potekale vse opisane aktivnosti. Omenjeni bazen je dolg 50 m. Meritve in intervencija so potekale v juniju 2020.

Slika 1 prikazuje potek izvedbe raziskave od predstavitve do končne analize podatkov.



Slika 1: Potek projekta in raziskave

### 3.3 Testna baterija, uporabljeni pripomočki in merski instrumentarij

Pri izvedbi meritev smo uporabili naslednje testne baterije oziroma teste:

1. *Antropometrične meritve*: TV, TM, obseg prsnega koša (v nadaljevanju OPK) ter obseg pasu (v nadaljevanju OP) – oboje pri maksimalnem vdihu in izdihu. Pri meritvah smo uporabili naslednje pripomočke: prenosno tehtnico (Biva, Slovenija) in merilni trak.
2. *Baterija plavalnih testov*: plavanje na 100 m – spremljava po 25 m, uporaba plavalne tehnike pri plavanju na 100 m – spremljava po 25 m (P, H, K, D), maksimalna dolžina drsenja po odzivu od stene (v nadaljevanju DRS), čas zadrževanja diha (ZaDih), maksimalna DPPV in število zaveslajev prsno na 50 m – spremljava po 25 m. Pri merjenju smo uporabili štoparico in merilni trak.
3. *Meritve moči vdišnih mišic*: maksimalna vdišna moč mišic (S-index), maksimalni vdišni tok (PIF) in IV. Pri meritvah smo uporabili napravo Powerbreathe K5 (POWERbreathe International Ltd, Northfield Road, Southam, Warwickshire, UK).

S-index je izračunan na podlagi razmerja vdišne mišične sile in hitrosti ter predstavlja dinamično oceno moči vdišnih mišic, medtem ko MIP predstavlja kvaziizometrično oceno. Tako je S-index zmerno zanesljiva, vendar ne enakovredna meritvi MIP, ki je izmerjena z Muelerjevimi manevrom (Silva, Durigan in Cipriano, 2015; de Souza

Areias, Rodriguez Santiago, Sobral Teixeira in Silva Reis, 2020). Avtorji omenjajo, da je vrednost S-index ekvivalentna vrednost MIP. Mi jo bomo uporabili kot približek in jo primerjali z drugimi raziskavami, kjer omenjajo MIP.

4. *Merjenje pljučnih funkcij*: forsirana izdišna vitalna kapaciteta (angl. forced expiratory vital capacity – v nadaljevanju FEVC), forsiran izdišni volumen v prvi sekundi (FEV1), razmerje med FEV1 in FEVC (v nadaljevanju FEV1/FEVC) ter PEF. Pri meritvah smo uporabili spirometer Quark Spiro (COSMED Srl, Rim, Italija).
5. *Meritve funkcionalnih zmogljivosti pljuč*: Buteykov test kontrole premora (angl. Buteyko control pause test – v nadaljevanju BCP), čas štetja po enkratnem vdihu (angl. single breathe count – v nadaljevanju SBC) ter test tolerance na CO<sub>2</sub> (v nadaljevanju TTCO<sub>2</sub>).
6. *Meritve gibalnih sposobnosti*: gibljivost ramenskega obroča ločeno za desno in levo roko, funkcionalna gibljivost spodnjega dela trupa (v nadaljevanju FGST) ter vzdržljivost v moči mišic upogibalk trupa (v nadaljevanju VUT). Pri meritvah smo uporabili merilni trak, štoparico, potisni števec in metronom.

Meritve smo izvedli na sledeče, spodaj opisane, načine.

Za meritev *telesne mase* smo uporabili tehtnico. Preiskovanec s sebe odstrani nakit in večja oblačila, kot je smiselno, stopi na umerjeno tehtnico, stoji mirno in počaka, da tehtnica pokaže izmerjeno maso. Merilec rezultat odčita in ga zabeleži (Coulson in Archer, 2013).

Pri meritvi *telesne višine* preiskovanec stoji s hrtom ob steni ali kateri drugi navpični površini, na kateri je merilo (merilni trak). Stoji čim bolj vzravnano in se s petami (peti se dotikata), zadnjico, zgornjim delom hrbta in zadnjim delom glave dotika stene/merila. Glava je v podaljšku hrbtenice in pogled je usmerjen naprej. Merilec postavi pravokotno merilo na teme preiskovanca in odčita ter zabeleži rezultat/vrednost na centimeter natančno (Coburn in Malek, 2012).

Pri izvedbi *meritev obsega prsnega koša in pasu* potrebujemo le merilni trak. Pri testu preiskovanec stoji vzravnano in sproščeno diha. Merjenje OP in OPK se izvede neposredno na kožo preiskovanca, ki ima na sebi le spodnje perilo; v predelu merjenja ne sme biti oblačil. Preiskovalec stoji ob boku preiskovanca. Pri merjenju OP ovije/pristavi merilni trak ob srednji točki med spodnjim robom rebrnega loka in grebenom črevnične kosti, kar predstavlja približno višino popka. Najprej odčita vrednost po maksimalnem vdihu in nato še vrednost po maksimalnem izdihu ter zabeleži rezultat na celo število (Jakovljević, Knific in Petrič, 2017a). Podoben postopek izvedemo pri merjenju OPK. Preiskovalec okoli prsnega koša, v višini prsi – na ravni bradavic, ovije/pristavi merilni trak in spremlja dihanje preiskovalca. Ob maksimalnem vdihu izmeri prvo vrednost, nato pa še drugo ob maksimalnem izdihu (Hosta idr., 2020).

Test *dolžine plavanja pod vodo* se izvaja ob robu bazena, kjer je postavljen tudi začetek merila. Preiskovanec se postavi v bazenu ob steno, kjer se z roko drži za rob, ko je pripravljen, zajame

sapo in jo zadrži, se potopi pod vodno gladino, odrine od stene in čim dlje plava pod vodo v poljubni tehniki. Merilec stoji ob robu bazena, postavljen pravokotno na vzdolžno os preiskovanca v višini njegove glave, ki je merilna točka. Z merilom izmeri dolžino plavanja do točke, kjer je preiskovanec priplaval na površje, in zabeleži rezultat.

Test *dolžine drsenja* se izvaja ob robu bazena, kjer je postavljen tudi začetek merila. Preiskovanec na znak kar najbolj zajame sapo in jo zadrži, se potopi ter odrine od stene z rokami vzročeno in z glavo med rokami. Drsi na vodni gladini toliko časa, da se drsenje ne zaustavi ali da ne more več zadržati dihanja. Merilec stoji ob robu bazena, postavljen pravokotno na vzdolžno os preiskovanca v višini njegove glave, ki je merilna točka. Z merilom izmeri dolžino drsenja do točke, kjer je preiskovanec dvignil glavo iz vode oziroma se ustavil. Preiskovanec vajo ponovi dvakrat, zabeleži pa se boljši rezultat (Kapus in Jurak, 2002).

Test zmogljivosti *zadrževanja diha pod vodo* se izvaja ob robu bazena. Preiskovanec se drži za rob, na svojo pripravljenost zajame sapo in jo zadrži, se potunka in drži glavo pod vodo. Telo je lahko v navpičnem ali vodoravnem položaju. Merilec stoji ob njem in s štoparico meri čas od trenutka potopitve glave do trenutka dviga glave iz vode ter ta čas zabeleži.

Pri *testu plavanja* preiskovanec na znak merilca prične s skokom v vodo na glavo ter plava dolžino 100 m, kjer merilec med plavanjem beleži čas na 25 m, 50 m, 75 m in 100 m. Merjenje ustavi, ko se preiskovanec dotakne stene bazena. Tehnika plavanja je poljubna, kar merilec prav tako beleži. Za vsakih preplavanjih 25 m zabeleži plavalno tehniko (kravl, prsno, hrbtno ali kombinacijo katerih dveh tehnik, na primer prsno-kravl).

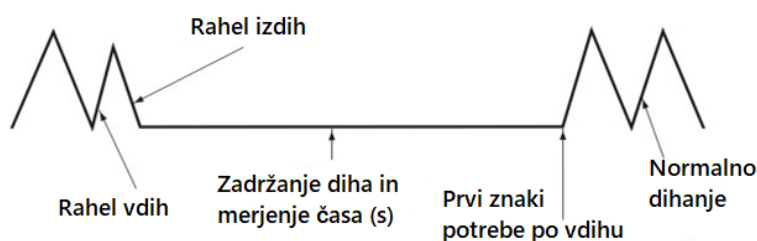
Z napravo Powerbreathe merimo največji proizveden pritisk v pljučih ob vdihu, ki ga interpretiramo kot *največjo mišično moč* VM. Poleg tega izmerimo še PIF in največji IV. Preiskovanec vzravnano sedi za mizo, na kateri je računalnik z grafom, ki kaže proizveden pritisk ob vdihu. Pred pričetkom merjenja si vsak preiskovanec nadene sponko za nos (prepreči pretok zraka skozi nos) ter na napravo nastavi ustnik in poizkusi dvakrat vdihniti. Pred pričetkom od ust odmaknjeno napravo mirno drži pred sabo. Najprej preiskovanec izvede čim večji sproščen izdih, nato previdno ustavi ustnik v usta, ga nežno stisne z zobmi in zaobjame z ustnicami, jezik pa drži nizko. Sledi hiter, globok in močan vdih, ki ga lahko preiskovanec izvede in traja vsaj šest sekund, toliko, da so pljuča popolnoma polna. Opisan postopek ponovi 30-krat zapored brez vmesnega premora. Cilj je z vsakim vdihom zajeti največjo možno količino zraka v najkrajšem času (POWERbreathe International Limited, 2012).

S spirometrom testiramo *zmogljivost pljučnih funkcij* in pridobimo podatke o VC, FEV1 ter PEF. Pri izvedbi testa preiskovanec sedi vzravnano z neprekrižanimi nogami in stopali plosko na tleh. Za mizo je računalnik, ki prikazuje graf s količino izdihanega zraka v časovni enoti in ga lahko preiskovanec spremlja pri svoji izvedbi. Pred seboj drži napravo, na katero nadene ustnik, na nos pa si nadene sponko, da prepreči prehajanje zraka skozi nos. Preiskovanec pred izvedbo čim globlje vdihne, vstavi ustnik v usta, ga rahlo stisne z zobmi in zaobjame z ustnicami. Nato kar najhitreje in najmočneje izdihne ter izdihuje dokler le lahko, tako da pljuča



popolnoma izprazni. Sledi globok vdih, nakar lahko preiskovanec vzame ustnik iz ust. Meritev ponovimo trikrat in zabeležimo najboljši rezultat (National asthma council Australia Ltd., b. d.).

Pri *Buteykovem testu kontrole premora* (slika 2) preiskovanec sedi pokončno v vzravnem položaju, ramena ima sproščena, prav tako spodnji del hrbta, ki je naslonjen na naslonjalo. Diha sproščeno in tega ne spreminja pred pričetkom testa. Rahlo vdihne (2 s) in rahlo izdihne (3 s). Po sproščenem izdihu preiskovanec zadrži sapo in si z rokami stisne nos, da prepreči vdih med testom. Meri se čas dokler lahko preiskovanec sproščeno zadrži sapo in preden začuti potrebo po ponovnem vdihu. Lahko se začuti prvo nehoteno gibanje dihalnih mišic, trebuh lahko trza in prav tako področje okoli vratu (Buteyko clinic International, b. d.). Prvo neugodje, ki se pokaže na telesu, pomeni konec merjenja, takrat preiskovanec spusti nos in skozenj vdihne. Prvi vdih po zadržanem dihu ne bi smel biti večji od tistega pred meritvijo. Sape preiskovanec ne zadržuje predolgo, ker bi to lahko povzročilo potrebo po močnejšem vdihu (Hassan, 2012).



**Slika 2: Buteykov test kontrole premora – izvedba**

Tako imenovani test *single breath count* uporabljamo za ocenjevanje pljučnih funkcij osebe. Pri tem testu gre za čim daljše štetje po maksimalnem vdihu z normalnim glasom štetja (Kumari, Malik, Narkeesh in Asir, 2017). Preiskovanec pri tem testu sedi vzravnano in se udobno namesti. Za izvedbo je potreben metronom, ki je nastavljen na 120 udarcev na minuto. Preiskovanec naredi največji možen vdih in začne šteti v ritmu metronoma. Začne s številko ena in šteje po vrsti (številke ne preskakuje), dokler mu ni neugodno ali ne začne hladata za zrakom. V tem primeru prenehamo s štetjem in zabeležimo rezultat. Normativne vrednosti kažejo hude okvare v primeru rezultata < 5, srednje velike okvare v primeru rezultata 5–10, blažje okvare pri vrednostih 11–15 in normalne vrednosti v primeru > 15 (Hosta idr., 2020; Morris, 2020).

Test *tolerance na CO<sub>2</sub>* nam pove, kako dobro lahko človek prenaša CO<sub>2</sub>. Preiskovanec sedi vzravnano in sproščeno. Med testom se vsi vdihni in izdihni izvajajo skozi nos. Preiskovanec opravi tri vdihe in izdihe ter še en poln, največji možen vdih, čemur sledi najpočasnejši, najdaljši možen izdih. Izdihuje dokler nima več zraka, ki bi ga lahko izdihnil, medtem pa ne zadržuje zraka, ne preneha z izdihom in ne pogoltne sline. V nasprotnem primeru se test oziroma merjenje prekine. Merilec meri čas od začetka do konca izdiha ter rezultat zabeleži (Hosta, 2020). Rezultat nad 80 s pomeni napredno pljučno adaptacijo in odličen nadzor dihanja, med 60 in 80 s zdrav pljučni sistem in dober nadzor dihanja, med 40 in 60 s srednje dober nadzor in adaptacijo pljuč, med 20 in 40 s povprečno sposobnost pljuč, pod 20 s pa možno mehansko omejitev in slabo pljučno kapaciteto (Hosta, 2020; Crux fitness, 2020).

*Gibljivost ramenskega obroča* smo vrednotili s testom *dotik dlani za hrbtom*. Pri tem testu gre za gibljivost ramenskega sklepa in obroča. Preiskovanec stoji vzravnano, eno roko pokrči za glavo tako, da s prsti drsi po hrbtu navzdol, drugo roko pa postavi na hrbet iz spodnje strani tako, da drsi navzgor. Poizkuša se s prsti oziroma z dlanmi čim bolj približati (čim bolj prekriti eno dlan z drugo). Sledi še poizkus z nasprotnima rokama. Merilec z merilnim trakom izmeri razdaljo med konicami najdaljših prstov in zabeleži najboljši rezultat ene in druge strani. Če se konici najdaljših prstov ne dotikata, zabeležimo negativno vrednost, ko se konici najdaljših prstov ali dlani prekrivata, pa pozitivno vrednost. V primeru, ko se konici prstov dotikata, zabeležimo rezultat 0 (Jakovljević, Knific in Petrič, 2017b).

*Funkcionalno gibljivost spodnjega dela telesa* smo vrednotili s testom *V-doseg sede*. Pri tem testu gre za oceno gibljivosti (prožnosti obsklepnih mehkih struktur in sklepne gibljivosti) spodnjega dela hrbta in zadnjih stegenjskih mišic. Preiskovalec na vadbeno podlogo namesti centimetrski merilni trak in ga na oznaki 38 cm pravokotno prelepi s 30 cm dolgim lepilnim trakom. Konec traku predstavlja točki postavitve preiskovančevih pet med testom. Preiskovanec sedi na vadbeni podlogi z iztegnjenimi nogami, pri čemer merilni trak poteka po sredini med udoma, stopali pa sta sproščeni v razmaku 30 cm. Roki iztegne predse in položi eno dlan na drugo tako, da se sredinca prekrivata. Dotika se podlage. Preiskovanec se z izdihom počasi s celim trupom nagne naprej in s prsti drsi po merilnem traku čim dlje naprej, kjer zadrži položaj vsaj tri sekunde. Kolena morajo ostati ves čas v iztegnjenem položaju, pri čemer lahko pomaga preiskovalec, ki kasneje tudi odčita doseženo razdaljo. Zabeleži se najboljši izmed treh poizkusov (Jakovljević, Knific in Petrič, 2017a).

*Vzdržljivost v moči mišic upogibalke trupa* smo vrednotili s testom *delnega upogiba trupa*. Za izvedbo testa je potrebna vadbeno podloga, na katero sta nalepljena dva barvna lepilna trakova po širini vadbene preproge v oddaljenosti 10 cm eden od drugega, ter metronom, nastavljen za frekvenco 50 udarcev/minuto. Preiskovanec na začetku testa leži na hrbtu, roke ima iztegnjene ob telesu, dlani obrnjene proti tloraj, prsti na roki so iztegnjeni in poravnani s prvim lepilnim trakom. Kolena so pokrčena v pravem kotu, stopali pa se v celoti dotikata tal. Preiskovanec z izdihom aktivira mišice upogibalke trupa in dvigne glavo ter zgornji del trupa od tal. Pri tem ohranja iztegnjene roke in s prsti na rokah drsi do drugega traku. Po dotiku drugega traku se z vdihom vrača nazaj v izhodiščni položaj. Dlani, stopala in zadnjica morajo ves čas ostati v stiku s tlemi. Test traja eno minuto (torej največ 25 upogibov; s prvim udarcem metronoma se z izdihom dvigne od tal, z drugim pa z vdihom spusti nazaj). Preiskovalec nadzira izvedbo vaje in s pomočjo potisnega števca šteje pravilno izvedene ponovitve, ki predstavljajo tudi končni rezultat (Jakovljević, Knific in Petrič, 2017a).

### **3.4 Analiza podatkov**

Za statistično obdelavo podatkov in njihov prikaz smo uporabili statistični paket IBM SPSS Statistics 25.0 (Armonk, NY:IBM Corp.) in Microsoft Excel 2008 (Microsoft Corporation, Redmont, Washington, ZDA). Za vse spremenljivke smo izračunali osnovno opisno statistiko (frekvence, povprečne vrednosti, standardne odklone, minimalne in maksimalne vrednosti ter

koeficienta asimetričnosti in sploščenosti). S Shapiro-Wilk testom smo preverili normalnost porazdelitve spremenljivk.

Analizo razlik med posameznimi spremenljivkami med skupinama v začetnem stanju smo opravili s pomočjo t-testa za neodvisne vzorce oziroma z njegovo neparametrično različico, to je Man-Whitney U test. Analizo napredka pri normalno porazdeljenih spremenljivkah smo preverjali z analizo variance za ponovljene meritve (Two-way/Factorial RM ANOVA) s faktorjema čas in skupina (Field, 2009). Izračunali smo tudi interakcijo časa in skupine za ugotavljanje učinka intervencije. Pri nenormalno porazdeljenih spremenljivkah smo uporabili neparametrično različico, Wilcoxonov test predznačnih rangov. V skladu z izbranim statističnim testom smo izračunali tudi velikost učinka (kvadrirana eta ( $\eta^2$ )), pri čemer smo velikost učinka opredelili kot majhna za vrednosti  $> 0,01$ , srednja za vrednosti  $> 0,06$  in velika za vrednosti  $> 0,14$  (Cohen, 1988; Fritz, Morris in Richler, 2012). Po opravljeni analizi variance smo opravili tudi (parni) t-test za odvisne vzorce, s čimer smo preverjali statistično značilne razlike za posamezne spremenljivke znotraj skupine glede na čas. V primeru nenormalne porazdelitve smo uporabili neparametrični test, Wilcoxonov test predznačnih rangov.

V primeru nenormalne porazdelitve spremenljivk smo s transformacijo – uporabo naravnega logaritma ali kvadratnega korena – izračunali nove vrednosti spremenljivk. V kolikor je transformirana spremenljivka zadostila pogojem normalne porazdelitve, smo uporabili parametričen test, v nasprotnem primeru pa ustrezno neparametrično različico. Za ugotavljanje velikosti učinka smo pri Wilcoxonovem testu predznačnih rangov uporabili  $r$  vrednost. Vrednosti  $> 0,3$  so predstavljale srednjo velikost, vrednosti  $> 0,5$  pa veliko velikost učinka (Field, 2009).

Stopnjo statističnega tveganja smo določili pri vrednosti  $p < 0,05$ . Pod tem pogojem smo tudi sprejemali statistično značilne razlike in potrjevali hipoteze.

## 4 REZULTATI

Namen študije, ki je bila izvedena v sklopu raziskave *Ugotavljanje telesnega in gibalnega statusa otrok in mladostnikov*, je bil preveriti učinek desetdnevne vadbene intervencije moči VM na izbrane plavalne in dihalne sposobnosti študentov. Z izvedeno raziskavo smo želeli ugotoviti, ali lahko s pomočjo intervencije vadbe moči VM prispevamo k zmanjšanju upada plavalnih sposobnosti ob neizvajanju plavalnih aktivnosti. Namen raziskave je posebej smiseln v času izvajanja raziskave, ko so omejitve in priporočila zaradi razglašene epidemije bolezni covid-19 občasno omejevala tudi izvajanje plavalnih aktivnosti in vadb v bazenskih objektih.

### 4.1 Meritve antropometričnih lastnosti, gibljivosti in moči

Preglednica 1 prikazuje rezultate antropometričnih lastnosti in nekaterih gibalnih sposobnosti pred in po obdobju desetdnevne intervencije.

**Preglednica 2: Antropometrične lastnosti in nekatere gibalne sposobnosti pred in po desetdnevni intervenciji (normalno porazdeljene spremenljivke)**

Spremenljivka	Skupina	PRVA meritev (AS ± SD)	DRUGA meritev(AS ± SD)	Sprememba (Δ %)	P-vrednost čas (η <sup>2</sup> )	P-vrednost čas x skupina (η <sup>2</sup> )
Obseg trebuha pri vdihu (cm)	I	77,6 ± 6,5	78,7 ± 7,2	1,4	<b>0,017</b> <b>(0,345)</b>	0,168
	K	75,1 ± 6,5	78,7 ± 7,3	4,8		
Obseg trebuha pri izdihi (cm)	I	75,6 ± 6,9	76,3 ± 7,8	0,9	<b>0,039</b> <b>(0,269)</b>	0,115
	K	72,2 ± 6,2	76,3 ± 7,5	5,7		
Obseg prsnega koša pri vdihu (cm)	I	96,1 ± 6,9	96,3 ± 8,1	0,2	0,581	0,803
	K	92,8 ± 5,6	93,4 ± 4,9	0,6		
Obseg prsnega koša pri izdihi (cm)	I	91,9 ± 7,4	91,6 ± 8,6	-0,3	0,437	0,208
	K	88,2 ± 7,2	89,5 ± 5,8	1,5		
Gibljivost ramenskega obroča – levo (cm)	I	0,2 ± 11,4	4,5 ± 6,3	2150,0	0,294	0,316
	K	7,3 ± 5,6	7,4 ± 5,7	1,4		
Gibljivost ramenskega obroča – desno (cm)	I	6,2 ± 7,7	1,4 ± 10,7	-77,4	0,170	<b>0,010 (0,389)</b>
	K	6,8 ± 4,9	9,0 ± 4,1	32,4		
Funkcionalna gibljivost spodnjega dela telesa (cm)	I	43,3 ± 16,7	52,5 ± 10,6	21,2	<b>0,040</b> <b>(0,268)</b>	0,366
	K	58,2 ± 6,5	62,0 ± 6,9	6,5		

Legenda: I – intervencijska skupina, K – kontrolna skupina, AS ± SD – aritmetična sredina ± standardna deviacija, η<sup>2</sup> – velikost učinka

Rezultati testa *obseg trebuha pri vdihu* kažejo statistično značilne razlike v učinku časa (F (1,14) = 4,600; p = 0,017; η<sup>2</sup> = 0,345) z veliko velikostjo učinka. Učinek čas x skupina pri tej spremenljivki ni bil ugotovljen (F (1,14) = 4,600; p = 0,168). V intervencijski (1,4 %, p = 0,115) in kontrolni skupini (4,8 %, p = 0,182) se je obseg trebuha pri vdihu povečal. Med

skupinama tako na začetku ( $p = 0,218$ ) kot tudi po koncu intervencije ( $p = 0,574$ ) ni bilo statistično značilnih razlik.

Spremenljivki *obseg trebuha pri izdihu* in *gibljivost ramenskega obroča – desno* sta bili porazdeljeni nenormalno. S transformiranjem vrednosti (LOG in LOGneg) smo dobili normalno porazdelitev in uporabili analizo variance za ponovljene meritve teh parametrov. Rezultat testa *obseg trebuha pri izdihu* se je povečal tako pri intervencijski (0,9 %,  $p = 0,440$ ) kot pri kontrolni skupini (5,7 %,  $p = 0,194$ ). Tu se je pokazal statistično značilen učinek časa z veliko velikostjo učinka ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,039$ ;  $\eta^2 = 0,269$ ). Učinek čas x skupina pri tej spremenljivki ni bil ugotovljen ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,115$ ). Med skupinama pred intervencijo ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,177$ ), po njej pa tudi ne ( $p = 0,995$ ).

Glede na čas in skupino so se po intervenciji pri testu *gibljivost ramenskega obroča – desno* pokazale statistično značilne razlike z veliko velikostjo učinka ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,010$ ;  $\eta^2 = 0,389$ ). Učinek časa pri tej spremenljivki ni bil ugotovljen ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,170$ ). Rezultat testa se je statistično neznačilno izboljšal pri intervencijski (-77 %,  $p = 0,071$ ) in statistično značilno poslabšal pri kontrolni skupini (32,4 %,  $p = 0,049$ ). Pri testu gibljivosti je kriterij ocenjevanja tak, da nižja vrednost pomeni boljši rezultat, zato je tudi v primeru izboljšanja sprememba negativne vrednosti, v primeru poslabšanja pa pozitivne vrednosti. Pred intervencijo razlike med skupinama niso bile prisotne ( $p = 0,856$ ), po intervenciji pa so se le-te pojavile ( $p = 0,023$ ).

Rezultati testa *funkcionalna gibljivost spodnjega dela trupa* kažejo statistično značilne razlike v učinku časa ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,040$ ;  $\eta^2 = 0,268$ ) z veliko velikostjo učinka. Učinek čas x skupina pri tej spremenljivki ni bil ugotovljen ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,366$ ). Funkcionalna gibljivost spodnjega dela trupa se je izboljšala tako pri intervencijski (21,2 %,  $p = 0,035$ ) kot pri kontrolni skupini (6,5 %,  $p = 0,024$ ). Rezultati so pokazali, da so bile razlike med skupinama statistično značilne že pred intervencijo ( $p = 0,043$ ), po njej pa razlike niso bile značilne ( $p = 0,053$ ). Pri intervencijski skupini se je gibljivost izboljšala do takšne mere, da razlike več niso bile tolikšne.

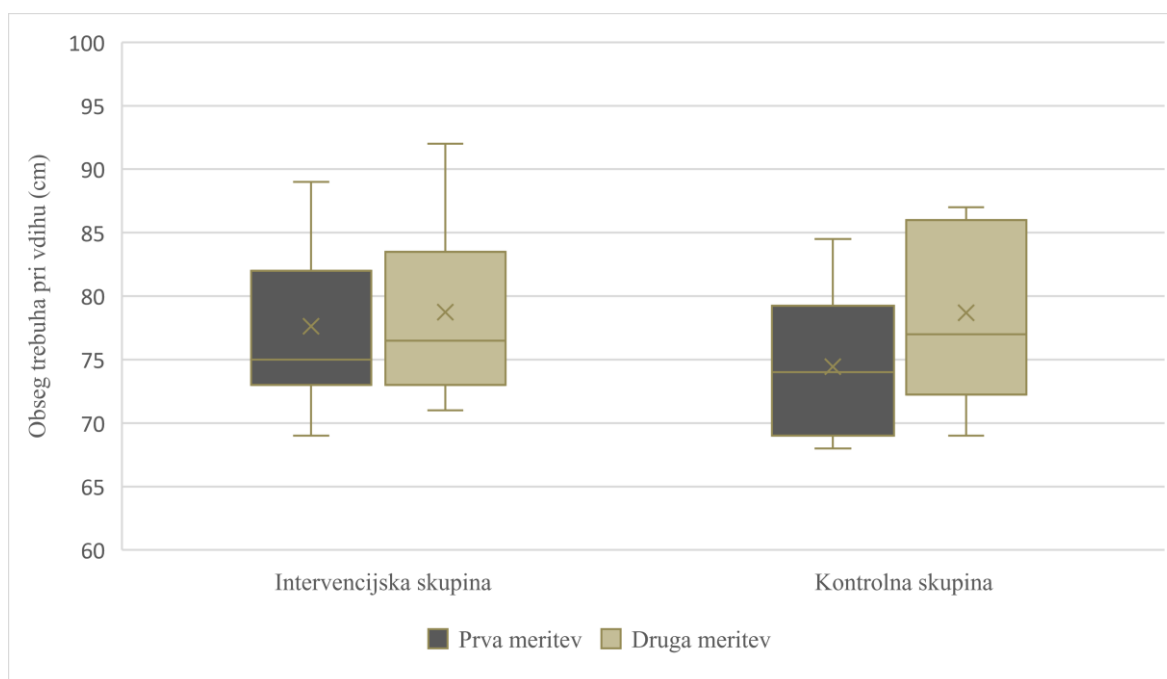
Pri ostalih spremenljivkah ni statistično značilnega učinka časa ali časa in skupine ( $p > 0,05$ ; preglednici 1 in 2).

*Obseg prsnega koša pri vdihu* se je izboljšal za 0,2 % ( $p = 0,756$ ) pri intervencijski ter za 0,6 % ( $p = 0,717$ ) pri kontrolni skupini. Rezultati so pokazali, da ni bilo statistično značilnih razlik med skupinama tako pred ( $p = 0,131$ ) kot tudi po intervenciji ( $p = 0,394$ ).

*Obseg prsnega koša pri izdihu* se je pri intervencijski skupini poslabšal za -0,3 % ( $p = 0,666$ ), pri kontrolni pa izboljšal za 1,5 % ( $p = 0,223$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,159$ ), prav tako ni bilo značilnih razlik po intervenciji ( $p = 0,581$ ).

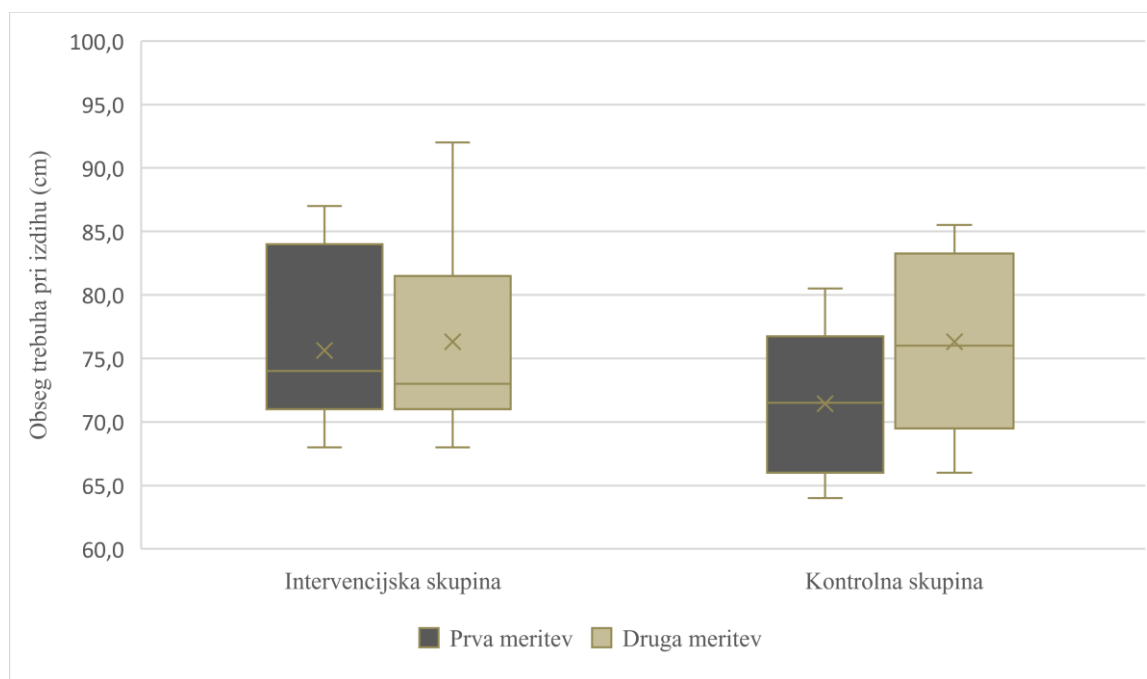
Pri parametru *gibljivost ramenskega obroča – levo* se je rezultat poslabšal tako pri intervencijski (2150 %,  $p = 0,137$ ) kot pri kontrolni skupini (1,4 %,  $p = 0,883$ ). Pri testu gibljivosti je kriterij ocenjevanja tak, da nižja vrednost pomeni boljši rezultat, zato je v primeru izboljšanja sprememba negativne vrednosti, v primeru poslabšanja pa pozitivne vrednosti. Pred intervencijo ( $p = 0,240$ ) in po njej ( $p = 0,378$ ) med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik.

Slike 1–4 prikazujejo vrednosti spremenljivk, za katere je bil učinek statistično značilen.



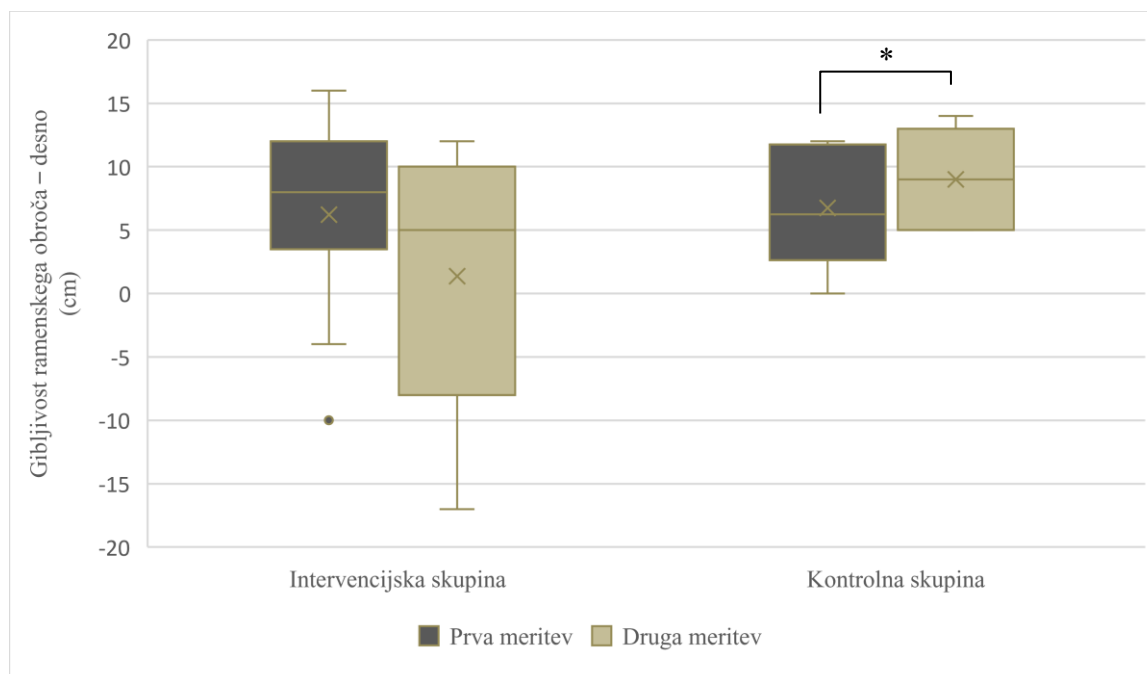
**Slika 3: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *obseg trebuha pri vdihu* (cm)**

Pri spremenljivki *obseg trebuha pri vdihu* tako pri kontrolni kot intervencijski skupini ni bilo statistično značilnih razlik pred in po intervenciji, pokazale pa so se statistično značilne razlike v učinku časa (slika 3).



Slika 4: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *obseg trebuha pri izdihu (cm)*

Pri spremenljivki *obseg trebuha pri izdihu* (slika 4) se je pokazal statistično značilen učinek časa, razlike pred in po intervenciji pa tako pri kontrolni kot intervencijski skupini niso bile statistično značilne.

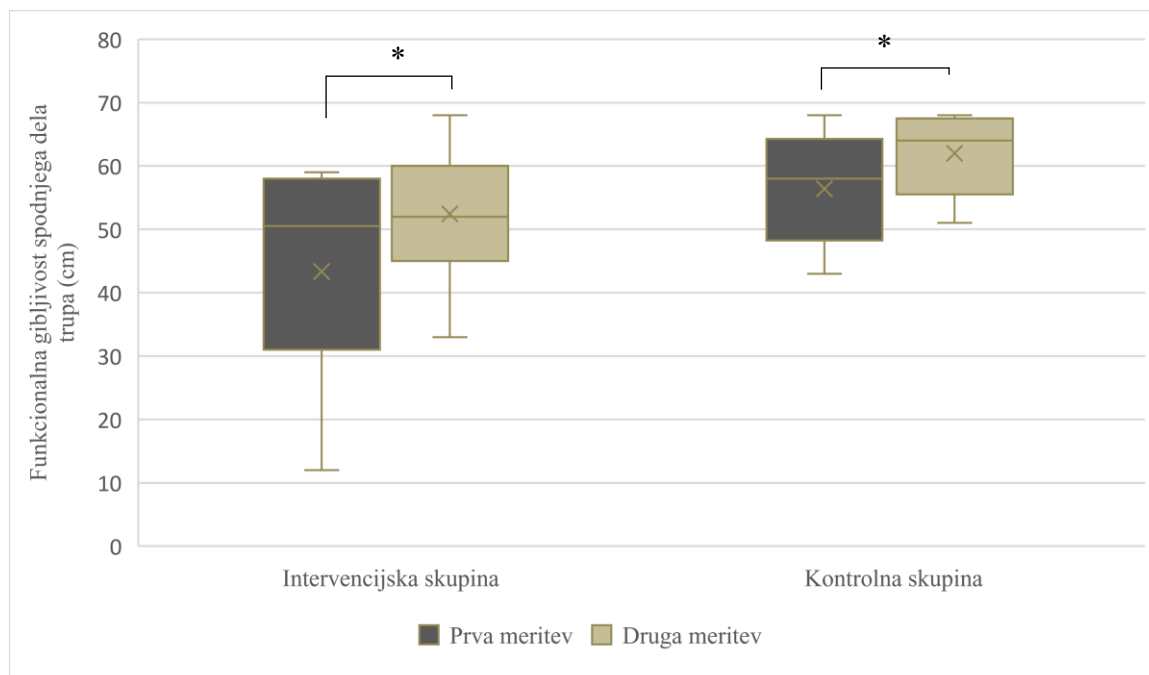


Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

Slika 4: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *gibljivost ramenskega obroča – desno (cm)*

Pri spremenljivki *gibljivost ramenskega obroča – desno* (slika 5) so se pokazale statistično značilne razlike glede na čas in skupino. Rezultat se je pri kontrolni skupini statistično značilno

poslabšal, pri intervencijski pa statistično značilno izboljšal (nižja vrednost pomeni boljši rezultat).



Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

**Slika 5:** Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *funkcionalna gibljivost spodnjega dela trupa (cm)*

Na sliki 6 so prikazani podatki spremenljivke *funkcionalna gibljivost spodnjega dela trupa*, kjer se kažejo statistično značilne razlike pred in po intervenciji tako pri intervencijski kot pri kontrolni skupini.

**Preglednica 3:** Antropometrične lastnosti in nekatere gibalne sposobnosti pred in po desetdnevni intervenciji (spremenljivke, ki niso normalno porazdeljene)

Spremenljivka	Skupina	PRVA meritev (AS ± SD)	DRUGA meritev (AS ± SD)	Sprememba (Δ %)	Wilcoxonov test predznačnih rangov (Z)	P-vrednost
Zmogljivost upogiba trupa (št. ponovitev)	I	22,7 ± 7,5	25,0 ± 0,0	10,1	-1,414	0,157
	K	20,0 ± 11,2	25,0 ± 0,0	25,0	-1,000	0,317

Legenda: I – intervencijska skupina, K – kontrolna skupina, AS ± SD – aritmetična sredina ± standardna deviacija

Zmogljivost upogiba trupa se je izboljšala tako pri eksperimentalni skupini ( $p = 0,341$ ) kot tudi pri kontrolni skupini ( $p = 0,374$ ) (preglednica 2). Med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ne pred intervencijo ( $p = 0,816$ ) ne po njej ( $p$ -vrednosti nismo mogli izračunati, ker je standardna deviacija pri obeh skupinah 0, povprečje pa enako).



## 4.2 Meritve plavalnih sposobnosti

Preglednica 4 prikazuje učinek desetdnevne intervencije vadbe vdihnih mišic na plavalne sposobnosti.

**Preglednica 4: Učinek desetdnevne intervencije na plavalne sposobnosti (normalno porazdeljene spremenljivke)**

Spremenljivka	Skupina	PRVA meritev (AS ± SD)	DRUGA meritev (AS ± SD)	Sprememba (Δ %)	P-vrednost čas (η <sup>2</sup> )	P-vrednost čas x skupina (η <sup>2</sup> )
Čas plavanja 0–25 m (s)	I	24,1 ± 6,3	23,4 ± 5,1	–2,9	0,704	0,821
	K	24,2 ± 3,6	24,0 ± 3,3	–0,8		
Čas plavanja 25–50 m (s)	I	27,7 ± 5,4	27,1 ± 5,3	–2,2	0,279	0,090
	K	27,9 ± 4,4	30,4 ± 2,4	9,0		
Čas plavanja 50–75 m (s)	I	30,2 ± 7,1	31,9 ± 8,1	5,6	0,864	0,255
	K	32,0 ± 6,5	30,8 ± 2,4	–3,8		
Čas plavanja 75– 100 m (s)	I	31,3 ± 7,1	29,8 ± 7,2	–4,8	0,972	0,441
	K	27,8 ± 3,4	29,4 ± 6,6	5,8		
Čas plavanja 0–50 m (s)	I	51,9 ± 11,3	50,5 ± 5,2	–2,7	0,782	0,352
	K	51,9 ± 7,6	54,4 ± 5,2	4,8		
Čas plavanja 50– 100 m (s)	I	61,5 ± 13,4	80,4 ± 16,1	30,7	<b>0,000 (0,895)</b>	0,213
	K	59,8 ± 5,8	83,8 ± 8,4	40,1		
Čas plavanja 0–100 m (s)	I	113,3 ± 23,4	130,9 ± 25,9	15,5	<b>0,000 (0,830)</b>	0,118
	K	111,8 ± 8,5	138,2 ± 12,7	23,6		
Dolžina drsenja (m)	I	7,9 ± 0,9	7,9 ± 1,0	0,0	0,813	0,840
	K	8,4 ± 1,2	8,5 ± 1,8	1,2		
Dolžina plavanja pod vodo (m)	I	26,1 ± 8,8	25,0 ± 8,6	–4,2	0,985	0,533
	K	22,9 ± 5,1	23,9 ± 7,3	4,4		
Zadrževanje diha pod vodo (s)	I	52,2 ± 43,6	60,3 ± 42,2	15,5	0,455	0,406
	K	57,1 ± 26,5	58,4 ± 34,5	2,3		

Legenda: I – intervencijska skupina, K – kontrolna skupina, AS ± SD – aritmetična sredina ± standardna deviacija, η<sup>2</sup> – velikost učinka

Rezultati testa *čas plavanja 50–100 m* kažejo statistično značilne razlike v učinku časa ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,895$ ) z veliko velikostjo učinka. Učinek čas x skupina pri tej spremenljivki ni bil ugotovljen ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,213$ ), kažejo pa se trendi manjšega upada časa plavanja pri intervencijski skupini. Rezultat testa plavanja 50–100 m se je statistično značilno povečal pri intervencijski skupini za 30,7 % ( $p = 0,000$ ) in pri kontrolni skupini za 40,1 % ( $p = 0,001$ ). Pred intervencijo razlik med skupinama ni bilo zaznati ( $p = 0,894$ ), prav tako ne po intervenciji ( $p = 0,584$ ). Omeniti je potrebno, da podatki pred intervencijo niso zagotovili pogoja homogenosti variance ( $p = 0,050$ ).

Rezultati testa *čas plavanja 0–100 m* prav tako kažejo statistično značilne razlike v učinku časa ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,830$ ) z veliko velikostjo učinka. Učinek čas x skupina tudi pri tej spremenljivki ni bil ugotovljen ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,118$ ). Kažejo se trendi manjšega upada časa plavanja pri intervencijski kot pri kontrolni skupini in tako vpliv intervencije na

plavalne sposobnosti. Rezultat testa plavanja 0–100 m se je statistično značilno povečal pri intervencijski skupini za 15,5 % ( $p = 0,000$ ) in kontrolni skupini za 23,6 % ( $p = 0,007$ ). Tako pred ( $p = 0,979$ ) kot po intervenciji ( $p = 0,461$ ) razlike med skupinama niso bile statistično značilne.

Pri ostalih spremenljivkah ni statistično značilnega učinka časa ali časa in skupine ( $p > 0,05$ ; preglednica 4).

*Čas plavanja 0–25 m* se je tako pri intervencijski skupini (–2,9 %,  $p = 0,551$ ) kot pri kontrolni skupini (–0,8 %,  $p = 0,942$ ) zmanjšal. Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,694$ ), prav tako jih ni bilo po intervenciji ( $p = 0,779$ ).

*Čas plavanja 25–50 m* se je pri intervencijski skupini zmanjšal (–2,2 %,  $p = 0,306$ ), pri kontrolni pa povečal za 9 % ( $p = 0,339$ ). Statistično značilnih razlik med skupinama tako pred ( $p = 0,995$ ) kot po ( $p = 0,109$ ) intervenciji ni bilo.

*Čas plavanja 50–75 m* se je pri intervencijski skupini povečal (5,6 %,  $p = 0,250$ ), pri kontrolni pa zmanjšal (–3,8 %,  $p = 0,577$ ). Statistično značilnih razlik med skupinama tako pred ( $p = 0,353$ ) kot po intervenciji ( $p = 0,702$ ) ni bilo.

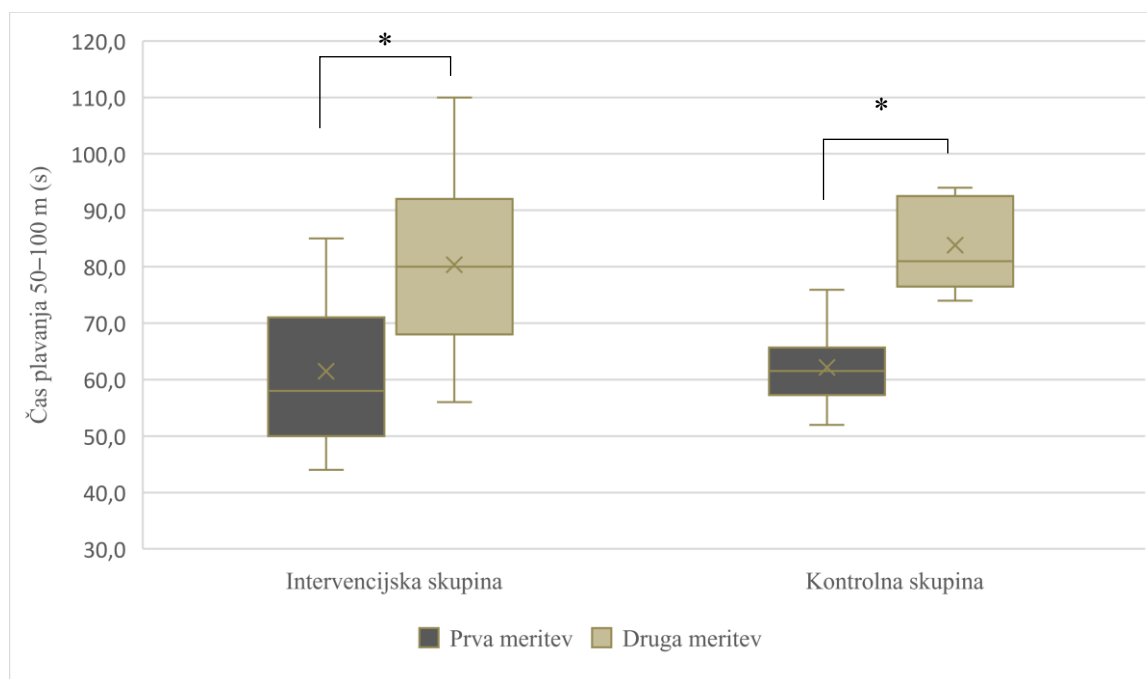
Pri testu *čas plavanja 75–100 m* se je pri intervencijski skupini čas zmanjšal (–4,8 %,  $p = 0,514$ ), pri kontrolni pa povečal (5,8 %,  $p = 0,644$ ). Tako pred ( $p = 0,420$ ) kot po intervenciji ( $p = 0,900$ ) statistično značilnih razlik med skupinama ni bilo.

*Čas plavanja 0–50 m* se je pri intervencijski skupini zmanjšal (–2,7 %,  $p = 0,447$ ), pri kontrolni pa povečal (4,8 %,  $p = 0,626$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,837$ ), prav tako ne po intervenciji ( $p = 0,327$ ).

Pri testu *dolžina drsenja* se rezultat pri intervencijski skupini ni spremenil (0 %,  $p = 0,973$ ), pri kontrolni pa se je izboljšal za 1,2 % ( $p = 0,831$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo značilnih razlik ( $p = 0,551$ ), prav tako razlik ni bilo po intervenciji ( $p = 0,502$ ).

Pri testu *dolžina plavanja pod vodo* se je rezultat pri intervencijski skupini statistično neznačilno poslabšal (–4,2 %,  $p = 0,616$ ), pri kontrolni pa neznačilno izboljšal za 4,4 % ( $p = 0,500$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,330$ ), prav tako razlik ni bilo po intervenciji ( $p = 0,800$ ).

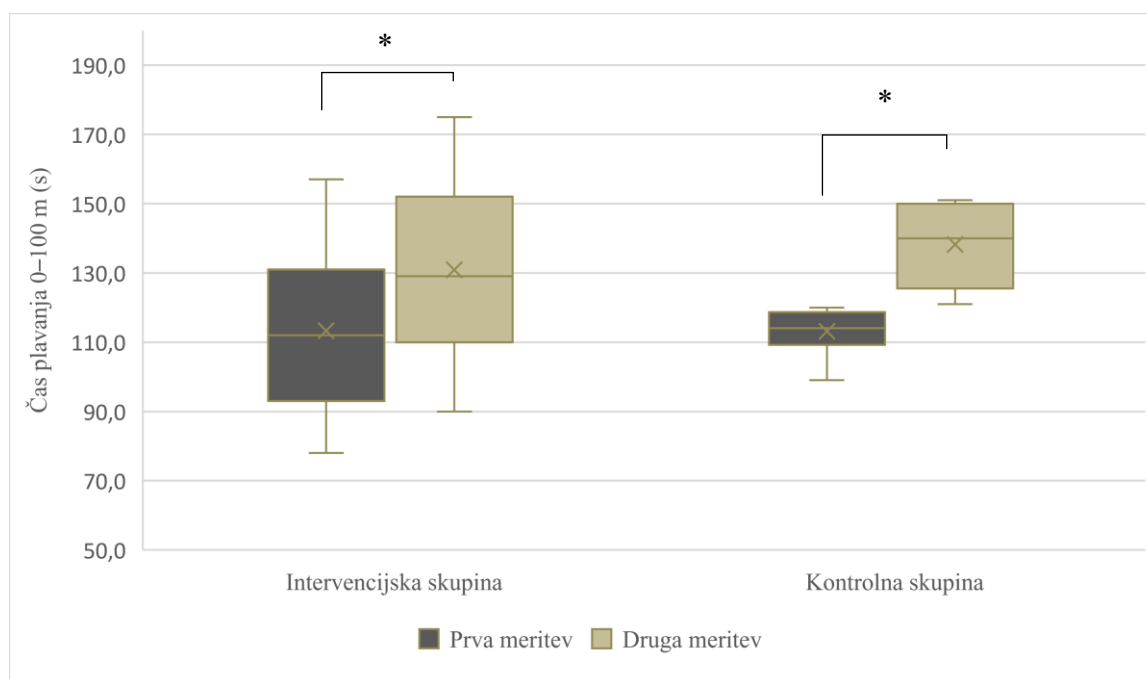
Spremenljivka *zadrževanje diha pod vodo* je bila nenormalno porazdeljena, zato smo uporabili transformirane vrednosti (LOG). Pri intervencijski skupini se je rezultat izboljšal za 15,5 % ( $p = 0,124$ ), prav tako se je rezultat izboljšal pri kontrolni skupini, in sicer za 2,3 % ( $p = 0,949$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,221$ ), prav tako jih ni bilo po intervenciji ( $p = 0,912$ ). Sliki 7 in 8 prikazujeta vrednosti spremenljivk, za katere je bil učinek statistično značilen.



Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

**Slika 6:** Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *čas plavanja 50–100 m (s)*

V testu *čas plavanja 50–100 m* so se pojavile statistično značilne razlike tako v intervencijski kot v kontrolni skupini, čas se je povečal (slika 7).



Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

**Slika 7:** Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *čas plavanja 0–100 m (s)*

Pri spremenljivki *čas plavanja 0–100 m* so se pokazale statistično značilne razlike v učinku časa. Čas se je statistično značilno povečal pri intervencijski in kontrolni skupini (slika 8).

### 4.3 Meritve dihalnih sposobnosti

Preglednica 5 prikazuje učinek desetdnevne intervencije vadbe vdišnih mišic na dihalne sposobnosti.

**Preglednica 5: Učinek desetdnevne intervencije na dihalne sposobnosti (normalno porazdeljene spremenljivke)**

Spremenljivka	Skupina	PRVA meritev (AS ± SD)	DRUGA meritev (AS ± SD)	Sprememba (Δ %)	P-vrednost čas (η <sup>2</sup> )	P-vrednost čas x skupina (η <sup>2</sup> )
Forsirana vitalna kapaciteta (l)	I	4,9 ± 1,0	4,9 ± 0,9	0,0	0,159	0,365
	K	4,3 ± 0,4	4,5 ± 1,0	4,7		
Forsiran volumen izdiha v prvi sekundi (l)	I	4,2 ± 0,9	4,2 ± 0,9	0,0	0,082	0,120
	K	3,6 ± 0,2	3,2 ± 0,5	-11,1		
Razmerje med FEV1 in FEVC (%)	I	84,7 ± 5,4	83,2 ± 4,9	-1,8	<b>0,019 (0,335)</b>	0,070
	K	85,0 ± 9,0	74,9 ± 20,9	-11,9		
Maksimalen izdišni tok (l/s)	I	8,9 ± 1,9	8,5 ± 1,6	-4,5	0,528	0,253
	K	7,6 ± 1,5	8,9 ± 4,8	17,1		
Vdišni volumen (l)	I	3,1 ± 1,1	3,2 ± 0,9	3,2	0,524	0,782
	K	2,4 ± 0,8	2,5 ± 0,7	4,2		
Buteykov test kontrole premora (s)	I	21,8 ± 4,9	33,2 ± 6,6	52,3	<b>0,000 (0,661)</b>	<b>0,044 (0,278)</b>
	K	26,6 ± 13,9	56,2 ± 36,3	111,3		
Čas štetja po maksimalnem vdihu (s)	I	31,7 ± 11,0	31,6 ± 9,7	-0,3	0,772	0,830
	K	25,2 ± 4,8	24,6 ± 3,1	-2,4		
Toleranca na CO <sub>2</sub> (s)	I	22,4 ± 22,2	32,3 ± 16,4	44,2	<b>0,005 (0,441)</b>	0,420
	K	19,6 ± 5,9	27,0 ± 5,8	37,8		

Legenda: I – intervencijska skupina, K – kontrolna skupina, AS ± SD – aritmetična sredina ± standardna deviacija, η<sup>2</sup> – velikost učinka

Za spremenljivko *FEV1/FEVC* ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,019$ ;  $\eta^2 = 0,335$ ) se je pokazal statistično značilen učinek časa z veliko velikostjo učinka. Učinek čas x skupina pri tej spremenljivki ni bil ugotovljen ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,070$ ). Rezultat razmerja med FEV1 in FEVC se je zmanjšal pri intervencijski (-1,8 %,  $p = 0,255$ ) in kontrolni skupini (-11,9 %,  $p = 0,174$ ). Kaže se manjše poslabšanje pri intervencijski skupini kot pri kontrolni. Razlike med skupinama pred intervencijo niso bile prisotne ( $p = 0,534$ ), prav tako ni bilo razlik med skupinama po intervenciji ( $p = 0,221$ ). Omeniti je potrebno, da podatki po intervenciji niso zadostili pogoju homogenosti varianc ( $p = 0,000$ ).

Rezultati *Buteykovega testa kontrole premora* kažejo statistično značilne razlike v učinku časa ( $F(1,13) = 4,667$ ;  $p = 0,000$ ;  $\eta^2 = 0,661$ ) ter časa in skupine ( $F(1,13) = 4,667$ ;  $p = 0,044$ ;  $\eta^2 = 0,278$ ) z veliko velikostjo učinka. Rezultat *Buteykovega testa kontrole premora* se je značilno povečal pri intervencijski (52,3 %,  $p = 0,001$ ) in neznačilno pri kontrolni skupini (111,3 %,  $p = 0,052$ ). Glede na rezultate lahko sklepamo, da je bila kontrolna skupina boljša in je intervencija negativno učinkovala na to spremenljivko. Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,102$ ), prav tako razlik ni bilo po intervenciji ( $p = 0,065$ ).

Omeniti je potrebno, da podatki niso zadostili pogoju homogenosti variance pred ( $p = 0,001$ ) in po intervenciji ( $p = 0,000$ ).

Rezultati parametra  $TTCO_2$  kažejo statistično značilne razlike v učinku časa ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,005$ ;  $\eta^2 = 0,441$ ) z veliko velikostjo učinka. Učinka čas x skupina pri tej spremenljivki ni bilo zaznati ( $F(1,14) = 4,600$ ;  $p = 0,420$ ). Rezultat tolerance na  $CO_2$  se je značilno povečal pri intervencijski (44,2 %,  $p = 0,037$ ) in kontrolni skupini (37,8 %,  $p = 0,001$ ). Glede na rezultate opazimo trend rahlo večjega izboljšanja pri intervencijski skupini. Razlike med skupinama pred intervencijo niso bile statistično značilne ( $p = 0,214$ ), prav tako razlik ni bilo po intervenciji ( $p = 0,360$ ). Tudi pri tej spremenljivki smo uporabili transformirane vrednosti (LOG), saj je bila porazdelitev nenormalna.

Pri ostalih spremenljivkah ni statistično značilnega učinka časa ali časa in skupine ( $p > 0,05$ ; preglednica 5).

Pri parametru  $FVC$  pri intervencijski skupini ni prišlo do sprememb v rezultatu po intervenciji (0 %,  $p = 0,104$ ), pri kontrolni skupini pa se je rezultat izboljšal za 4,7 % ( $p = 0,467$ ). Pred intervencijo so bile med skupinama prisotne statistično značilne razlike ( $p = 0,048$ ), po intervenciji pa razlike med skupinama niso bile statistično značilne ( $p = 0,450$ ).

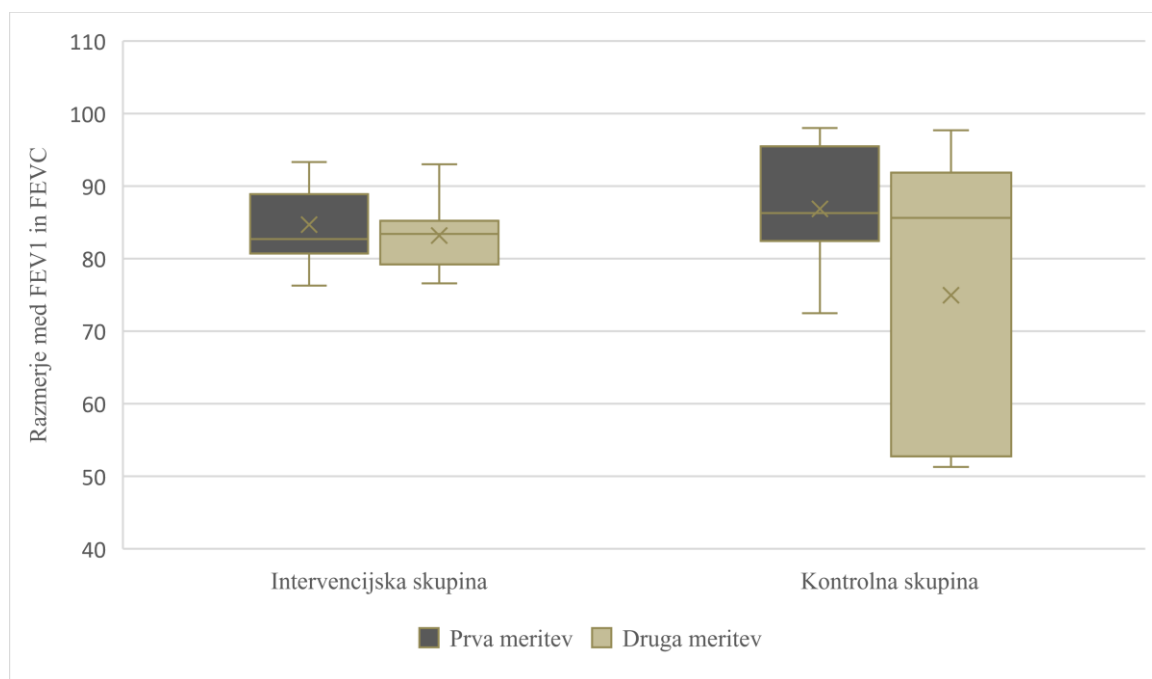
Pri rezultatu parametra  $FEV1$  pri intervencijski skupini ni prišlo do sprememb (0 %,  $p = 0,710$ ), pri kontrolni skupini pa se je rezultat poslabšal (-11,1 %,  $p = 0,278$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo značilnih razlik ( $p = 0,061$ ), po intervenciji pa so bile statistično značilne razlike prisotne ( $p = 0,032$ ).

Pri parametru  $PEF$  je prišlo pri intervencijski skupini do poslabšanja rezultata (-4,5 %,  $p = 0,234$ ), pri kontrolni skupini pa do izboljšanja za 17,1 % ( $p = 0,565$ ). Pred intervencijo so bile med skupinama prisotne statistično značilne razlike ( $p = 0,047$ ), po intervenciji pa razlike niso bile značilne ( $p = 0,869$ ). Za omenjeno spremembo, žal, ne najdemo pojasnila.

Rezultat pri parametru  $IV$  se je izboljšal, pri intervencijski skupini za 3,2 % ( $p = 0,484$ ), pri kontrolni pa za 4,2 % ( $p = 0,633$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,072$ ), prav tako ne po intervenciji ( $p = 0,111$ ).

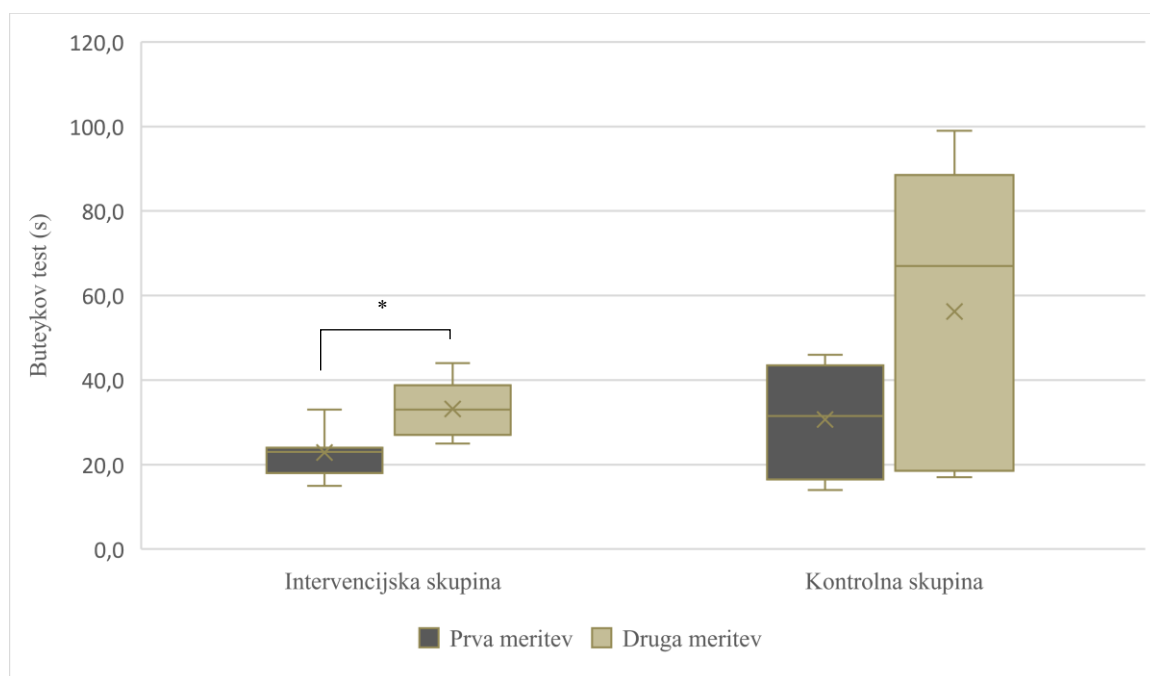
Pri parametru *čas štetja po maksimalnem vdihu* se je rezultat testa poslabšal tako pri intervencijski (-0,3 %,  $p = 0,953$ ) kot pri kontrolni skupini (-2,4 %,  $p = 0,591$ ). Pred intervencijo med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik ( $p = 0,066$ ), prav tako jih ni bilo po intervenciji ( $p = 0,141$ ).

Slike 9–11 prikazujejo vrednosti spremenljivk, za katere je bil učinek statistično značilen.



Slika 8: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *razmerje med FEV1 in FEVC*

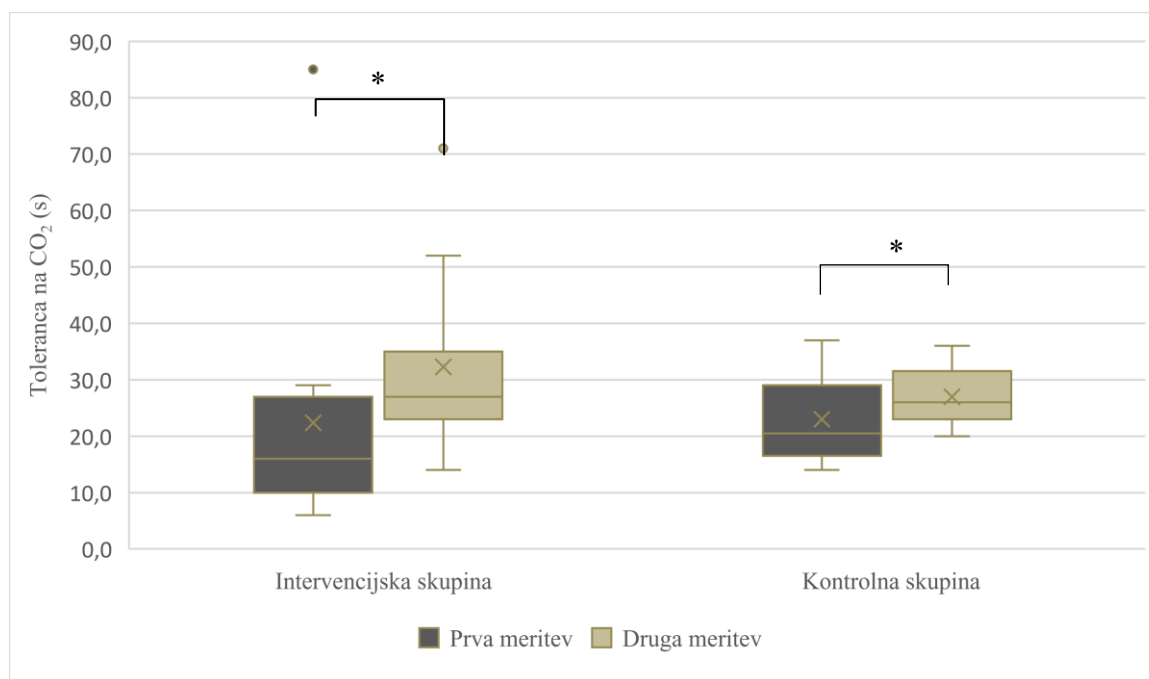
Pri spremenljivki *razmerje med FEV1 in FEVC* se je pokazal statistično značilen učinek časa. Rezultat razmerja se je pri obeh skupinah po intervenciji statistično neznačilno zmanjšal (slika 9).



Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

Slika 9: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *Buteykov test (s)*

Pri spremenljivki *Buteykov test* so se pokazale statistično značilne razlike v učinku časa ter časa in skupine. Pri intervencijski skupini se je rezultat statistično značilno povečal, prav tako pri kontrolni, ampak statistično neznačilno (slika 10).



Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

Slika 10: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke  $TTCO_2$  (s)

Pri spremenljivki  $TTCO_2$  se je rezultat statistično značilno povečal tako pri intervencijski kot pri kontrolni skupini (slika 11).

Preglednica 6: Učinek desetdnevne intervencije na dihalne sposobnosti (spremenljivke, ki niso normalno porazdeljene)

Spremenljivka	Skupina	PRVA meritev (AS ± SD)	DRUGA meritev (AS ± SD)	Sprememba (Δ %)	Wilcoxonov test predznačnih rangov (Z)	P-vrednost (r)
Maksimalna vdišna moč (cmH <sub>2</sub> O)	I	122,3 ± 19,5	136,4 ± 22,6	11,5	-2,934	0,003 (-0,626)
	K	98,3 ± 11,9	112,6 ± 9,9	14,5	-2,023	0,043 (0,640)
Maksimalni vdišni tok (l/s)	I	6,7 ± 1,1	7,3 ± 1,3	9,0	-3,413	0,001 (0,588)
	K	5,5 ± 0,7	6,1 ± 0,6	10,9	-2,023	0,043 (-0,640)

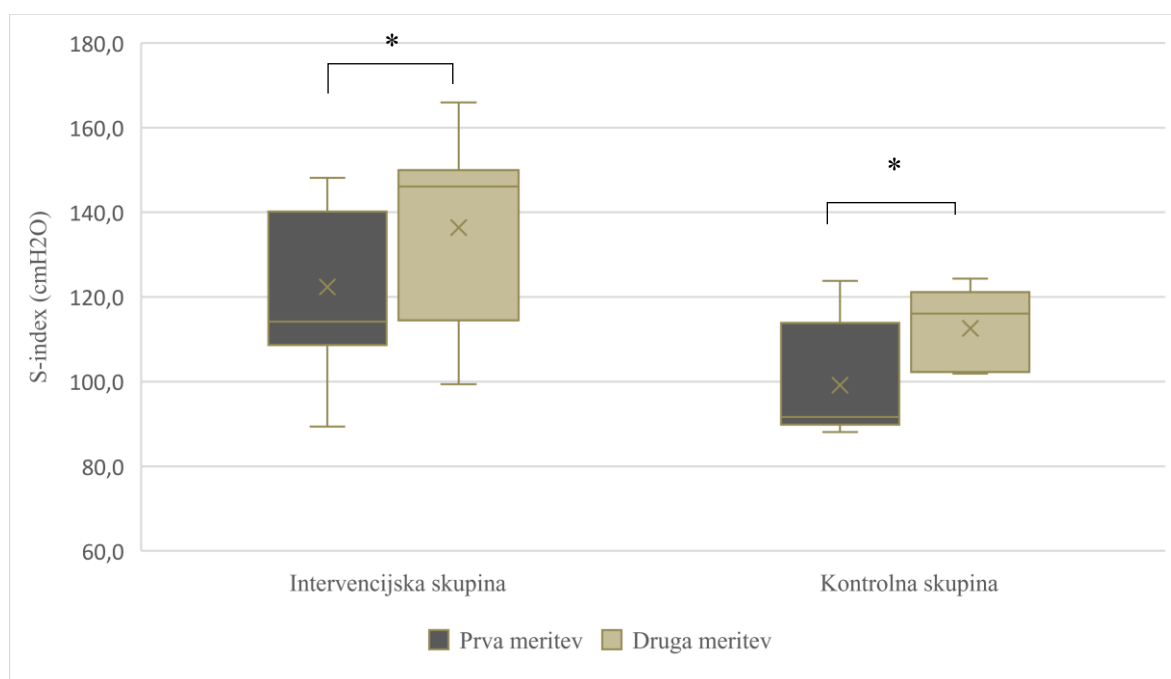
Legenda: I – intervencijska skupina, K – kontrolna skupina, AS ± SD – aritmetična sredina ± standardna deviacija, r – velikost učinka

Rezultati *Wilcoxonovega testa predznačnih rangov* kažejo, da je intervencija statistično značilno z veliko velikostjo učinka ( $Z = -2,934$ ,  $p = 0,003$ ;  $r = -0,626$ ) vplivala na spremembo rezultata (11,5 %) intervencijske skupine pri parametru *maksimalna vdišna moč*. Statistično značilne razlike (14,5 %) so se pri tem testu pokazale tudi pri kontrolni skupini ( $Z = -2,023$ ,  $p$

= 0,043;  $r = 0,640$ ). V intervencijski skupini se je osmim osebam izboljšal rezultat, trem pa poslabšal. Pri kontrolni skupini se je trem osebam rezultat izboljšal, dvema poslabšal, trije pa druge meritve niso opravili. Rezultati analize so pokazali, da so bile razlike med skupinama statistično značilne tako pred intervencijo ( $p = 0,026$ ) kot tudi po njej ( $p = 0,042$ ).

Rezultati *Wilxonovega testa predznačnih rangov* ( $Z = -3,413$ ) kažejo, da je intervencija statistično značilno z veliko velikostjo učinka ( $p = 0,001$ ,  $r = 0,588$ ) vplivala na spremembo rezultata (9,0 %) intervencijske skupine pri parametru *maksimalen vdišni tok*. V časovnem obdobju desetih dni se je statistično značilno izboljšal rezultat (10,9 %) tudi pri kontrolni skupini ( $Z = -2,023$ ;  $p = 0,043$ ,  $r = -0,649$ ). Razlike med skupinama so bile pred intervencijo statistično značilne ( $p = 0,026$ ), po intervenciji pa razlike med skupinama niso bile značilne ( $p = 0,077$ ).

Sliki 12 in 13 prikazujeta vrednosti spremenljivk, za katere je bil učinek statistično značilen.

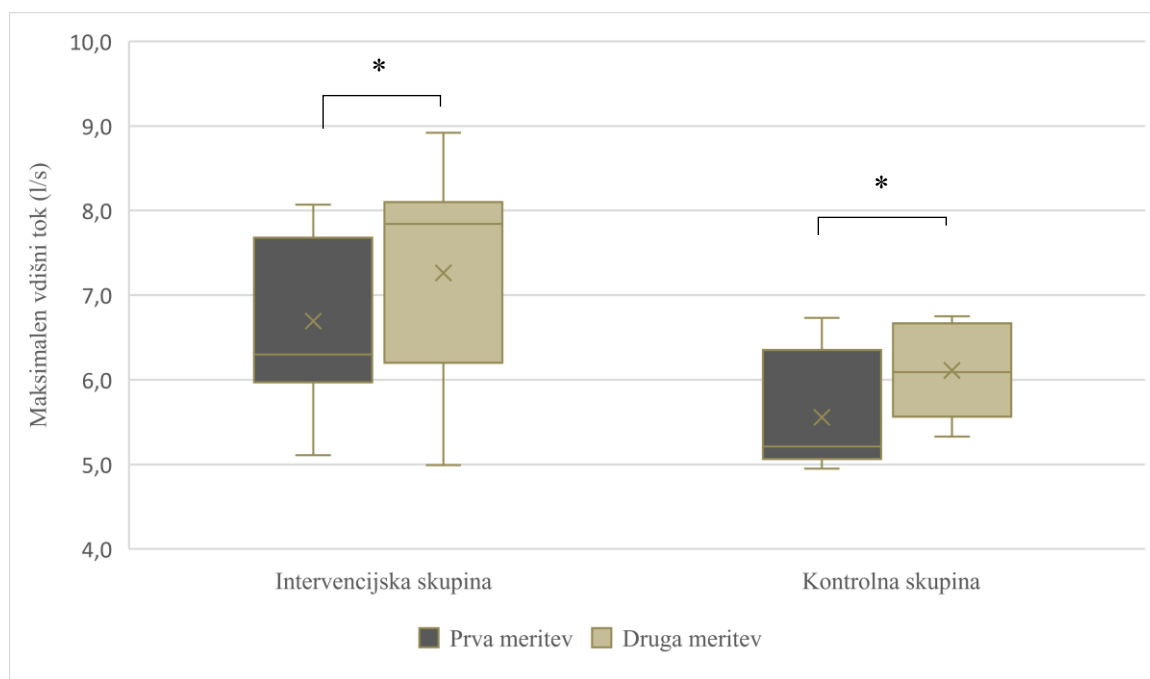


Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

Slika 11: Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *maksimalna vdišna moč* (cmH2O)



Pri spremenljivki *S-index* se je pokazalo statistično značilno izboljšanje tako pri intervencijski kot pri kontrolni skupini (slika 12). Razlike so bile med skupinama prisotne že pred intervencijo.



Legenda: \* - statistična značilnost ( $p < 0,05$ )

**Slika 12:** Grafični prikaz škatle z brki za vrednosti spremenljivke *maksimalen vdišni tok (l/s)*

Pri spremenljivki *PIF* so se pokazale statistično značilne razlike pred in po intervenciji v obeh skupinah (slika 13).

## 5 RAZPRAVA

V pregledani literaturi nismo zasledili opravljene analize vpliva vadbe moči DM na ohranjanje športnospecifičnih rezultatov v obdobju brez trenažnega procesa. Zasledili smo le analize učinka omenjene vadbe na izboljšanje dihalnih funkcij in rezultatov v različnih športnih disciplinah, vsakokrat kot dopolnilo k redni vadbi (Illl idr., 2012; Bell, 2013; Romer, 2002b; Pupišova, 2014; Wylegala, 2007; Vašičkova, 2017; Okrzymowska, 2019; Kilding, 2010; Shei, 2016). Tako opazamo, da primanjkuje teoretičnih izhodišč, na osnovi katerih bi lahko z izbiro ustrezne metode vadbe, ki ni športnospecifična, vplivali na čim manjši upad sposobnosti med trenažnimi odmori. Zato nas je zanimalo, ali lahko med premorom z vadbo dihalnih mišic ohranimo oziroma zmanjšamo upad plavalnih sposobnosti, ki smo jih imeli pred odmorom. Zanimalo nas je tudi, koliko časa je potrebnega za dosego napredka v dihalni zmogljivosti oziroma ali je napredek v krajšem obdobju (obdobju odmora) sploh možen. V literaturi so opravljali minimalno štiritedenski program VVM (Illl idr., 2012; Bell, 2013; Romer, 2002b; Pupišova, 2014; Wylegala, 2007; Vašičkova, 2017; Okrzymowska, 2019; Kilding, 2010; Shei, 2016).

Namen naloge je bil ugotoviti učinek desetdnevne vadbe moči VM na ohranjanje plavalnih sposobnosti po končanem strnjenem tečaju plavanja. Zanimal nas je tudi učinek omenjene vadbe na izbrane spremenljivke pljučnih funkcij in moči VM, ki smo jih izmerili z uporabo spirometra in naprave Powerbreathe. V skladu z namenom smo izvedli meritve plavalnih in dihalnih sposobnosti ter dodatne meritve antropometrije, gibljivosti in moči. Študente in študentke smo naključno razdelili v intervencijsko (N = 11) in kontrolno skupino (N = 8).

Rezultati začetnih meritev so pokazali, da sta se skupini v nekaterih testih statistično značilno razlikovali. V antropometričnih merah in plavalnih sposobnostih statistično značilnih razlik med intervencijsko in kontrolno skupino ni bilo, so se pa pokazale pri S-indexu ( $p = 0,026$ ), PIF ( $p = 0,026$ ), PB\_PNV ( $p = 0,025$ ), FEVC ( $p = 0,048$ ), PEF ( $p = 0,047$ ) in FGSDT ( $p = 0,043$ ).

Na podlagi analize rezultatov lahko ugotovimo, da je po desetdnevni intervenciji prišlo do sprememb pri nekaterih spremenljivkah pljučnih funkcij (dihalnih sposobnostih), antropometričnih merah in plavalnih sposobnostih. Maksimalna vdišna moč se je statistično značilno povečala tako pri intervencijski ( $p = 0,003$ ) kot pri kontrolni skupini ( $p = 0,043$ ). Učinka časa ter časa in skupine pri tej meri nismo mogli določiti, saj so bili podatki porazdeljeni nenormalno in smo morali uporabiti neparametrični test, ki tega učinka ne določa. Glede na to, da je bilo pri prvi skupini povečanje 11,5-%, pri drugi pa 14,5-%, ne moremo z gotovostjo trditi, da je povečanje moči vdišnih mišic posledica intervencije, čeprav je statistična moč večja pri intervencijski skupini. Lahko pa vzamemo v vednost podatke, da se je v intervencijski skupini rezultat izboljšal pri 8/11 preiskovancev, v kontrolni pa pri 3/5 (nekoliko večji odstotek dosežemo pri intervencijski skupini). Učenje naloge ima prav tako učinek, ki se odraža v postopnem izboljšanju vdišnih pritiskov s ponavljajočimi se meritvami (McConnell, 2011). Teorijo o vplivu učenja pri opravljanju testa lahko zavržemo, saj so imeli preiskovanci pred prvo izvedbo možnost poizkusa nekaj vdihov. Poleg tega pa smo iskali in upoštevali le najboljši

dosežen rezultat (enega izmed tridesetih vdihov). Sklepamo, da je bil čas intervencije prekratek, da bi lahko bile razlike v spremembi rezultata med intervencijsko in kontrolno skupino večje (oziroma da bi obstajale). Če gledamo le spremembo S-indexa v intervencijski skupini, se rezultati naše raziskave skladajo z rezultati nekaterih pregledanih študij, kjer je bilo izboljšanje rezultata prisotno. 11,5-% napredek v naši raziskavi je statistično značilen in nekoliko manjši kot 45,3-% napredek v raziskavi Volianitis idr. (2001), 28-% napredek v raziskavi Romer idr. (2002a), 19,4-% napredek v Romer idr. (2002b), 26-% napredek v Griffiths in McConnell (2007), 17,1-% napredek v Johnson idr. (2007), 20-% napredek v Okrzymovska idr. (2019), 44,7-% napredek v Janssensl idr. (2014) in večji kot 9,1-% napredek v Kilding idr. (2010). Iz omenjenih raziskav lahko opazimo nekakšen trend večjega napredka v odvisnosti od časa. Vidimo, da je bil napredek po enajstih tednih največji, in sicer 45,3-% (Volianitis idr, 2001), po osmih tednih med 44,7 % (Janssensl, 2014) in 20 % (Okorzymovska idr., 2019) in po šestih tednih med 28 % (Romer idr, 2002a) in 9,1 % (Kilding, 2010). Griffiths in McConnell (2007) pa sta dokazali, da je nekoliko večji napredek možen že po štirih tednih. Če upoštevamo še kontrolno skupino, je bila razlika v napredku med skupinama v vseh raziskavah višja, kot so pokazali rezultati naše raziskave. Za vsaj 8,9 % (Kilding idr., 2010) je bilo izboljšanje rezultata intervencijske skupine višje napram kontrolni. Ob upoštevanju tega dejstva lahko dvomimo v učinek treninga vdišnih mišic na izboljšanje vdišne moči, ki so ga naši preiskovanci opravili v desetih dneh. Pričakovali bi večje procentualno izboljšanje rezultata intervencijske skupine oziroma večjo razliko med skupinama, in sicer v prid vadbene skupine. Na podlagi tega opazovanja lahko potrdimo naše sklepanje o tem, da je desetdnevna vadba najverjetneje nekoliko prekratka za večji napredek. **Hipotezo 1**, ki pravi, da bo desetdnevna vadba za razvoj vdišnih mišic izboljšala moč vdišnih mišic, tako lahko tako le **delno potrdimo**.

Kot pri prejšnji spremenljivki se je tudi maksimalni vdišni tok statistično značilno povečal tako pri intervencijski ( $p = 0,001$ ) kot kontrolni skupini ( $p = 0,043$ ). Pri prvi je bilo povečanje 9-%, pri drugi pa 10,9-%. Tudi tu ne moremo določiti učinka časa ter časa in skupine, ker so bile vrednosti porazdeljene nenormalno in smo morali uporabiti neparametrični test, ki tega učinka ne določa. Glede na dobljene rezultate tudi tukaj ne moremo trditi, da je izboljšanje posledica intervencije. Sklepamo lahko, da se je največji pretok vdihanega zraka na sekundo povečal prav zaradi povečanja moči vdišnih mišic, ki omogočajo hitrejši in močnejši vdih. Prav to trdita tudi Romer in McConnell (2003), ki pravita, da je največja hitrost vdihanega zraka sorazmerna z vdišno močjo in se povečuje s treningom in zmanjšanjem odziva na utrujenost. Tudi tu opazimo, da je bilo izboljšanje rezultata pri kontrolni skupini nekoliko večje. Lahko bi trdili, da je to skladno s povečanjem vdišne moči. Po pregledu literature smo ugotovili, da so v raziskavah, kjer so spremljali spremembe v sposobnosti največjega vdišnega toka, ugotovili izboljšanje rezultata po VVM. Tako so Romer idr. (2002a) v svoji raziskavi ugotovili statistično značilno povečanje PIF v intervencijski skupini za 17 % ( $p \leq 0,001$ ), medtem ko v kontrolni razlik ni bilo. V raziskavi Romer idr. (2002b) navajajo 22-% izboljšanje, Pupisova idr. (2014) pa so ugotovili 17,8-% izboljšanje vdišnega toka. Zaključimo lahko, da se naši rezultati delno skladajo z rezultati omenjenih raziskovalcev (v obzir je potrebno vzeti povečanje PIF v kontrolni skupini) ter da obstaja povezava med izboljšanjem maksimalnega vdišnega pritiska in maksimalnega vdišnega toka.

Omenimo lahko, da se ob izboljšanju vdišne moči in toka vdišni volumen ni statistično značilno povečal. Zasledili smo manjša izboljšanja pri intervencijski (3,2 %,  $p = 0,484$ ) in kontrolni skupini (4,2 %,  $p = 0,633$ ), vendar učinka časa ( $p = 0,524$ ) ter časa in skupine ( $p = 0,782$ ) nismo potrdili. Opazili smo, da so pri redkih raziskavah, kjer so spremljali spremembe v vdišni moči, spremljali tudi spremembe v vdišnem volumnu. Eni izmed takih so Pupišova idr. (2014), ki so zaznali 16,6 % povečanje. Kapaciteto pljuč so spremljali preko FEVC, ki se v večini ni statistično značilno spremenila (Romer idr., 2002a, Romer idr., 2002b, Wylegala idr., 2006 in Kilding idr., 2010). Vašičkova s sodelavci (2017) tako kot mi ni ugotovila statistično značilnih sprememb v povečanju bodisi VC (1,2 %) bodisi IC (0,4 %). Na drugi strani pa so v raziskavi Okrzymowske idr. (2019) ugotovili 15-% povečanje VC in 27,5-% povečanje FVC. V naši raziskavi se FEVC in FEV1 pri intervencijski skupini praktično nista spremenila (0,0 %), pri kontrolni pa se je nekoliko izboljšala FEVC (4,7 %) in poslabšal FEV1 (-11,1 %), oboje statistično neznačilno. Po podrobnejšem pregledu rezultatov smo ugotovili, da so se vrednosti pri drugem merjenju pri vseh, razen pri enem preiskovancu, povečale. Sklepamo, da je tudi v tem primeru vadbeno obdobje desetih dni nekoliko prekratko, da bi bilo možno zaznati spremembe v povečanju IV.

Statistično značilen učinek časa z veliko velikostjo učinka se je pokazal pri razmerju med FEV1 in FEVC ( $p = 0,019$ ). Pri intervencijski skupini je ostal rezultat skoraj nespremenjen, razlika v poslabšanju za -1,8 % ni bila statistično značilna ( $p = 0,255$ ), prav tako ni bilo statistično značilno poslabšanje razmerja pri kontrolni skupini (-11,9 %,  $p = 0,174$ ). Razmerje pokaže koeficient količine izdihanega zraka v določeni časovni enoti glede na vitalno kapaciteto pljuč. Pogosto se uporablja kot diagnostični test za obstrukcijo dihal, to je za zožanje dihalnih poti. Vrednosti okoli 0,8 so normalne, pod 0,8 pa pomenijo pomembno obstrukcijo (Boundless, 2020).

Rezultati testa tolerance na CO<sub>2</sub> so pokazali statistično značilen učinek časa ( $p = 0,005$ ) z veliko velikostjo učinka. Statistično značilno izboljšanje rezultata smo ugotovili tako pri intervencijski (44,2 %,  $p = 0,045$ ) kot tudi pri kontrolni skupini (37,8 %,  $p = 0,001$ ). Čeprav je bilo izboljšanje prenašanja CO<sub>2</sub> v sistemu, nekoliko večje pri intervencijski skupini, ne moremo z gotovostjo trditi, da je to posledica intervencije. Pa tudi učinek časa in skupine ni bil statistično značilen. Izboljšanje tolerance na CO<sub>2</sub> pomeni manjši občutek generalizirane tesnobe, kar vodi k nižji ravni kortizola in tako boljši fizični in mentalni zmogljivosti (Crux fitness, 2020).

Pri rezultatu Buteykovega testa kontrole premora smo ugotovili statistično značilen učinek tako časa ( $p = 0,000$ ) kot časa in skupine ( $p = 0,044$ ) z veliko velikostjo učinka. Pri intervencijski skupini se je rezultat statistično značilno izboljšal za 52,3 % ( $p = 0,001$ ), pri kontrolni pa statistično neznačilno za 111,3 % ( $p = 0,052$ ). Rezultati so bili porazdeljeni tako, da program statistične značilnosti ni mogel potrditi, dve vrednosti sta krepko izstopali nad ostalimi in dvignili povprečje. Glede na rezultate lahko sklepamo, da je bila kontrolna skupina boljša in je intervencija negativno učinkovala na to spremenljivko. Z intervencijo smo delovali na VM in izgleda, da je prav neaktivnost IM (pasiven izdih) med vadbo vplivala na slabšo kontrolo izdiha. Ob krepitvi enih in neaktivnosti drugih lahko pride do »asimetrij« v moči in togosti, kar lahko

nekoliko vpliva na delovanje. Tudi pri Buteykovem testu lahko pomislimo na možnost, da so izkušnje prvega merjenja vplivale na izvedbo drugega. Podzavestno lahko človek izdihne nekoliko manj zraka, ko ve, da bo moral zadrževati sapo čim dlje. Pri testu je to težko kontrolirati, saj je merilo le občutek in lastno zaznavanje preiskovanca.

Vadba moči VM vpliva na mišične strukture, ki so vključene v funkcijo dihanja. Tako imenovane DM (trebušna prepona, zunanje medrebrne mišice, skalenske mišice in mišica obračalka glave) se pri tem krepijo (McConnell, 2011), obenem pa predvidevamo, da se lahko poveča tudi gibljivost prsnega koša. Ob vsakem forsiranem vdihu se prsni koš maksimalno razširi, ob tem pa se raztegnejo tudi izdišne mišice (notranje medrebrne mišice, vzdolžne trebušne mišice, zunanja poševna trebušna mišica, prečna trebušna mišica in notranja poševna trebušna mišica), ki delujejo v nasprotni smeri. Predvidevamo, da se tako s časom vadbe ob povečani moči VM povečuje tudi gibljivost v prsnem košu. Sicer pa literature oziroma raziskav, ki bi spremljale več antropometričnih mer v obdobju vsaj štirih tednov nismo zasledili. Po drugi strani pa lahko že sama gibljivost tako prsnega koša kot ramenskega obroča, hrbtenice in ostalih skeletno-mišičnih struktur, ki so povezane s prsnim košem in hrbtenico, vpliva na učinkovitost dihanja in dihalne funkcije. Predvidevali bi lahko, da to omogoči tudi večji razpon prsnega koša in večji obseg, a rezultati tega ne potrjujejo. Celo nasprotno, pokazalo se je večje povečanje pri kontrolni skupini. Pri analizi rezultatov antropometričnih vrednosti smo ugotovili statistično značilen učinek časa ( $p = 0,017$ ) z veliko velikostjo učinka na povečanje obsega trebuha pri vdihu. Pri intervencijski skupini je bilo prisotno povečanje za 1,4 %, pri kontrolni pa za 4,8 %, pri obeh skupinah statistično neznačilno. Prav tako smo ugotovili statistično značilen učinek časa z veliko velikostjo učinka pri obsegu trebuha pri izdihu ( $p = 0,039$ ). Tudi tukaj je bilo povečanje trebuha statistično neznačilno, in sicer pri intervencijski skupini za 0,9 %, pri kontrolni pa za 5,7 %. Ugotavljamo, da se je obseg trebuha pri vdihu in izdihu povečal približno v enaki meri pri obeh skupinah. Razloga za to bi po našem mnenju lahko bila povečana moč VM in tako večja togost, a se je pri skupini brez intervencije nakazala večja sprememba. V tem primeru rezultata ne znamo pojasniti.

Glede na rezultate lahko ugotovimo povečanje gibljivosti v ramenskem obroču (desno), kjer smo zaznali statistično značilen učinek časa in skupine z veliko velikostjo učinka ( $p = 0,010$ ). Pri obeh skupinah so bile razlike kar velike, pri intervencijski se je gibljivost statistično neznačilno zmanjšala za -77,4 % ( $p = 0,077$ ), pri kontrolni pa statistično značilno povečala za 32,4 % ( $p = 0,049$ ). Po podrobnejšem pregledu podatkov smo zaznali, da je pri intervencijski skupini pri drugi meritvi le ena vrednost zelo odstopala tako od prve meritve kot od ostalih podatkov drugega merjenja, kar je vplivalo na nižjo povprečno vrednost. Ostale vrednosti so bile razporejene tako, da program razlik ni mogel prepoznati kot statistično značilnih. Pri gibljivosti in interpretaciji podatkov je potrebno biti zelo pozoren, saj je gibljivost, tako kot nekatere druge gibalne sposobnosti, zelo odvisna od posameznikove aktivnosti pred raziskavo in od cirkadianega obdobja. Tu lahko rezultat pogosto variira iz dneva v dan ali celo tekom dneva (Atkinson in Reilly, 1996; Baxter in Reilly, 1983). Kljub povečanju povprečnega rezultata drugih meritev gibljivosti ramenskega obroča (levo) tudi tam ni statistično značilnih razlik. Ugotovili smo še statistično značilen učinek časa ( $p = 0,040$ ) z veliko velikostjo učinka

na funkcionalno gibljivost spodnjega dela telesa. Pri intervencijski skupini se je gibljivost statistično značilno povečala za 21,2 % ( $p = 0,035$ ), pri kontrolni pa za 6,5 % ( $p = 0,024$ ). Glede na to, da je pri tem testu uspešnost odvisna od gibljivosti celotne verige zadnjega dela telesa, iztegovalk kolka, iztegovalk trupa in ramenskega obroča lahko tudi to do določene mere povežemo z izboljšanjem moči VM. Gibljivost ramenskega obroča in prsnega dela hrbtenice lahko na tem mestu pripomore k izboljšanju dihalnih sposobnosti.

Kot smo omenili že v uvodnem delu, v nekaterih člankih zasledimo povezanost izboljšanja dihalnih funkcij in nekaterih plavalnih sposobnosti. V naši raziskavi nas je predvsem zanimalo ohranjanje oziroma čim manjši upad plavalnih sposobnosti. Po pregledu in analizi rezultatov smo ugotovili, da se je pokazal statistično značilen učinek časa pri testih časa plavanja 50–100 m ( $p = 0,000$ ) in časa plavanja 0–100 m ( $p = 0,000$ ). Znano je, da po kratkem času izpada iz trenažnega procesa gibalne sposobnosti športnikov za nekaj odstotkov upadejo, več pri bolj treniranih in nekoliko manj pri manj treniranih športnikih. Pri testu časa plavanja 50–100 m se je čas pri intervencijski skupini statistično značilno povečal za 30,7 % ( $p = 0,000$ ), pri kontrolni pa za 40,1 % ( $p = 0,001$ ). Pri testu časa plavanja 0–100 m pa se je pri intervencijski skupini statistično značilno povečal za 15,5 % ( $p = 0,000$ ), pri kontrolni pa za 23,6 % ( $p = 0,007$ ). Vidimo lahko, da se je pri obeh testih čas plavanja pri kontrolni skupini povečal v večji meri kot pri intervencijski. Glede na statistične razlike znotraj skupine v času plavanja na 100 m opazimo trend manjšega upada plavalnih sposobnosti pri intervencijski skupini, iz česar lahko sklepamo, da je imela intervencija vpliv na ohranjanje plavalnih sposobnosti. Poslabšanje rezultata je še vedno kar veliko. Glede na to, da sta se S-index in PIF pri obeh skupinah povečala ter rezultat plavanja poslabšal (pri kontrolni skupini nekoliko bolj), pri tem pa tudi učinek časa in skupine ni bil statistično značilen, ne moremo z gotovostjo trditi, da je bila v naši raziskavi povezava med spremenljivkama moč vdiha in čas plavanja prisotna. Lahko pa predvidevamo, da je imela intervencija vpliv na lažje premagovanje hidrostatskega tlaka vode med plavanjem, saj izven vode razlike v povečanju moči med skupinama ni bilo. Razlika je bila opazna šele v vodi. **Hipotezo 2**, ki pravi, da bo desetdnevna vadba za razvoj vdišnih mišic imela učinek na ohranjanje plavalnih sposobnosti v plavanju na 100 m, tako lahko **potrdimo**. Zasledili nismo nobene raziskave, ki bi, tako kot smo mi, preučevala učinek vadbe dihalnih mišic brez hkratnega športnospecifičnega treninga, a so Nahtigal (2015) ter Kilding idr. (2010) z vključitvijo vdišnega treninga k trenažnemu procesu ugotovili napredek pri plavanju. Napredek pri plavanju na 100 m in 200 m se je pokazal v izboljšanju rezultata. Pri plavanju na razdaljo 400 m pa Kilding idr. (2010) niso mogli potrditi izboljšanja, a predvidevajo, da je prišlo do statistične anomalije, saj ne vidijo fiziološkega razloga za drugačen odziv po 400 m plavanja. Tako se rezultati naše raziskave nagibajo k ugotovitvam omenjenih avtorjev in bi se ob ohranitvi plavalnega treninga najverjetneje izboljšali. Po pregledu literature McConnell (2011) trdi, da se z vključitvijo VVM k plavalnemu treningu izboljša sposobnost zadržanja globljega in počasnejšega dihalnega vzorca, kar izboljša učinkovitost dihalne in gibalne skladnosti. Izboljša se sposobnost hitrejšega vdiha in ohranjanje visokega pljučnega volumna. Pravi, da je rezultat tega boljši položaj telesa med plavanjem in boljša mehanika zaveslaja, možno pa je tudi zmanjšati število vdihov na zaveslaj, kar se vse odraža na hitrejšem plavanju.

Lahko omenimo še statistično neznačilno izboljšanje rezultata v testu zadrževanja diha pod vodo. Rezultati kažejo na 15,5-% ( $p = 0,124$ ) izboljšanje rezultata pri intervencijski skupini, medtem ko se je pri kontrolni skupini rezultat izboljšal za 2,3 % ( $p = 0,949$ ). Tu lahko zaznamo trend izboljšanja sposobnosti zadrževanja diha. Pri testu dolžine plavanja pod vodo nismo zaznali niti statistično značilnih sprememb niti pomembnih razlik pred in po intervenciji znotraj obeh skupin. Izsledki naše raziskave se ne skladajo z nekaterimi raziskavami, kjer pa so zaznali izboljšanja. McConnell (2011) omenja več raziskav, kjer je bilo dokazano izboljšanje v uspešnosti podvodnega plavanja, sicer s plavutjo, a so ugotovili izboljšanje v vzdržljivosti. Tudi Pupisova idr. (2014) so poleg boljše vdišne moči in vdišnega pretoka zaznali značilno izboljšanje v DPPV z enim vdihom. V okviru preučevanja dolžine drsenja na površini nismo zasledili nobene raziskave, ki bi spremljala ta parameter. **Hipoteze 3**, ki pravi, da bo imela desetdnevna vadba za razvoj vdišnih mišic učinek na ohranjanje plavalnih sposobnosti, povezanih s trajanjem izvedbe (dolžina plavanja pod vodo, dolžina drsenja v vodi, zadrževanje diha pod vodo), tako **ne moremo potrditi**.

Nekateri avtorji pravijo, da se pri plavalcih zaradi narave plavanja in zahtev dihanja obseg prsnega koša poveča v večji meri. Fiziološko (s povečanjem števila arteriol) se razvijejo tudi pljuča in tako naj bi bili plavalci dovzetnejši za spremembe, torej za izboljšave v dihalnih sposobnostih. Dodati vendarle velja, da se pri Kildingu idr. (2010), kjer so bili preiskovanci plavalci, ta trend ni pokazal. Izboljšanje parametrov respiratornega sistema kaže na pomembnost uporabe takega tipa treninga v procesu športne edukacije, še posebej pri ljudeh, ki imajo bolezenske težave s pljučno ventilacijo in upadom moči vdišnih mišic, dodajajo v raziskavi Okrzybowske idr. (2019).

## 6 ZAKLJUČEK

Dihanje med plavanjem se razlikuje od dihanja med gibanjem na kopnem, saj pri kravlu, prsnem plavanju in delfinu vodno okolje onemogoča prosto dihanje. Ker je dihanje med plavanjem omejeno (določeno) s plavalno tehniko, to predstavlja enega največjih izzivov za DM. Temu izzivu so plavalci zoperstavljeni vsakodnevno na treningih in se že v tem okolju učijo najučinkovitejših tehnik dihanja. Poleg tega trenerji in tudi raziskovalci iščejo poti in dodatne možnosti ter načine za izboljšanje dihanja, ki predstavlja velik omejitveni dejavnik. Z VVM lahko dobro vplivamo na učinkovitost dihanja in plavanja ter na športni rezultat.

V naši nalogi smo obravnavali problematiko ohranjanja plavalnega rezultata v primeru odsotnosti športnospecifičnega treninga. Ugotavljali smo, ali lahko z apliciranjem VVM kljub odsotnosti plavalnega treninga vplivamo na plavalni rezultat.

Maksimalna vdišna moč se je povečala tako pri intervencijski kot pri kontrolni skupini. Čeprav se je pri kontrolni parameter povečal za nekaj odstotkov več, je bila statistična moč pri intervencijski skupini večja. Ne moremo z gotovostjo trditi, da je izboljšanje parametra rezultat intervencije, a lahko opazimo nek trend, ki kaže v to smer. Tudi pri maksimalnem vdišnem toku smo opazili izboljšanje rezultata tako v intervencijski kot v kontrolni skupini s prav tako večjo statistično močjo pri intervencijski skupini. Tudi tukaj ne moremo z gotovostjo trditi, da je rezultat posledica intervencije, a je ponovno opazen trend v to smer. Potrdimo pa lahko, da obstaja povezava med maksimalnim vdišnim tokom in maksimalno vdišno močjo. Značilno izboljšanje se je pokazalo še pri testih tolerance na CO<sub>2</sub> in Buteykovem testu. Tudi pri teh dveh testih se je rezultat izboljšal v obeh skupinah. Učinka intervencije tako ne moremo z gotovostjo potrditi, nakazal pa se je pozitiven trend. Izboljšana toleranca pomeni zmanjšan občutek generalizirane tesnobe ob pomanjkanju zraka, kar se je pokazalo na Buteykovem testu ob zadrževanju zraka v pljučih po izdihu. Značilen učinek časa se je pokazal pri testih plavanja, in sicer v plavanju 50–100 m in 0–100 m. Pri obeh testih se je rezultat poslabšal tako pri intervencijski kot pri kontrolni skupini. Zaznali pa smo pomemben trend, in sicer se je v obeh testih pri kontrolni skupini čas plavanja bolj podaljšal kot pri intervencijski. Rezultat kaže na to, da lahko ima intervencija vpliv na ohranjanje plavalne sposobnosti med obdobjem netreniranja.

Glede na pregledano literaturo in rezultate naše raziskave lahko zaključimo, da vadbeni program krepitve vdišnih mišic v obdobju brez plavalnospecifičnega treninga kaže trend pozitivnega učinka na ohranjanje plavalnega rezultata. V naslednjih študijah je potrebno upoštevati, da se naj čas trajanja intervencije podaljša, saj predvidevamo, da bi se tako pojavile razlike v rezultatih oziroma bi bil učinek intervencije vidnejši.

VVM se mora izvajati dvakrat dnevno za čas trajanja najmanj štirih tednov, medtem pa je zelo priporočljivo spremljanje moči VM, saj nam le ustrezn obremenitev vadbe omogoča uspešen napredek v zeleni smeri. Predvidevamo, da je potrebno breme povečati vsak teden.



Skozi izvajanje raziskave in obdelavo podatkov smo naleteli na nekaj omejitev, ki bi jih bilo smotno ob naslednjih izvedbah podobne raziskave odpraviti. Čeprav sta bila vzorca glede na podatke homogena in razlik v večini parametrov med skupinami ni bilo, je neenakomerna zastopanost moškega in ženskega spola v skupinah ena izmed slabosti naše raziskave. Razporeditev enakega števila moških in žensk v obeh skupinah bi bila boljša, lahko pa bi bil v raziskavo vključen le en spol. Druga slabost je, da se je pojavil osip merjencev kontrolne skupine na drugih meritvah, tako da smo lahko uporabili le meritve petih preiskovancev. Na to težje vplivamo, a bi se s povečanjem velikosti vzorca, v kolikor bi to bilo mogoče, težavi zaradi osipa lahko izognili. Po našem mnenju je bilo tudi trajanje intervencije nekoliko prekratko, da bi lahko opazili večje razlike. Predlagamo podaljšanje trajanja intervencije; dodati bi bilo potrebno še tretje testiranje po dvajsetih dnevih. Poleg tega bi bilo potrebno boljše spremljati izvedbo same intervencije, da bi lahko s strani preiskovancev zagotovili popolnoma pravilno (in posledično učinkovito) izvedbo.

Vadba DM ob plavalnem treningu ponuja dodatno možnost za razvoj plavalca in izboljšanje njegovega plavalnega rezultata. Kot smo uspeli zaslediti v literaturi, obstaja tako kot pri drugih vadbah tudi tukaj določen protokol uspešnosti izvajanja takšnega treninga (njegova intenzivnost in trajanje, število ponovitev in število serij). To je način, s pomočjo katerega lahko dosežemo največji napredek v najkrajšem možnem času. Pozitivni rezultati treninga DM se kažejo tudi v drugih športih in ne le pri plavanju. Glede na pregledano literaturo zaenkrat na ohranjanje športnospecifičnih sposobnosti ni bilo moč zaslediti učinkov suhega treninga oziroma treninga vdišnih mišic.

## 7 VIRI

- Atkinson, G. in Reilly, T. (1996). Circadian variation in sports performance. *Journal of sports medicine*, 21(4), 292–312. doi:10.2165/00007256-199621040-00005
- Bajrović, F. F. (2015). Dihanje. V F. F. Bajrović (ur.), *Temelji patofiziologije s fiziologijo za študente zdravstvenih ved* (str. 87–123). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za patološko fiziologijo.
- Bajrović, F. (b. d.). Dihanje. V M. Bresjanac in M. Rupnik (ur.), *Temelji fiziologije* (str. 25–34). Maribor: Univerza v Mariboru. Pridobljeno s <https://www.scribd.com/doc/247836317/Fiziologija-Knjiga-Bresjanac-Rupnik-pdf>
- Baxter, C. in Reilly, T. (1983). Influence of time of day on all-out swimming. *British journal of sports medicine*, 17(2), 122–7. doi: 10.1136/bjism.17.2.122
- Bell, G. J., Game, A., Jones, R., Webster, T., Forbes, S. C. in Syrotuik, D. (2013). Inspiratory and expiratory respiratory muscle training as an adjunct to concurrent strength and endurance training provides no additional 2000 m performance benefits to rowers. *Research in sport medicine*, 21(3), 264–79. doi: 10.1080/15438627.2013.792090
- Boundless. (2020). *Lung volumes and capacities*. Pridobljeno 23. 8. 2020 s [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory\\_and\\_General\\_Biology/Book%3A\\_General\\_Biology\\_\(Boundless\)/39%3A\\_The\\_Respiratory\\_System/39.2%3A\\_Gas\\_Exchange\\_across\\_Respiratory\\_Surfaces/39.2C%3A\\_Lung\\_Volumes\\_and\\_Capacities](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_General_Biology_(Boundless)/39%3A_The_Respiratory_System/39.2%3A_Gas_Exchange_across_Respiratory_Surfaces/39.2C%3A_Lung_Volumes_and_Capacities)
- Buteyko clinic international. (b. d.). *Breathing test – Control pause + exercises*. Pridobljeno 5. 7. 2021 s <https://buteykoclinic.com/test-your-breathing/>
- Burch, A. R., Ogle, B. T., Sims, P. A., Harms, C. A., Symons, T. B., Folz, R. J. in Zavorsky, G. S. (2017). Controlled frequency breathing reduces inspiratory muscle fatigue. *Journal of strength and conditioning research*, 31(5), 1273–1281. doi: 10.1519/JSC.0000000000001589
- Bresjanac, M. in Rupnik, M. (b. d.). *Temelji fiziologije*. Maribor: Univerza v Mariboru. Pridobljeno s <https://www.scribd.com/doc/247836317/Fiziologija-Knjiga-Bresjanac-Rupnik-pdf>
- Calais-Germain, B. (2007). *Anatomija gibanja*. Ljubljana: Narodna in univerzitetna knjižnica.
- Chien, M. Y., Wu, Y. T., Lee, P. L., Chang, Y. J. in Yang, P. C. (2009). Inspiratory muscle dysfunction in patients with severe obstructive sleep apnea. *European respiratory journal*, 35(2), 373–380. doi: 10.1183/09031936.00190208
- Coburn, J. W. in Malek, M. H. (2012). *NSCA's essentials of personal training* (2nd ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd ed.). New York: Lawrence Erlbaum associates.

- Coulson, M. in Archer, D. (2012). *Practical fitness testing; analysis in exercise and sport (fitness professionals)*. London: A&C Black Publishers Ltd.
- Couser, J. I. in Berman, J. S. (1989). Respiratory muscle fatigue from functional upper airway obstruction. *Chest*, 96(3), 689–690. doi: 10.1378/chest.96.3.689
- Costanzo, L. S. (2018). *Physiology* (6th ed.). Philadelphia, PA: Elsevier.
- Crux fitness. (2020). *The CO<sub>2</sub> tolerance test and why you should be working on your lungs*. Pridobljeno 5. 7. 2021 s <https://www.cruxfit.com/the-co2-tolerance-test-and-why-you-should-be-working-on-your-lungs/>
- dePaolo, V. A., Parker, A. L., Al-Bilbeisi, F. in McCool, F. D. (2004). Respiratory muscle strength training with nonrespiratory maneuvers. *Journal of applied physiology*, 96(2), 731–4. doi: 10.1152/jappphysiol.00511.2003
- de Souza Areaias, G., Rodrigues Santiago, L., Sobral Teixeira, D. in Silva Reis, M. (2020). Concurrent validity of the static dynamic measurement of inspiratory muscle strength: Comparison between maximal inspiratory pressure and S-index. *Brazilian journal of cardiovascular surgery*, 35(4), 459–64. DOI: 10.21470/1678-9741-2019-0269
- Downey, A. E., Chenoweth, L. M., Townsend, D. K., Ranum, J. D., Ferguson, C. S. in Harms, C. A. (2007). Effect of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respiratory physiology and neurobiology*, 156(2), 137–46. doi: 10.1016/j.resp.2006.08.006/
- Faghy, M. A. in Brown, P. I. (2019). Functional training of the inspiratory muscles improves load carriage performance. *Ergonomics*, 62(11), 1439–1449. doi: 10.1080/00140139.2019.1652352
- Field, A. P. (2009). *Discovering statistics using SPSS: (and sex and drugs and rock „n“ roll)* (3rd ed.). London: SAGE.
- Finta, R., Boda, K., Nagy, E. in Bender, T. (2020). Does inspiration efficiency influence the stability limits of the trunk in patients with chronic low back pain? *Journal of rehabilitation medicine*, 52(3), jrm00038. doi: 10.2340/16501977-2645
- Fritz, C. O., Morris, P. E. in Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *Journal of experimental psychology*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Griffiths, L. A. in McConnell, A. K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *European journal of applied physiology*, 99(5), 457–466. doi: 10.1007/s00421-006-0367-6
- Hassan, M. Z., Riad, M. N. in Ahmed, H. F. (2012). Effect of Buteyko breathing technique on patients with bronchial asthma. *Egyptian journal of chest diseases and tuberculosis*, 61(4), 235–241. <https://doi.org/10.1016/j.ejcdt.2012.08.006>
- Hermes, C. A., Babcock, M. A., McClaren, S. R., Pegelow, D. F., Nickelle, G. A., Nelson, W. B. in Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during

- maximal exercise. *Journal of applied physiology*, 82(5), 1573–83. doi: 10.1152/jappl.1997.82.5.1573
- Hosta, M., Lenart, E., Vrtar, K., Benedik, A., Zajc, P., Božič, A., ... Plevnik, M. (2020). *Moč integralnega diha: Priročnik za razvoj dihalne zmogljivosti*. Brezovica pri Ljubljani: TEDU Inštitut.
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I. in Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 42(8), 707–724. doi: 10.1007/BF03262290
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A. in Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International journal of sports medicine*, 29(11), 899–905. doi: 10.1055/s-2008-1038491
- Jakovljević, M., Knific, T. in Petrič, M. (2017). *Testiranje telesne pripravljenosti odraslih oseb – Priročnik za preiskovalce*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Jakovljević, M., Knific, T. in Petrič, M. (2017b). *Testiranje telesne pripravljenosti starejših oseb: Senior fitnes test (Slovenska različica) – Priročnik za preiskovalce*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Jakovljević, D. J. in McConnell, A. K. (2009). Influence of diferent breathing frequencies on the severity of inspiratory muscle fatigue induced by high -intensity front crawl swimming. *Journal of strength and conditioning research*, 23(4), 1169–1174. doi: 10.1519/JSC.0b013e318199d707
- Johnson, M. A., Sharpe, G. R. in Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European journal of applied physiology*, 101(6), 761–70. doi: 10.1007/s00421-007-0551-3
- Kapus, V. in Jurak, G. (2002). Spremljanje, vrednotenje in ocenjevanje znanja plavanja in plavalnih sposobnosti. V V. Kapus (ur.), *Plavanje – učenje* (str. 147–156). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Katch, V. L., McArdle, W. D. in Katch, F. I. (2011). *Essentials of exercise physiology* (4th ed.). Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, a Walters Kluwer busines. Pridobljeno s <http://ommolketab.ir/aaf-lib/uff1sdk7ij9y2dug4xoge3ahhilv2r.pdf>
- Kilding, E. A., Brown, S. in McConnell, K. A. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200m swimming performance. *European journal of applied physiology*, 108, 505–511. doi: 10.1007/s00421-009-1228-x
- Kumari, A., Malik, S., Narkeesh, K. in Asir, J. S. (2017). Single breath count: a simple pulmonary function test using a mobile app. *Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 33(4). doi:10.1007/s12055-017-0555-5
- Laursen, P. B., Shing, C. M., Peake, J. M., Coombes, J. S. in Jenkins, D. G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(11), 1801–1807. doi: 10.1097/00005768-200211000-00017

- Lavin, K. M., Guenette, J. A., Smoliga, J. M. in Zavorsky, G. S. (2013). Controlled-frequency breath swimming improves swimming performance and running economy. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 25(1), 16–24. doi: 10.1111/sms.12140
- Leahy, M. G., Summers, M. N., Peters, C. M., Molgat-Seon, Y., Geary, C. M., in Sheel, A. W. (2019). The mechanics of breathing during swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(7), 1467-1476. doi: 10.1249/MSS.0000000000001902
- Lomax, M. in Castle, S. (2011). Inspiratory muscle fatigue significantly affects breathing frequency, stroke rate and stroke length during 200m front crawl swimming. *Journal of strength and conditioning research*, 25(19), 2691–2695. doi: 10.1519/JSC.0b013e318207ead8
- Lomax, M. in McConnell, A. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *Journal of sports sciences*, 21(8), 659–664. DOI:10.1080/0264041031000101999
- Lopes, T. J., Neiva, H. P., Gonçalves, C. A., Nunes, C. in Marinho, D. A. (2020). The effects of dry-land strength training on competitive sprinter swimmers. *Journal of exercise science and fitness*, 19(1), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.06.005>
- McCabe, C. B., Sanders, R. H. in Psycharakis, S. G. (2015). Upper limb kinematic differences between breathing and non-breathing conditions in front crawl sprint swimming. *Journal of biomechanics*, 48(15), 3995–4001. doi: 10.1016/j.jbiomech.2015.09.012
- McConnell, A. (2011). *Breathe strong, perform better*. United States, Champaign: Human Kinetics. Pridobljeno s [https://www.researchgate.net/publication/233852299\\_Breathe\\_Strong\\_Perform\\_Better\\_-\\_Table\\_of\\_Contents](https://www.researchgate.net/publication/233852299_Breathe_Strong_Perform_Better_-_Table_of_Contents)
- McConnell, A. K. in Griffiths, L. A. (2010). Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(9), 1696–703. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181d435cf
- McConnell, A. K. in Romer, L. M. (2004). Respiratory muscle training in healthy humans: Resolving the controversy. *International journal of sports medicine*, 25(4), 284–93. doi: 10.1055/s-2004-815827
- Morris, M. J. (2020). *What is single-breath counting (SBC), and when is it useful in the diagnosis of asthma?* Pridobljeno 5. 7. 2021 s <https://www.medscape.com/answers/296301-8006/what-is-single-breath-counting-sbc-and-when-is-it-useful-in-the-diagnosis-of-asthma>
- McConnell, A. (2013). *Respiratory muscle training, theory and practice*. UK, Brunel University: Center for sports medicine and human performance. Pridobljeno s [https://books.google.si/books?id=7VVPf7MAN9cC&pg=PT216&lpg=PT216&dq=Nicks,+2009+metabolic+stress&source=bl&ots=ONvIRCoh-w&sig=ACfU3U1GsmP21dW9ip7gYG2vp85mqhg0Mg&hl=sl&sa=X&ved=2ahUKEw ic1\\_6NupT0AhVLsKQKHShNCxI4FBDoAXoECA0QAw#v=onepage&q=Nicks%2C%202009%20metabolic%20stress&f=false](https://books.google.si/books?id=7VVPf7MAN9cC&pg=PT216&lpg=PT216&dq=Nicks,+2009+metabolic+stress&source=bl&ots=ONvIRCoh-w&sig=ACfU3U1GsmP21dW9ip7gYG2vp85mqhg0Mg&hl=sl&sa=X&ved=2ahUKEw ic1_6NupT0AhVLsKQKHShNCxI4FBDoAXoECA0QAw#v=onepage&q=Nicks%2C%202009%20metabolic%20stress&f=false)

- Naczk, M., Lopacinski, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Naczk, A. in Adach, Z. (2016). Influence of short-term inertial training on swimming performance in young swimmers. *European journal of sport science*, 17(4), 369–377. doi: 10.1080/17461391.2016.1241304
- Nahtigal, G. (2015). *Učinek vadbe za povečanje moči dihalnih mišic na zmogljivost plavalcev* (diplomska naloga). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport. Pridobljeno s <https://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Diplome/Diploma22054820NahtigalGrega.pdf>
- National asthma council Australia Ltd. (b. d.). *Performing spirometry in primary care*. Pridobljeno 5. 7. 2021 s <https://www.nationalasthma.org.au/living-with-asthma/how-to-videos/performing-spirometry-in-primary-care>
- Okrzymowska, P., Kurzaj, M., Seidel, W. in Rozek-Piechura, K. (2019). Eight weeks of inspiratory muscle training improves pulmonary function in disabled swimmers—a randomized trial. *International journal of environmental research and public health*, 16(10), 1747. doi: 10.3390/ijerph16101747
- Plevnik, M. (2021). The challenges of conducting practical exercises in the scope of an adapted educational process in higher education institutions during Covid-19 epidemic. *Journal of contemporary educational studies*, 72(138), 308–320.
- POWERbreathe International Ltd. (2012). *K5 Breathelink manual* (2.1 ed.). Northfield road, Sowtham, Warwickshire, UK.
- Pupišova, Z., Pupiš, M., Jančokova, L. in Pivovarniček, P. (2014). Changes of inspiratory parameters and swimming performance by influence of Powerbreathe plus level3. *Sport science*, 7(2), 12–15. Pridobljeno s <https://www.researchgate.net/publication/270567073>
- Ramirez-Sermiento, A., Orozco-Levi, M., Guell, R., Barreiro, E., Hernandez, N., Mota, S. in Gea, J. (2002). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(11), 1491–1497. doi: 10.1164/rccm.200202-075OC
- Režonka, K. (2014). Anatomija dihal in fiziologija dihanja. V I. Šumak (ur.), *Zdravstvena nega pri osnovni življenjski aktivnosti – dihanju*, Murska Sobota, 11. april 2014 (str. 10–17). Murska Sobota: Zbornica zdravstvene in babiške nege Slovenije – Zveza strokovnih društev medicinskih sester, babic in zdravstvenih tehnikov Slovenije, Sekcija medicinskih sester v vzgoji in izobraževanju.
- Ribarič, S. (b. d.). Acido-bazno ravnovesje. V M. Bresjanac in M. Rupnik (ur.), *Temelji fiziologije* (str. 41–43). Maribor: Univerza v Mariboru. Pridobljeno s <https://www.scribd.com/doc/247836317/Fiziologija-Knjiga-Bresjanac-Rupnik-pdf>
- Romer, M. L., McConnell, K. A. in Jones, A. D. (2002). Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(5), 785–92. doi: 10.1097/00005768-200205000-00010

- Romer, L. M., McConnell, A. K. in Jones, D. A. (2002b). Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of sports sciences*, 20(7), 547–590. doi: 10.1080/026404102760000053
- Romer, L. M. in McConnell, A. K. (2003). Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(2), 237–244. doi: 10.1249/01.MSS.0000048642.58419.1E
- Ross, E., Middleton, N., Shave, R., George, K. in McConnell, A. (2008). Changes in respiratory muscle and lung function following marathon running in man. *Journal of sports science*, 26(12), 1295–1301. doi: 10.1080/02640410802104904
- Sammoud, S., Negra, Y., Chaabene, H., Bouguezzi, R., Moran, J. in Granacher, U. (2019). The effect of plyometric jump training on jumping and swimming performances in prepubertal male swimmers. *Journal of sports science and medicine*, 18(4), 805–811. Pridobljeno s <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6873130/>
- Satoshi, I., Imai, A., Koizumi, K., Okuno, K. in Kaneoka, K. (2016). Immediate effects of deep trunk muscle training on swimming start performance. *Journal of sports physical therapy*, 11(7), 1048–1053. Pridobljeno s <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5159629/>
- Sheel, A. W., Derchaka, P. A., Morgan, B. G., Pegelow, D. F., Jacques, A. J. in Dempsey, J. A. (2002). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *Journal of physiology*, 537(1), 277–89. doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.0277k.x
- Sheaff, A. (2021). *Breath control training: how hypoventilation can boost endurance performance*. Pridobljeno 15.11.2021 s <https://www.sportsperformancebulletin.com/endurance-training/techniques/breath-control-training-hypoventilation-can-boost-endurance-performance/>
- Shei, R. J., Lindley, M., Chatham, K. in Mickleborough, T. D. (2016). Effect of flow-resistive inspiratory loading on pulmonary and respiratory muscle function in sub-elite swimmers. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(4), 392–8. Pridobljeno s <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25503711/>
- Silva, E. P., Durigan, L. J. Q. in Cipriano, G. (2015). Maximal inspiratory pressure: a lost point trying to explain a S-index function line index. *Journal of sports science and medicine*, 14, 883–884. Pridobljeno s <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4657433/>
- Sugiura, H., Sako, S. in Oshida, Y. (2013). Effect of expiratory muscle fatigue on the respiratory response during exercise. *Journal of physical therapy science*, 25(11), 1491–1495. doi: 10.1589/jpts.25.1491
- Survival fitness plan. (b. d.). *7 dryland breathing exercises for swimmers*. Pridobljeno 3. 9. 2021 s <https://www.survivalfitnessplan.com/dryland-breathing-exercises-swimmers/>
- Thomaidis, S. P., Toubekis, A. G., Mpousmoukilia, S. S., Douda, H. T., Antoniou, P.D. in Tokmakidis, S. P. (2009). Alterations in maximal inspiratory mouth pressure during a

- 400-m maximum effort front crawl swimming trial. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 49, 194–200. Pridobljeno s <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19528899/>
- Tong, T. K., McConnell, A. K., Lin, H., Nie, J., Zhang, H. in Wang, J. (2016). »Functional« inspiratory and core muscle training enhances running performance and economy. *Journal of strenght and conditioning research*, 30(19), 2942–2951. doi: 10.1519/JSC.0000000000000656
- Vašičkova, J., Neumannova, K. in Svozil, Z. (2017). The effect of respiratory muscle training on fin-swimmers performance. *Journal of sports science and medicine*, 16(4), 521–526. Pridobljeno s <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29238252/>
- Verges, S., Boutellier, U. in Spengler, C. M. (2008). Effect of respiratory muscle endurance training on respiratory sensations, respiratory control and exercise performance. *Respiratory physiology and neurobiology*, 161(1), 16–22. doi: 10.1519/JSC.0000000000000656
- Volianitis, S., McConnel, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K. in Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine and science in sport and exercise*, 33(5), 803–9. doi: 10.1097/00005768-200105000-00020
- Volianitis, S., McConnel, A. K., Koutedakis, Y. in Jones, D. A. (2001). Specific inspiratory warm-up improves rowing performance and exertional dyspnea. *Medicine and science in sports exercise*, 33(7), 1189–93. doi: 10.1097/00005768-200107000-00017
- Wells, G. D., Plyley, M., Thomas, S., Goodman, L. in Duffin, J. (2005). Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European journal of applied physiology*, 94(5–6), 527–540. doi: 10.1007/s00421-005-1375-7
- Wylegala, J. A., Pendergast, D. R., Gosselin, L. E., Warkander, D. E. in Lundgren, C. E. G. (2007). Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *European journal of applied physiology*, 99(4), 393–404. doi: 10.1007/s00421-006-0359-6
- Wilson, M., Perera, N., Saw, R., Hughes, D. in Holt, A. (b. d.). *Breath hold training: Position statement*. Canberra: AIS. Pridobljeno s [https://www.ais.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/973808/Breath-Hold-Training-Position-Statement.pdf](https://www.ais.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/973808/Breath-Hold-Training-Position-Statement.pdf)
- Yilmaz, F. O. in Ozdal, M. (2018). Acute, chronic, and combined pulmonary responses to Swimming in competitive swimmers. *Respiratory physiology and neurobiology*, 259, 129–135. doi: 10.1016/j.resp.2018.09.002