

Učinak štitnika za zube na aerobne sposobnosti

Grgić, Vedrana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:302203>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
MEDICINSKI FAKULTET**

Vedrana Grgić

UČINAK ŠTITNIKA ZA ZUBE NA AEROBNE SPOSOBNOSTI

Diplomski rad

Akademska godina:

2023./2024.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Vladimir Ivančev, dr. med.

Split, veljača 2024.

1. UVOD	1
1.1. Općenito o štitnicima	1
1.2. Vrste štitnika	2
1.3. Povijest korištenja štitnika	6
1.4. Energetski sustavi.....	6
1.5. Disanje pri mišićnom radu i oporavak aerobnog sustava nakon mišićnog rada	6
1.6. Parametri za procjenu energetskih kapaciteta	8
1.7. Utjecaj štitnika na fiziološke parametre	8
1.8. Utjecaj štitnika na sportsku izvedbu.....	10
1.9. Utjecaj na sportsku izvedbu putem mehanizma istodobne aktivacijske potencijacije	12
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	13
2.1. Hipoteze	14
3. MATERIJALI I METODE	15
3.1. Ispitanici	16
3.2. Organizacija istraživanja	16
3.3. Metode prikupljanja i obrade podataka	16
3.4. Mjere ishoda istraživanja	20
3.5. Statistička obrada podataka	20
3.6. Etička načela	20
4. REZULTATI.....	21
5. RASPRAVA.....	30
6. ZAKLJUČAK	35
7. POPIS LITERATURE	37
8. SAŽETAK.....	42
9. SUMMARY	44
10. ŽIVOTOPIS	47

Zahvaljujem se svojem mentoru, izv. prof. dr. sc. Vladimiru Ivančevu, dr.med. na nesebičnoj pomoći i podršci prilikom pisanja diplomskog rada, susretljivosti i uloženom trudu i što mi je omogućio da naučim neke nove, korisne stvari vezane uz područje sportske medicine.

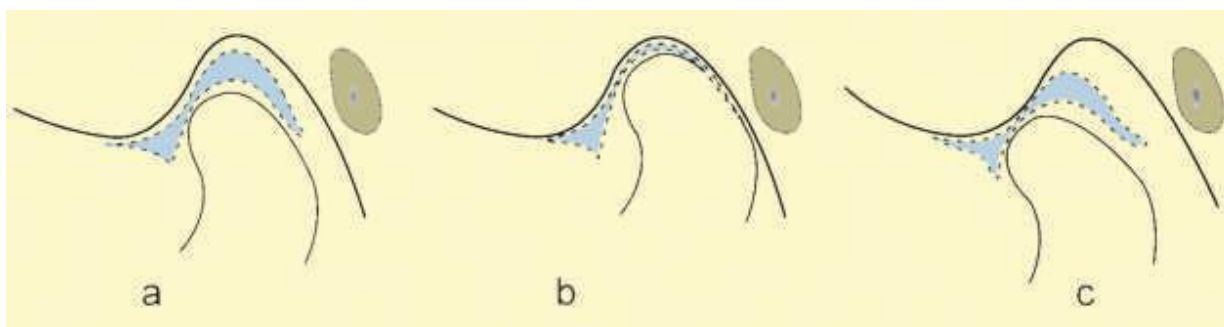
Hvala svim mojim dragim prijateljima koje sam stekla, posebno onima koji su sudjelovali u ovom istraživanju i svima koji su na bilo koji način bili, i još uvijek jesu, uz mene. Bez Vas ništa ne bi bilo isto!

I na kraju, najveće hvala mojoj obitelji, roditeljima, braći i sestri, kao i mojem dečku, što ste bili uvijek uz mene i omogućili mi da ovo privedem kraju s najljepšim mogućim uspomenama.

1. UVOD

1.1. Općenito o štitnicima

Štitnici za usta i zube su sredstva koja se koriste u prevenciji učestalosti i težine orofacijalnih ozljeda. Ozljede orofacijalnog područja rezultat su kako makrotrauma, tako i mikrotrauma prezentirajući se različitim simptomima koji često dovedu do privremenog ili trajnog prekida bavljenja sportskim aktivnostima (1, 2). Uloga je štitnika raznovrsna: štite okolna meka tkiva od ozljede oštrim rubovima zuba, osobito gornje čeljusti, njihovo korištenje smanjuje mogućnost nastanka frakture i luksacije prednjih zuba zbog izravnih udaraca, a stražnjih zbog naglih međusobnih udara gornje i donje čeljusti (3). Nadalje, smanjuju mogućnost nastanka frakture gornje čeljusti kao i kondilnog nastavka donje čeljusti, sprječavaju pomak kondila donje čeljusti prema bazi lubanje pa time i smanjuju rizik od deformacije okolne koštane strukture i nastanka intrakranijalnog tlaka za oko 50% (2). Korištenje štitnika za zube povezano je s manjim izgledima za potres mozga (4). Pri udarcima u donju čeljust, zbog čvrstog kontakta donjih zubi s intraoralnim štitnikom dolazi do dodatne aktivacije i kontrakcije mišića glave i vrata čime se povećava otpor rotacijskim silama i time je mogućnost nastanka potresa mozga manja (Slika 1) (2).



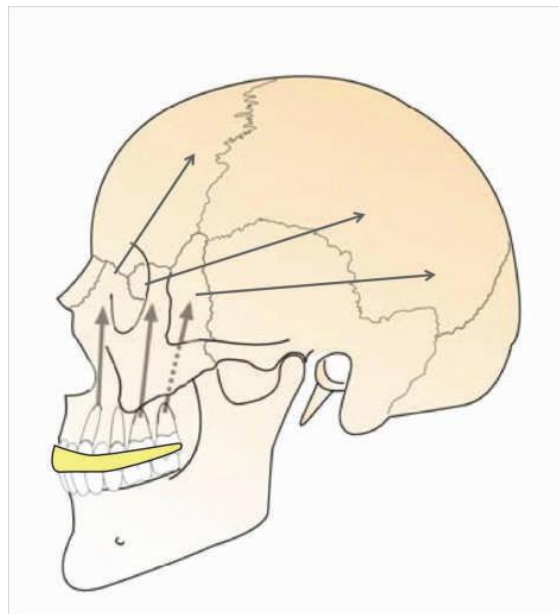
Slika 1. Položaj kondilnog nastavka donje čeljusti: (a) pri zatvorenim ustima, (b) pri udarcu u donju čeljust bez štitnika, (c) pri udarcu s intraoralnim štitnikom. Preuzeto iz članka: Jerolimov V, Bubalo V. Orofacijalne ozljede u sportu. Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik 2014; 29: 43-59. 2014 (2).

Također pridonose samopouzdanju sportaša i usredotočenju na kvalitetno obavljanje sportskih aktivnosti. Svim sportašima, rekreativnim i natjecateljima uključenim u bilo koji sport visokorizičnog tipa, preporuča se njihova uporaba. Prema uputama Akademije sportske dentalne medicine (*Academy for Sports Dentistry*) iz 2010, u SAD-u štitnici su obavezni kao preventivna mjera u borilačkim sportovima, američkom nogometu, hokeju na ledu i lakrosu.

Američko stomatološko društvo (*American Dental Association*) preporuča korištenje štitnika i u sljedećim sportovima: akrobatskoj gimnastici, hokeju na travi, gimnastici, hrvanju, rukometu, mačevanju, ragbiju, padobranstvu i vaterpolu. U određenim sportovima koji nisu kontaktni kao što su skijanje, bacanje diska i dizanje utega, ozljede ne nastaju direktno zbog udaraca već indirektno zbog prenaprezanja u žvačnim mišićima i temporomandibularnom zglobu što uzrokuje mikrotraume, koje se ne prepoznaju. U tom slučaju izostaje pravovremena terapija i prevencija te se takve ozljede mogu pogoršati (2, 5, 6).

1.2. Vrste štitnika za usta i zube

Štitnici za usta i zube mogu se svrstati u tri skupine: ekstraoralni, intraoralni i kombinirani štitnici. Intraoralni štitnici ne zaštićuju samo zube i okolna meka tkiva, već stabiliziraju i čuvaju temporomandibularni zglob od ozljeda. Reduciraju broj i jačinu ozljeda glave i vrata jer amortiziraju sile udarca na donju čeljust i prenose ih na kosti lubanje u smanjenom iznosu, čime se smanjuje njihov štetni učinak (Slika 2) (2).



Slika 2. Shematski prikaz distribucije sile udarca tijekom nošenja maksilarnog štitnika. Preuzeto iz članka: Jerolimov V, Bubalo V. Orofacijalne ozljede u sportu. Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik 2014; 29: 43-59. 2014 (2).

Prva skupina su ekstraoralni štitnici koji su najčešće pričvršćeni za kacigu u obliku rešetke. Slični njima su kombinirani štitnici koji se sastoje od kacige i rešetke na koju je pričvršćen intraoralni štitnik. Treća skupina, intraoralni štitnici, smješteni među zubnim

lukovima, izrađuju se uglavnom za gornju čeljust, osim kod progenije kada se izrađuju na donjoj čeljusti, a mogu biti i bimaxilarni (2). Podvrste intraoralnih štitnika mogu se podijeliti u tri skupine: gotovi, koji ne zahtijevaju nikakvu obradu (Slika 3), polugotovi, dostupni u slobodnoj prodaji koji se prilagođavaju uglavnom u ustima sportaša, a moguće i na sadrenom modelu izlivenom na temelju anatomskog otiska (Slika 4) i individualni (Slike 5 i 6) koji se u cijelosti izrađuje uz pomoć doktora dentalne medicine, na osnovu anatomskog otiska različitim metodama izrade



Slika 3. Neprilagodljivi štitnik. Preuzeto s: Sports Basement [Internet] [8. rujna 2023.]. Dostupno na: <https://shop.sportsbasement.com/products/braces-strapless-blue> (7)



Slika 4. Poluprilagodljivi štitnik. Preuzeto s: Pride.hr [Internet] [8. rujna 2023.]. Dostupno na: <https://www.pride.hr/pride-antishock-maxgel-prof-stitnik-za-zube> (8)



Slika 5. Individualni štitnik tijekom ortodontske terapije. Preuzeto iz članka: Jerolimov V, Bubalo V. Orofacijalne ozljede u sportu. Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik 2014; 29: 43-59. 2014 (2)



Slika 6. Individualni štitnik. Preuzeto iz: Aaronson HB. Physics of protection – Athletic mouthguards. The Journal of Multidisciplinary Care, Decisions in Dentistry. July 2017;3(7):24—27 (10).

Gotovi, komercijalni, ujedno i štitnici najlošije kvalitete dosta su rašireni u primjeni zbog svoje relativno niske cijene. Upotrebljavaju se u onom obliku u kojem su i kupljeni. U ustima se aktivno pridržavaju stiskanjem zubi čime ometaju strujanje zraka. Najslabije su prilagođeni zubnim lukovima pa najviše interferiraju s disanjem, govorom, ujedno i koncentracijom sportaša. Osim nagona na povraćanje, zbog svoje loše adaptacije, pri jačim udarcima i oslabljenoj svijesti mogu biti uzročnici opstrukcije dišnih puteva. Polugotovi, također komercijalni, poznati i kao „*boil and bite*“ štitnici imaju dva načina izrade. Prvi i najčešći je razmekšavanjem u kipućej vodi i adaptacijom na zubni luk u ustima, a drugi prilagođavanjem na odljevu modela čeljusti sportaša, kojeg izrađuje stomatolog u suradnji s dentalnim tehničarom. Tim postupcima se štitnik individualizira i nema razlike u funkcijskoj vrijednosti štitnika izrađenih na ova dva načina. Međutim, retencija ovakvih štitnika vremenom

slabi pa je potrebna ponovna adaptacija koju uglavnom provodi sportaš. Prednosti ovih tehnika su prihvatljiva cijena i brzina izrade (2). Individualni štitnici izrađeni u ordinaciji i dentalnoj tehnici najučinkovitiji su način zaštite radi boljeg priližavanja na zubni luk, apsorpcije i distribucije sila. Najudobniji je za korištenje i najmanje interferira s disanjem i govorom. Glavni im je nedostatak dulje vrijeme izrade uz posjete stomatologu, kao i veća cijena u odnosu na prethodno opisane. Bimaksilarni štitnici, bilo komercijalni ili individualni retinirani su na oba zuba luka. Radi omogućavanja normalnog protoka zraka, takav štitnik mora imati otvor u središnjem dijelu. Radi svoje veličine i otežanog disanja, ovaj oblik se uglavnom ne koristi (2). Materijali od kojih se izrađuju štitnici moraju biti, osim laki za održavanje i dezinfekciju, biokompatibilni i ne smiju izazivati alergijske reakcije. Potrebna su i određena mehanička i fizikalna svojstva radi uspješnije apsorpcije i raspodjele sile udarca. U tu svrhu danas se upotrebljavaju etilen-vinil acetat (EVA), meki akrilat, silikon, polivinil-klorid i dr. Debljina im varira od 3 do 4 mm, s tim da se za sportove većeg rizika preporučuje i debljina do 6 mm, koja je proporcionalna iznosu apsorpcije sile udarca, a obrnuto proporcionalna veličini prijenosa sile udarca. S druge strane, takav štitnik je manje udoban za nošenje i lošije prihvaćen od strane sportaša u odnosu na tanje štitnike. Pri usporedbi svojstava kao što su retencija, mogućnost govora i disanja, trajnosti i udobnosti, najčešće je izraženo nezadovoljstvo na nedovoljnu pričvršćenost štitnika na zubni luk, pomičnost i veličinu koji izazivaju nagon na povraćanje i smetnje pri disanju. Tijekom vremena, uz okolnost loših higijenskih navika, oni poprimaju loš miris i okus, najviše pri korištenju komercijalnih, neprilagodljivih ili poluprilagodljivih štitnika. Mladi sportaši koji su u razdoblju intenzivnog rasta, radi mješovite denticije i promjena u veličini čeljusti, češće moraju mijenjati štitnike. Što se tiče individualnih, iako u usporedbi s ostalima pružaju najbolju zaštitu, također se nerado koriste. Glavni prigovori se odnose na česte posjete stomatologu radi izrade i kontrole štitnika te cijena u odnosu na komercijalne. U istraživanjima koja su ispitivala razlike anketnim upitnicima o udobnosti prilikom nošenja različitih vrsta štitnika, prednost su uvijek imali individualni štitnici u vidu manjih poteškoća tijekom disanja i bolje adaptacije na zubni luk (11, 12).

1.3. Povijest korištenja štitnika

Boks je prvi sport u kojem je zabilježena uporaba dentalnih štitnika. Boksači su prije prvih štitnika koristili predmete poput pamučnih gaza, ljepljivih traka, spužve ili komadića drveta koje bi stiskali među zubima u pokušaju apsorpcije sile udaraca. Međutim, takvi bi im predmeti odvlačili pažnju od borbe i često završavali u larinksu. 1890. godine, stomatolog Woolf Krause koristi štapiće gutaperke koje stavlja na incizive boraca prije nego uđu u ring, te na taj način pokušava zaštititi zube sportaša. Phillip Krause je oko 1910. godine prvi izradio štitnik koji se može rabiti višekratno. U literaturi se spominju tek od 1930. s uputama za izradu individualnog štitnika pomoću otiska, voska i gume. Sport u kojem su se nakon boksa pojavili štitnici bio je američki nogomet, oko 1940. godine. Tada počinje rasti popularnost i promocija štitnika putem časopisa. Nekoliko godina kasnije, 1947., stomatolog iz Los Angelesa, Rodney O. Lilyquist, upotrijebio je prozirni akrilat za izradu prve akrilatne udlage, a štitnik za zube oblikovan je tako da pristaje na gornje i donje zube, što ga je učinilo manje uočljivim i udobnijim za nošenje. Ovakav dizajn počeli su koristiti košarkaši i nogometaši što je štitniku za zube dalo na popularnosti. Osim toga, *The Journal of American Dental Association* preuzeo je Lilyquistovu tehniku, što je dovelo do priznanja diljem zemlje. Tijekom 1950-ih Američko udruženje stomatologa (ADA) počelo je istraživati štitnike za usta i promovirati njihove prednosti u javnosti. Do 1960. godine ADA je preporučila upotrebu štitnika za zube od lateksa u svim kontaktnim sportovima, a do 1962. svi igrači nogometa u srednjim školama u SAD-u morali su nositi štitnike za usta. NCAA (*American College Basketball*) slijedila je primjer 1973. godine i učinila štitnike za usta obaveznim. Od početka promocije štitnika za zube, broj ozljeda zubi drastično se smanjio. Tek od 1993. godine se uvode preporuke za korištenje u sportovima poput hrvanja, hokeja na ledu, ragbija, ali ne toliko uspješno radi nedostatka podataka o ozljedama orofacijalnog područja nastalim u tim sportovima (13, 14).

1.4. Energetski sustavi

Uloga energetskih sustava je pretvorba kemijske energije u iskoristiv oblik za sve stanične funkcije u organizmu – pretvorba u adenzin-trifosfat (ATP.) U sportsko-medicinskoj praksi, najznačajnija su dva energetska mehanizma koja osiguravaju energiju za mišićni rad: aerobni, kod kojeg se energija za rad osigurava uz prisutnost kisika i anaerobni

sustav kod kojeg se energija dobiva procesima bez prisutnosti kisika. Aerobni metabolizam je taj koji je odgovoran za stvaranje energije pri aktivnostima srednjeg i dugog trajanja, niskog ili srednjeg intenziteta (sportsko hodanje, polumaraton, maraton i ultra duge pruge 50 km, 100 km itd.). Da bi se obnavljao ATP i na taj način održavala konstantna koncentracija u mišićnoj stanici, iskorištava se energija dobivena i iz jednog i drugog sustava. Udio i odnos pojedinih sustava kojima se oslobađa energija ovisi prvenstveno o intenzitetu i trajanju opterećenja, kao i vrsti sportske discipline kojom se pojedinac bavi. Aerobni i anaerobni sustav djeluju istovremeno, ali u različitim omjerima te ovisno o intenzitetu aktivnosti koja se izvodi (15).

1.5. Disanje pri mišićnom radu i oporavak aerobnog sustava nakon mišićnog rada

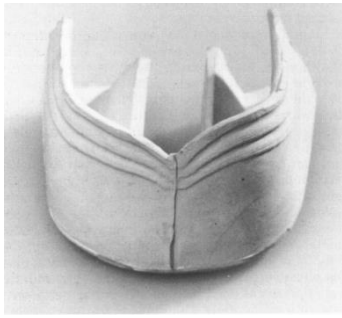
Potrošak kisika u mlada muškarca koji miruje iznosi otprilike oko 250 mL/min. Pri maksimalnom naporu, potrošnja kisika, stvaranje ugljikova dioksida i ukupna plućna ventilacija dobro treniranog sportaša povećavaju se oko 20 puta u odnosu na mirovanje, pri čemu njihovi parcijalni tlakovi u arterijskoj krvi ostaju gotovo u normalnim vrijednostima. Najveće povećanje ventilacije nastaje na početku mišićnog rada radi živčanih signala koji se prenose u dišni centar. Osim živčanih, važnu ulogu imaju i kemijski signali, odnosno količina CO₂ i vodikovih iona koji djeluju izravno na dišne centre, uzrokujući pojačanje inspiracijskih i ekspiracijskih signala za dišne mišiće. Sam kisik nema izravan, nego neizravan učinak na poticaj disanja putem perifernih kemoreceptora smještenih u karotidnim i aortalnim tjelešcima (16). VO₂max je skraćena za veličinu potrošnje kisika pri maksimalnom aerobnom metabolizmu. Ono ovisi o sposobnosti srčano-žilnog i dišnog sustava da dopremi atmosferski kisik do mišića i stanica te o sposobnosti aktivnih mišićnih vlakana da u svojim mitohondrijima iskoriste kisik u procesu oksidativne razgradnje hranjivih tvari (15). Pretpostavlja se da značajnu ulogu igraju nasljeđe, odnosno veličina prsnog koša i snaga respiracijskih mišića te primjeren trening. U tijelu je u normalnim uvjetima pohranjeno oko 2L kisika koji se može iskoristiti u aerobnom metabolizmu bez udisanja novog kisika. Nalazi se pohranjen u različitim oblicima: u plućima, tjelesnim tekućinama, mišićnim vlaknima i hemoglobinu. Pri napornom radu, većina tog kisika se potroši već za 1 minutu rada. Kada je mišićni rad dovršen, kisik se mora nadomjestiti udisanjem veće količine nego što je nužno za normalne potrebe. Također, dodatnih 9L je potrebno za obnovu anaerobnih izvora energija (fosfageni sustav i anaerobna glikoliza). Taj dodatni volumen od ukupno 11.5 L se naziva dugom kisika, i ovisan je o respiraciji i aerobnom metabolizmu (16).

1.6. Parametri za procjenu energetske kapaciteta

Osim VO_2max , za procjenu aerobnih i funkcionalnih sposobnosti koristimo i aerobni i anaerobni prag. Ti pragovi označavaju tranzicijske točke, odnosno dva metabolička praga pomoću kojih se odjeljuju tri osnovne zone intenziteta tjelesne aktivnosti: lagana, srednja i teška. Određivanje ovih pragova ima veliki značaj u kliničkoj i sportsko-medicinskoj funkcionalnoj dijagnostici. Prvi, odnosno aerobni prag, odvaja laganu tjelesnu aktivnost gdje VO_2 dostiže stabilnu vrijednost koja odgovara intenzitetu rada, od umjerene aktivnosti gdje dolazi do povećanja koncentracije mliječne kiseline u radnim mišićima i krvi, jer se u tom trenutku uz aerobni sustav energija počinje namicati i iz anaerobnog glikolitičkog sustava. Pri umjerenim aktivnostima, intenzitet je iznad aerobnog praga, ali je još uvijek prisutna ravnoteža između stvaranja i neutralizacije mliječne kiseline puferima. Teška tjelesna aktivnost se odvija iznad anaerobnog metaboličkog praga, gdje prevladava anaerobna glikoliza kao izvor energije za mišićni rad. Rastom intenziteta tjelesne aktivnosti dolazi do sve veće aktivacije anaerobne glikolize, kao i porasta razine mliječne kiseline u krvi, uz intenzivno trošenje kemijskih pufera. Prvi prag se javlja pri intenzitetu rada od 40 do 60% VO_2max i koncentraciji mliječne kiseline u krvi 1,5-2 mmol/L. Nazivamo ga još i laktatnim ili prvim ventilacijskim pragom. Anaerobni, odnosno drugi ventilacijski prag se doseže pri intenzitetu oko 80 do 90% VO_2max , uz koncentraciju mliječne kiseline 3-6 mmol/L. Ukoliko se pri izvođenju aktivnosti nalazimo u zoni opterećenja iznad anaerobnog praga, nedovoljna doprema kisika u radno mišićje uzrokovat će nagli porast anaerobne glikolize i mliječne kiseline, što vodi padu pH i metaboličkoj acidozi, zbog koje se javlja hiperventilacija. Ako se aktivnost nastavi, uslijed progresivne acidoze dolazi do inhibicije glikolize te posljedično i mišićne kontrakcije i brzog iscrpljenja (15, 17).

1.7. Utjecaj štitnika za zube na fiziološke parametre

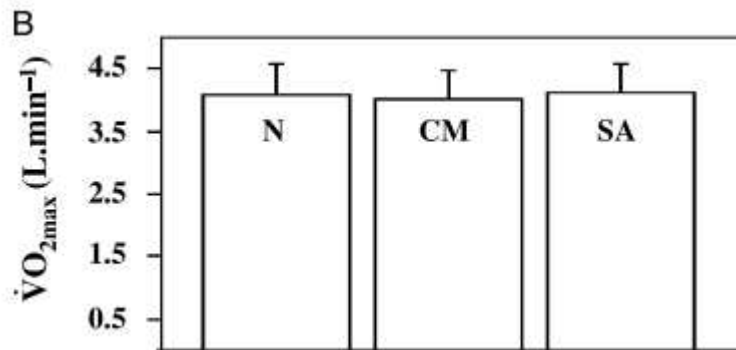
1991. godine, u istraživanju Francis i sur., prvi su put ispitivani učinci štitnika na fiziološke parametre, prvenstveno na disanje. Štitnici koji su korišteni bili su neprilagodljivi - monomaksilarni i bimaksilarni, od kojih jedan s otvorom za disanje u sredini (Slike 7, 8, 9).



Slike 7, 8, i 9. Monomaksilarni štitnik, bimaksilarni štitnik s otvorom za disanje i štitnik za gornju i donju čeljust. Preuzeto iz: Francis KT, Brasher J. Physiological effects of wearing mouthguards. Division of Physical Therapy, The University of Alabama at Birmingham, USA (18).

U mjerenjima su uspoređivane vrijednosti respiratornih parametara sa i bez svakog od navedenih štitnika – forsirani ekspiracijski volumen u prvoj sekundi (FEV_1) i vršni izdisajni protok (PEF), nakon kojih je uslijedio test s opterećenjem, u ovom slučaju na bicikl-ergometru. Vrijednosti mjerene u tom testu bile su VO_2 i minutna ventilacija (V_E), s nižim (100W muškarci, 75W žene) i višim (150W muškarci, 125W žene) opterećenjem. Time se nastojalo postići da se ispitanik nalazi u zoni iznad ili ispod V_E od 30 do 40 mL/min iz razloga što se tada prelazi s disanja na nos na disanje na usta, kako bi se smanjio ukupni rad disanja. Rezultati su pokazali da je svaki od štitnika značajno smanjio protok zraka – FEV_1 , kod monomaksilarnog za 8%, bimaksilarnog 14% i bimaksilarnog s otvorom za disanje za 12%. PEF je također značajno smanjen, nešto manje kod monomaksilarnog štitnika. Tijekom nižeg opterećenja, ujedno i nižeg intenziteta vježbanja, nisu uočene značajne razlike prilikom uporabe štitnika, dok je kod jačeg intenziteta vježbanja razlika značajna u vidu smanjenja V_E i VO_2 . Međutim, nije postojala statistički značajna razlika između izmjerenih parametara tijekom izvođenja vježbi pri nošenju različitih štitnika (18). Slično ovom istraživanju, prethodna unatrag 40 godina pokazuju da štitnici značajno utječu na protok zraka, ventilacijske parametre i VO_2 prilikom izvođenja vježbi visokog intenziteta.

Muriel i sur. su u svome istraživanju, između ostalih ciljeva, nastojali utvrditi utjecaj poluprilagodljivog i individualnog štitnika na dinamiku protoka zraka u mirovanju i na $\dot{V}O_2$ tijekom submaksimalnog i maksimalnog intenziteta vježbanja. Glavni zaključak ovog istraživanja je bio taj da $\dot{V}O_2$ nije značajno promijenjen, niti pri submaksimalnom naporu, niti pri maksimalnom, bez obzira na vrstu štitnika (Slika 10.)



Slika 10. Grafički prikaz rezultata istraživanja. „N“ predstavlja rezultate $\dot{V}O_2$ dobivene bez nošenja štitnika, „CM“ (eng. *custom made*) rezultate prilikom nošenja individualnih štitnika i „SA“ (eng. *self adapted*) prilikom nošenja poluprilagodljivih štitnika. Preuzeto iz: Bourdin M, Brunet-Patru I, Hager PE, Allard Y, Hager JP, Lacour JR, et al. Influence of maxillary mouthguards on physiological parameters. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(8):1500-4. (19)

Također, utjecaj na protok zraka u mirovanju nije značajan (19). Daljnja istraživanja čiji je cilj bio otkriti utjecaj štitnika na metaboličke, kardiovaskularne i respiratorne parametre, najčešće maksimalni primitak kisika, unatoč predvidljivom povećanju respiratornih, metaboličkih i kardiovaskularnih varijabli kao odgovor na vježbanje, prisutnost štitnika nije utjecala na veličinu ili prirodu tih fizioloških odgovora. Dobiveni rezultati imaju jako malu praktičnu vrijednost i značaj. Time možemo zaključiti da ih je poželjno preporučiti za korištenje radi smanjenja incidencije dentalnih trauma (20-22).

1.8. Utjecaj štitnika na sportsku izvedbu

Što se tiče utjecaja na mišićnu snagu, agilnost i brzinu prilikom izvođenja sportskih aktivnosti u populaciji koja je u redovnom treningu, rezultati su slični. Nakon provedenog sustavnog pregleda dosadašnjih istraživanja, pokazano je da se stiskanjem zubi u štitnik prilikom izvođenja određenih aktivnosti javljaju povoljni učinci na snagu mišića donjih udova,

posebice pokreta koji uključuju ekstenziju koljena, što nije slučaj za agilnost, brzinu, izometričke ili izokinetičke mišićne radnje. Nedostatak povezanosti s tim parametrima se može pripisati različitim protokola testiranja, dizajna istraživanja, karakteristikama ispitanika ili različitim vrstama korištenih štitnika. Na dinamičku snagu gornjeg dijela tijela, bilo je teško pronaći pozitivnu korelaciju s korištenjem štitnika. Neka od istraživanja pokazuju pozitivan učinak, a druga da nema nikakvog učinka na izvedbu (23, 24). S obzirom na uglavnom oprečne rezultate u istraživanjima, dva sustavna pregleda iz 2019. i 2023. godine bave se upravo pitanjem postoji li dovoljan broj dokaza da štitnici ne utječu na izvedbu sportaša. Što se tiče vrsta štitnika za zube, najčešće istraživani bio je individualni, zatim poluprilagodljivi i na kraju neprilagodljivi u samo dva istraživanja. Od 41 studije, 38 ih je uspoređivalo upotrebu štitnika u odnosu na bez njih, dok je samo njih 20 uključivalo više vrsta štitnika. Postojala je velika varijabilnost u procjeni utjecaja na sportsku izvedbu, uključujući snagu, agilnost i fleksibilnost, ravnotežu i disanje. Među 41 studijom, 21 je prijavila pozitivne učinke na navedene varijable, a pet negativne. Zbog razlika u dizajnu istraživanja, kriterijima uključenja u analizu i ishodima procjene, metaanaliza nije bila moguća. Pokazano je da individualni štitnici pružaju najbolju zaštitu i udobnost prilikom nošenja. Poluprilagodljivi, koji su danas najrašireniji, u većini istraživanja nemaju značajan utjecaj na izvedbu sportaša. Što se tiče negativnih strana, najznačajnija je neudobnost, najvjerojatnije radi loše adaptacije na zubni luk te smetnje pri ekspiriju. Dvije studije su pokazale poboljšanje u skoku u vis, u smislu povećanja visine. Pozitivan učinak primijećen je i kod posture i ravnoteže sportaša. U usporedbi s individualnim, poluprilagodljivi štitnik nije utjecao značajno niti na maksimalni primitak kisika, niti ukupnu ventilaciju, bez obzira na razlike u odnosu na individualni. Povoljni učinci prikazani su i tijekom istraživanja individualnih štitnika korištenih u golfu i taekwando-u. Autori takav rezultat pripisuju pravilnijem položaju donje čeljusti dovodeći ju u položaj centrične relacije, što utječe na vertikalnu dimenziju okluzije. Uz pomoć doktora dentalne medicine, ispravno napravljen štitnik mogao bi omogućiti položaj centrične relacije i optimalne vertikalne dimenzije, koja je različita i individualna kod svakog pacijenta, dok se idealna vrijednost koja bi utjecala na poboljšanje performansi još uvijek ne može utvrditi. Potrebna su daljnja istraživanja koja bi utvrdila idealnu debljinu štitnika, ujedno i optimalni iznos vertikalne relacije koja neće biti štetna za pojedinca. Zaključno, rezultati ovih studija bi se trebali interpretirati s oprezom, s obzirom na vrlo različit dizajn uključenih studija i dobivenih različitih rezultata, kao i manjku metodoloških kriterija, dok se sa sigurnošću može reći da su oni osnovno sredstvo učinkovito u prevenciji orofacijalnih ozljeda i u određenim sportskim aktivnostima mogu imati pozitivan učinak (25, 26).

1.9. Utjecaj na sportsku izvedbu putem mehanizma istodobne aktivacijske potencijacije

Jedna od strategija za maksimiziranje trenutnog učinka treninga snage je istodobna aktivacijska potencijacija (eng. *concurrent activation potentiation*, CAP), čija je svrha poboljšati performanse mišića koji primarno sudjeluje u pokretu kroz istovremene kontrakcije mišića udaljenih od tog mjesta. Ove kontrakcije mišića nazivaju se udaljene voljne kontrakcije (eng. *remote voluntary contractions*, RVC) i mogu povećati reflekse donjeg dijela tijela i performanse tijekom izometrijskog testiranja. Neuromuskularne koristi povezane s RVC-om mogu se objasniti u nekoliko mehanizama. Jedan od mehanizama podrazumijeva povećanu podražljivost spinalnih motornih neurona dok pojedinac steže čeljust, pojačavajući tako aktivnost alfa motornih neurona i mišićnih vretena koji sudjeluju u obavljanju voljnih pokreta. Uravnotežena distribucija sila u okluziji mogla bi uključivati promjene u perifernom proprioceptivnom ulazu iz orofacijalnog područja koje može utjecati na središnji živčani sustav (CNS) putem trigeminalnog živca, nakon čega CNS modificirani izlazni signal prenosi putem kralježničkih živaca i autonomnih živaca na mišićno-koštani sustav. Prilikom stiskanja zubi u štitnik (eng. *jaw clenching*), kontrakcija mišića donje čeljusti poboljšava neuromuskularne odgovore glavnih mišića uključenih u izvedbu, kao i snagu mišića (stražnji čučanj, čučanj-skok), poboljšanje visine i snage skokova, kao i izvedbu testa agilnosti i ravnog potiska s klupe (eng. *bench press*) s umjerenim opterećenjem. Važno je napomenuti da je postupak pravilne izrade štitnika ključan za postizanje pravilnog položaja čeljusti, što omogućuje snažno stiskanje čeljusti i iskorištavanje prednosti CAP-a. Stoga su potencijalni učinci u vezi s pozicioniranjem čeljusti ograničeni na one koji koriste individualne štitnike kako bi se osigurala optimalna stabilizacija donje čeljusti. Sportaši koji se bave kontaktnim sportovima koji zahtijevaju snagu, jakost i agilnost, poput košarke ili boksa, kako bi potencijalno unaprijedili sportsku izvedbu tijekom treninga i natjecanja (24).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je u populaciji sportaša iz borilačkih sportova koji u svakodnevnom treningu koriste štitnike, istražiti koliko štitnici za zube utječu na ventilacijske, metaboličke i funkcionalne parametre pri progresivnom maksimalnom testu opterećenja. Ispitat će se i utjecaj na ventilacijske pragove i maksimalni aerobni kapacitet (VO_{2max}).

2.1. HIPOTEZA

Uporaba štitnika za zube značajno utječe na smanjenje aerobnih i dišnih sposobnosti pri različitim intenzitetima rada na aerobnom pragu, anaerobnom pragu i maksimalnom opterećenju.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Ispitanici

Uzorak ispitanika sastojao se od 10 sportaša muškog spola u dobi od 18 do 28 godina, natjecateljskog i amaterskog statusa u kickboxingu, boksu i brazilskom jiu-jitsu. Kriterij uključenja je bilo korištenje štitnika za zube u svakodnevnom treningu, bez iznimke. Također, ispitanici su bili zdravi, bez kroničnih bolesti krvožilnog ili dišnog sustava. Devet ispitanika (90%) koristilo je poluprilagodljivi štitnik, dok je samo jedan ispitanik (10%) koristio individualno izrađen štitnik. Uvjet je bio i uredan spirometrijski nalaz.

3.2. Organizacija i mjesto istraživanja

Prije provođenja istraživanja zatražena je suglasnost Etičkog povjerenstva Medicinskog fakulteta u Splitu te je po suglasnosti istoga prikupljanje podataka provedeno od 4. rujna do 26. listopada, 2023. godine. Istraživanje se provodilo u Zavodu za integralnu fiziologiju Medicinskog fakulteta i Zavodu za antropološku kineziologiju i zdravlje - laboratorij za fiziologiju, Kineziološkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu. Svaki ispitanik potpisao je suglasnost kojom je upoznat s postupkom i svrhom mjerenja, protokolima i mogućim rizicima i privolu da istraživanju pristupa dobrovoljno te da u svakom trenutku od istraživanja može odustati.

3.3. Metode prikupljanja i obrade podataka

Svaki ispitanik prisustvovao je dvama mjerenjima, odnosno na dva testa maksimalnog opterećenja, gdje je za prvi test nasumično određeno hoće li ispitanik koristiti štitnik ili ne. Tim postupkom, svaki ispitanik pripada kontrolnom i eksperimentalnom protokolu. Drugi test izveden je u razmaku od nekoliko dana nakon prvog testa. Ispitanici su zamoljeni da se dan prije testiranja i u periodu između testova ne podvrgavaju intenzivnim treninzima, kako bi jedino prisutstvo, odnosno odsutstvo štitnika utjecalo na parametre od interesa.

Prije početka testa, ispitanik je u prostoriji testiranja nakon dolaska boravio 15 minuta kako bi se priviknuo na temperaturu i vlažnost zraka u prostoriji. Nakon toga, napravljen je test spirometrije i maksimalne voljne ventilacije (MVV). Test spirometrije izveden je standardnim

postupkom, dok je test maksimalne voljne ventilacije izveden uz pomoć respiracijske maske za nos i usta (*Hans Rudolph*, Slika 11) na koju je spojen standardizirani mjerni uređaj

Razlog tome je što se mjerenje MVV u prisutstvu štitika nije moglo izvesti na uobičajen način zbog nemogućnosti pozicioniranja usnika i održavanja adekvatne pozicije usana prilikom testa radi monomaksilarnog štitnika.



Slika 11. *Hans Rudolph* maska za usta i nos. Preuzeto s: Performance CH [Internet] [2. listopada 2023.]. Available from: <https://www.cranlea.co.uk/product/hans-rudolph-7450-mask/>.(27)

Inspiratorni i ekspiratorni protok zraka kvantitativno se određuju testom spirometrije. Ekspiratorni protok se mjeri tako da pacijent udahne što dublje može (usne moraju biti dobro priljubljene uz usnik) a izdahne snažno, eksplozivno i potpuno što je moguće brže u aparat koji bilježi volumen izdahnutog zraka (forsirani vitalni kapacitet - FVC) i volumen zraka izdahnut u prvoj sekundi (forsirani ekspiratorni volumen u 1 sekundi - FEV₁). FEV₁ je najbolji pokazatelj protoka zraka, a posebno je koristan u dijagnostici i praćenju opstruktivnih bolesti pluća . Maksimalna voljna ventilacija (MVV) je još jedno kombinirano mjerenje respiratornog i neuromuskularnog sustava. MVV je ukupni volumen zraka izdahnut za 12 sekundi brzog i dubokog disanja. Značajna razlika između očekivanog i izmjerenog MVV može ukazati na nedovoljan subjektivno maksimalni odgovor. Progresivno smanjenje dišnih volumena tijekom izvođenja testa upućuje na neuromuskularne poremećaje, ali rijetko ima dijagnostičku vrijednost (28). Osim navedenih ventilacijskih varijabli, mjereno je i subjektivni osjećaj opterećenja uz

pomoć numeričke ljestive po Borgu (Slika 12), na način da bi se, odmah po završetku testa, ispitanika pitalo da ocijeni osjećaj napora brojem od 0 do 10, pri čemu je 0 jednaka odmoru, a desетка maksimalnom osjećaju napora.

1 – 10 Borgova skala subjektivnog opterećenja	
0	Odmor
1	Vrlo Lagano
2	Lagano
3	Umjereno
4	Djelomično Teško
5	Teško
6	
7	Vrlo Teško
8	
9	Vrlo, Vrlo Teško
10	Izrazito zahtjevno

Slika 12. Numerička ljestvica po Borgu. Preuzeto i prilagođeno prema: Želimorski A. Usporedba parametara fiziološkog opterećenja postignutih na energetski usmjerenom treningu i izvedbi natjecateljskih vježba u ritmičkoj gimnastici. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet. 2015 (29).

Nakon kratkog odmora, pristupilo se spiroergometrijskom testu s progresivnim povećanjem opterećenja do iscrpljenja. Prije početka protokola, svim je ispitanicima postavljen uređaj za praćenje srčanog ritma (Garmin HRM-DualTM) i respiracijska maska za usta i nos (Slika 11). Primitak kisika, srčana frekvencija i plućna ventilacija i drugi parametri od interesa mjereni su tijekom trčanja prenosivim telemetrijskim uređajem K5 (Cosmed, Italija) po “breath by breath” metodi, tj. mjerenjem i analizom svakog respiracijskog ciklusa. Mjereni parametri su: primitak kisika (VO_2), maksimalni primitak kisika (VO_{2max}), proizvodnja ugljikovog dioksida (VCO_2), respiracijski kvocijent (RQ), minutna ventilacija (V_E) i respiracijska

frekvencija (R_f), dišna rezerva (BR), srčana frekvencija (HR), kako maksimalne vrijednosti, tako i vrijednosti istih parametara na aerobnom i anaerobnom pragu. Instrumentarij za prikupljanje i analizu podataka konstruiran je na takav način da omogućava numeričko i grafičko prikazivanje podataka uz kontinuirano pohranjivanje na računalu za kasniju daljnju analizu. Ventilacijski i metabolički parametri prikupljanju se putem respiracijske maske za nos i usta (Hans Rudolph, SAD) na koju je spojen analizator. (30). Uređaj je prethodno kalibriran standardiziranom mješavinom plinova O_2 i CO_2 , zadanim volumenom zraka i prilagođen na trenutni atmosferski tlak. Vrijednosti koncentracija kisika i ugljikovog dioksida i respiracijski volumeni u svakom respiracijskom ciklusu kao i srčana frekvencija kontinuirano su zapisivani na prijenosnom računalu. Vrijednosti promatranih parametara uprosječene su na 15 sekundi, kako bi se jednim dijelom otklonio utjecaj artefakata (31). Protokol započinje tako što ispitanik miruje jednu minutu, nakon čega kreće s hodom brzinom 5km/h i nagibom pokretne trake od 2% što povećava energetska potrošnju sukladno otporu zraka u stvarnom kretanju koji na pokretnoj traci ne postoji. Brzina kretanja se progresivno povećava svaku minutu za 1km/h uz stalni nagib od 2%. Pri brzini 8km/h, ispitanik počinje trčati. Svake naredne minute brzina pokretne trake se povećava za 1 km/h te test traje do ispitanikova iscrpljenja, nakon kojeg u oporavku ispitanik nastavlja hodati na traci brzinom od 5 km/h. Kako se primitak kisika povećava s intenzitetom fizičkog rada, odrednice primitka kisika (udarni volumen, frekvencija srca) približavaju se gornjim granicama, a odnos VO_2 prema intenzitetu rada dostiže plato (32).

Kriteriji za određivanje maksimalnog primitka kisika su sljedeći :

- a) respiracijski kvocijent $RQ \geq 1.1$
- b) dosegnut plato primitka kisika, tj. porast primitka kisika \leq od 150 mL neovisno o porastu opterećenja
- c) dosegnuta zona maksimalne predviđene srčane frekvencije ($220 - \text{dob}$).

Najviša postignuta srčana frekvencija pri maksimalnom primitku kisika predstavlja maksimalnu srčanu frekvenciju. Aerobni i anaerobni prag su određeni prema Wassermanovim principima (V-slope).

3.4. Mjere ishoda istraživanja

Primarna mjera ishoda bila je, u populaciji sportaša koji svakodnevno koriste štitnik za zube, utvrditi koliko oni utječu na ventilaciju i izmjenu plinova (O_2 i CO_2) tijekom zadanog rada, odnosno na energetske potrošnje na zadanim intenzitetima rada (aerobni i anaerobni prag) te maksimalni aerobni kapacitet (VO_{2max}). Kao sekundarna mjera cilj je bio usporediti subjektivni osjećaj opterećenja nakon svakog mjerenja uz pomoć Borgove ljestvice i utvrditi razliku između osjećaja napora prilikom nošenja štitnika i njegove odsutnosti.

3.5. Statistička obrada podataka

Za obradu prikupljenih podataka i grafički prikaz korišteni su software Statistica 6.0. (Informer Technologies, Inc.) i Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, SAD), odnosno metoda deskriptivne statistike za sve prethodno navedene mjerene parametre koja obuhvaća aritmetičku sredinu, minimalne i maksimalne vrijednosti, standardnu devijaciju uz intervale pouzdanosti od 95%. Promatrane varijable su numeričkog tipa. Za usporedbu kontrolnih i eksperimentalnih protokola, također za sve prethodno navedene mjerene parametre, kako bi se utvrdila statistička značajnost razlike, korišten je t-test za zavisne uzorke. Korelacija među varijablama značajna je pri vrijednosti $p < 0,05$.

3.6. Etička načela

Tijekom i nakon istraživanja štite se prava i osobni podatci ispitanika u skladu sa svim smjernicama, čiji je cilj osigurati pravilno provođenje i sigurnost osoba koje sudjeluju u ovom znanstvenom istraživanju, uključujući Kodeks medicinske etike i deontologije (NN 55/08 i 139/15), Helsinšku deklaraciju, Pravilnik o kliničkim ispitivanjima lijekova i dobroj kliničkoj praksi (NN 14/10, 127/10, 25/15 i 124/15), Zakon o zdravstvenoj zaštiti Republike Hrvatske (NN 100/18) i Zakon o pravima pacijenata Republike Hrvatske (NN 169/04, 37/08). Prikupljanje podataka i zaštita privatnosti ispitanika izvest će se prema Općoj uredbi o zaštiti podataka (GDPR, General Data Protection Regulation 2016/679).

4. REZULTATI

4.1. Deskriptivne karakteristike ispitanika

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 10 ispitanika muškog spola (N=10). U Tablici 1 su prikazani antropometrijski i spirometrijski parametri te sportski staž ispitanika. Prikazane su prosječne vrijednosti skupine te standardne devijacije.

Tablica 1.

Parametri	Ispitanici (N=10)
Dob (godine)	23,90 ± 3,54
Sportski staž (godine)	5,55 ± 3,85
FVC (% predviđenog)	99,20 ± 9,94
FEV1 (% predviđenog)	96,70 ± 8,22

4.2. Rezultati deskriptivne statistike

Deskriptivna statistika za numeričke vrijednosti uključuje najmanju, najveću i srednju vrijednost te standardnu devijaciju. Ventilacijski i kardiovaskularni parametri (srčana frekvencija), dosegnuta brzina i trajanje testa pri maksimalnom naporu, aerobnom i anaerobnom pragu prikazani su u Tablicama 2, 3 i 4 u nastavku. Znakovi minus (-) i plus (+) pokraj parametara u tablici označavaju odsutstvo (-), odnosno prisutstvo (+) štitnika za zube, to jest kontrolni i eksperimentalni protokol.

Tablica 2. Maksimalne vrijednosti ventilacijskih, kardiovaskularnih parametara, brzine i trajanja testa

Varijable	Aritmetička sredina	Min.	Maks.	SD
MVV – (L/min)	217,41	171,2	268,7	33,58
MVV + (L/min)	189,06	157,2	241	28,17
VE _{max} – (L/min)	131,75	88,1	158,5	24,19
VE _{max} + (L/min)	125,85	95	150,7	20,07
BR – (L/min)	85,66	41,8	138,3	29,73
BR + (L/min)	63,26	15,7	104	29,69
VT – (L)	2,75	2,19	3,13	0,34
VT + (L)	2,75	2,25	3,11	0,32
Rf – (udisaja/min.)	47,81	40	56,6	5,94
Rf + (udisaja/min.)	45,85	35,50	53,4	5,72
VO _{2max} – (mL/min)	4304,5	3500	7158	1060,46
VO _{2max} + (mL/min)	4001,7	3438	5059	502,59
VO _{2max} relat. – (mL/kg/min)	51,02	40,8	68,5	8,67
VO _{2max} relat. + (mL/kg/min)	48,05	38,2	60,3	6,31
HR _{max} – (otkucaja/min.)	190,6	180	199	7,09
HR _{max} + (otkucaja/min.)	187,9	173	198	8,32
RQ _{max} -	1,18	0,79	1,43	0,21
RQ _{max} +	1,25	1,07	1,32	0,08
maksimalna dosegnuta brzina - (km/h)	15,6	14	18	1,17
maksimalna dosegnuta brzina + (km/h)	15,5	13	18	1,35
trajanje testa - (sekunde)	671,7	543	811	66,91
trajanje testa + (sekunde)	656,1	520	796	76,38

MVV, maksimalna voljna ventilacija; VE_{max}, maksimalna minutna ventilacija; BR, dišna rezerva; VT, maksimalni volumen disanja tijekom opterećenja; Rf, frekvencija disanja; VO_{2max}, apsolutni maksimalni primitak kisika; VO_{2max} relat., relativni maksimalni primitak kiska; HR_{max}, maksimalna srčana frekvencija; RQ_{max}, respiracijski kvocjent.

Tablica 3. Ventilacijski, kardiovaskularni parametri, brzina i trajanje testa na prvom ventilacijskom, aerobnom pragu

Varijable	Aritmetička sredina	Min.	Maks.	SD
VE - (L/min)	81,04	54,9	112,5	17,45
VE + (L/min)	76,80	59,70	103,40	13,78
%VE _{max} -	61,49	54,07	74,21	6,15
%VE _{max} +	61,25	49,09	70,42	6,73
VO ₂ - (mL/kg/min)	42,20	33,90	58,40	7,82
VO ₂ + (mL/kg/min)	38,93	31,10	47,50	5,44
%VO _{2max} -	82,63	75,15	90,82	4,39
%VO _{2max} +	81,09	72,78	90,49	5,40
HR - (otkucaja/min.)	171,4	157	184	8,49
HR + (otkucaja/min.)	169,50	149	185	10,50
%HR _{max} -	90,05	86,29	95,83	3,09
%HR _{max} +	90,16	86,13	93,91	2,41
PETCO ₂ - (mmHg)	44,80	39	49	3,36
PETCO ₂ + (mmHg)	46,10	39	61	6,26
RQ -	0,96	0,67	1,10	0,15
RQ +	1,00	0,91	1,10	0,07
%RQ _{max} -	81,70	74,40	88,61	5,33
%RQ _{max} +	79,87	75,19	85,98	4,07
dosegnuta brzina - (km/h)	11,9	11	13	0,74
dosegnuta brzina + (km/h)	11,6	10	13	1,17
t - (sekunde)	451,50	390	510	39,02
t + (sekunde)	433,5	345	525	64,59

VE, minutna ventilacija; %VE_{max}, postotak od maksimalne minutne ventilacije; VO₂, relativni primitak kisika; %VO_{2max}, postotak od maksimalnog primitka kisika; HR, srčana frekvencijana aerobnom pragu, %HR_{max}, postotak od maksimalne srčane frekvencije; PETCO₂, parcijalni tlak ugljikovog dioksida na kraju ekspirija; RQ, respiracijski kvocjent, %RQ_{max}, postotak od maksimalnog respiracijskog kvocjenta; t, vrijeme nakon kojeg je dosegnut prag u sekundama

Tablica 4. Ventilacijski, kardiovaskularni parametri, brzina i trajanje testa na drugom ventilacijskom, anaerobnom pragu

Varijable	Aritmetička sredina	Min.	Maks.	SD
VE - (L/min)	107,49	64,20	136,90	23,89
VE + (L/min)	100,81	76,30	120,80	16,44
%VE _{max} -	81,26	72,87	90,30	5,13
%VE _{max} +	80,33	69,23	90,27	6,91
VO ₂ - (mL/kg/min)	47,62	38,20	63,30	7,93
VO ₂ + (mL/kg/min)	50,12	35,30	101	18,73
%VO _{2max} -	93,38	91,59	95,89	1,40
%VO _{2max} +	93,33	87,10	98,46	3,50
HR - (otkucaja/min.)	181,90	173	189	6,14
HR + (otkucaja/min.)	181,30	163	194	9,15
%HR _{max} -	95,47	92,96	98,44	1,60
%HR _{max} +	96,29	92,46	98,48	1,92
PETCO ₂ - (mmHg)	42,10	37	48	3,67
PETCO ₂ + (mmHg)	45,80	38	62	6,86
RQ -	1,06	0,73	1,21	0,18
RQ +	1,13	0,97	1,24	0,10
%RQ _{max} -	90,24	80,80	96,67	5,09
%RQ _{max} +	90,44	82,91	96,88	4,81
dosegnuta brzina - (km/h)	14	13	15	0,82
dosegnuta brzina + (km/h)	13,8	12	16	1,32
t - (sekunde)	574,5	495	630	45,85
t + (sekunde)	570	465	675	77,14
T1-T2 - (sekunde)	127,5	75	165	28,5
T1-T2 + (sekunde)	136,5	75	195	32,75
T2 - (sek.)	97,2	43	196	46,12
T2 + (sek.)	92,2	50	136	38,36

VE, minutna ventilacija; %VE_{max}, postotak od maksimalne minutne ventilacije; VO₂, relativni primitak kisika; %VO_{2max}, postotak od maksimalnog primitka kisika; HR, srčana frekvencija na aerobnom pragu, %HR_{max}, postotak od maksimalne srčane frekvencije; PETCO₂, parcijalni tlak ugljikovog dioksida na kraju ekspirija; RQ, respiracijski kvocjent, %RQ_{max}, postotak od maksimalnog respiracijskog kvocjenta; t, vrijeme u kojem je dosegnut prag; T1-T2, vrijeme trajanja laktatne faze; T2, vrijeme provedeno iznad anaerobnog praga

Dišna rezerva (BR, eng. *breathing reserve*) predstavlja razliku između MVV i V_E postignute tijekom maksimalnog radnog opterećenja. Normalna vrijednost dišne rezerve iznosi najmanje 11 L/min ili u rasponu od 10 – 40% od MVV, odnosno V_E/MVV je normalno $72 \pm 15\%$. Smatra se da dišni sustav nije ograničavajući faktor tijekom fizičke aktivnosti kada dišna rezerva iznosi barem 15 L/min (33-35). Pri maksimalnim vrijednostima, najniža izmjerena vrijednost dišne rezerve bila je 15,70 L/min u prisutstvu štitnika za zube, a najveća 138,30 L/min u uvjetima bez štitnika. Prosječno je iznosila 85,66 L/min bez štitnika, dok prilikom nošenja štitnika iznosi 63,26 L/min. Maksimalni volumen disanja tijekom opterećenja (VT) u oba slučaja prosječno pri maksimalnim vrijednostima iznosi 2,75 L ($p=0,95$). Apsolutni primitak kisika (VO_{2max}) za oko 300 mL je veći u uvjetima bez prisutstva štitnika u odnosu na njegovo prisutstvo, dok je relativni primitak, odnosno primitak O_2 po kilogramu tjelesne težine veći za 3 mL u uvjetima bez štitnika za zube. Prosječna maksimalna dosegnuta brzina razlikuje se u 0,10 km/h više u uvjetima bez prisutstva štitnika. Trajanje samog testa kraće je prilikom nošenja štitnika i prosječno iznosi 10:56 min, a tijekom testa u odsutstvu štitnika iznosi 11:11 min.

Prosječne vrijednosti izmjerene na prvom, aerobnom pragu vrlo su slične. Razlikuju se minutna ventilacija (V_E) koja je za 5 L/min veća u odsutstvu štitnika za zube. Relativni primitak kisika također je za 3,80 mL/kg/min veći u odsutstvu štitnika. Ispitanici u eksperimentalnom protokolu, 20 sekundi ranije u odnosu na test u kontrolnom protokolu dosežu prvi, aerobni prag.

Što se tiče drugog, anaerobnog praga situacija je slična, osim u V_E koja je za 7 L/min veća u odsutstvu štitnika i relativnog primitka kisika koji je u ovom slučaju, za razliku od prethodnog, veći za oko 3 mL/kg/min prilikom nošenja štitnika za zube i iznosi 50,12 mL/kg/min.

Međutim, postotci minutne ventilacije i maksimalnog primitka kisika od njihovih maksimalnih vrijednosti ($\%V_E$, $\%VO_{2max}$) postignuti u tom trenutku u oba su slučaja gotovo identični. Navedeno se odnosi na prosječne vrijednosti unutar skupine.

4.3. Rezultati t-testa za zavisne uzorke u mjerenim parametrima

U tablicama 5 i 6 prikazane su vrijednosti maksimalne voljne ventilacije i dišne rezerve prije testa opterećenja kod kojih je uočena statistički značajna razlika među ispitivanim protokolima. Korelacija među varijablama značajna je pri $p < 0,05$, a interval pouzdanosti je 95%. Navedeni podatci prikazani su u obliku grafikona (Slika 13).

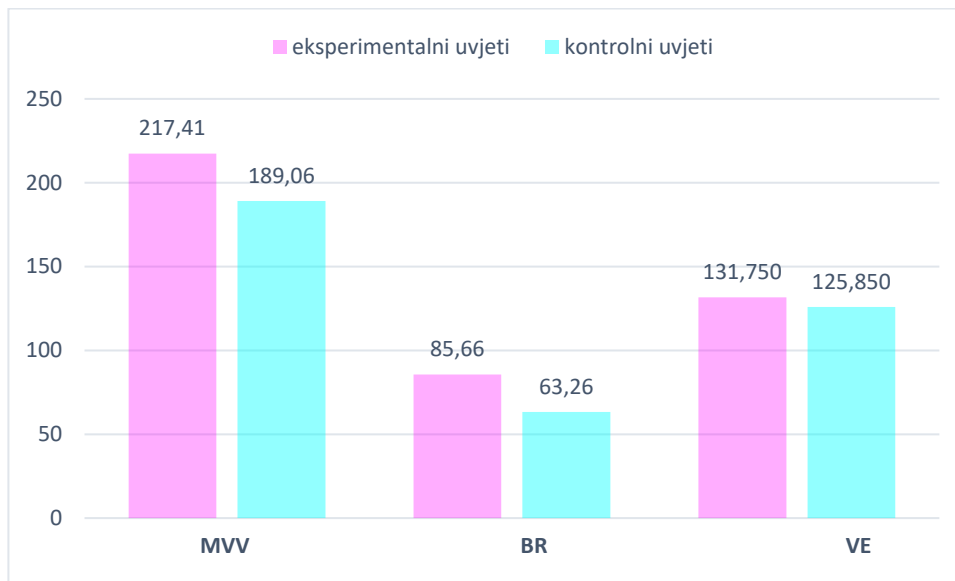
Tablica 5. Maksimalna voljna ventilacija.

MVV (L/min)	Kontrolna skupina (bez štitnika) (N=10)	Eksperimentalna skupina (sa štitnikom) (N=10)
AS±SD	217,410 ± 33,581	189,060 ± 28,171
Medijan	218,70	179,05
CI (95%)	[2, 44 - 54,26]	
P	0,035	

Tablica 6. Dišna rezerva.

BR (L/min)	Kontrolna skupina (bez štitnika) (N=10)	Eksperimentalna skupina (sa štitnikom) (N=10)
AS±SD	85,66 ± 29,728	63,26 ± 29, 693
Medijan	75,55	58,70
CI (95%)	[4,37 – 40,43]	
P	0,020	

Maksimalna voljna ventilacija smanjena je značajno u prisutstvu štitnika ($p=0,035$) a zajedno s njom i dišna rezerva ($p=0,02$) iz razloga što dišna rezerva pokazuje odnos između maksimalne minutne ventilacije (V_E) postignute tijekom opterećenja koja predstavlja ventilacijske potrebe i mogućnosti, a MVV koja predstavlja ventilacijski kapacitet. Određene razlike između ostalih ventilacijskih parametara postoje, no nisu značajne. Pri maksimalnim uvjetima, razlika u minutnoj ventilaciji (V_E) između mjerenja od 5,9 L/min u korist odsutstva štitnika za zube nije statistički značajna ($p=0,44$).



Slika 13. Grafički prikaz odnosa izmjerenih vrijednosti maksimalne voljne ventilacije, dišne rezerve i minutne ventilacije u kontrolnim i eksperimentalnim uvjetima.

Prosječni apsolutni VO_{2max} u kontrolnim uvjetima iznosi $4304,5 \pm 1060,45$ mL/min, a u prisutstvu štitnika za zube $4001,7 \pm 502,59$ mL/min. Međutim, niti ta razlika nije statistički značajna ($p=0,26$). Ista je situacija i u razlici kod relativnog primitka kisika ($p=0,29$). Brzina postignuta u trenutku maksimalnog napora, također je gotovo identična između skupina ($p=0,81$). Dišna frekvencija razlikom od 1,96 udisaja u minuti nije se pokazala statistički značajnom ($p=0,44$). Ukupno trajanje testa razlikuje se u 16 sekundi među ispitivanim skupinama ($p=0,49$). Na prvom ventilacijskom pragu, postotak dosegnute minutne ventilacije u odnosu na maksimalnu ($\%V_E$) u slučaju bez prisutstva štitnika iznosi 61,49%, a u prisutstvu 61,25% ($p=0,94$). Također, postotak od maksimalnog primitka kisika ($\%VO_{2max}$) dosegnut na prvom pragu iznosi 82,63% u odsutstvu štitnika, a 81,09% u prisutstvu štitnika ($p=0,30$). Brzina pri kojoj je dosegnut prvi prag gotovo je identična, a vrijeme u kojem je on dosegnut nastupilo je 18 sekundi prije u slučaju prisutstva štitnika za zube ($p=0,20$).

Drugi ventilacijski prag, obilježila je veća vrijednost VO_2 u eksperimentalnim uvjetima ($50,12 \pm 18,73$ mL/kg/min) u odnosu na kontrolne uvjete ($47,62 \pm 7,9$ mL/kg/min). Razlika nije statistički značajna ($p=0,71$), kao ni kod ukupne minutne ventilacije (V_E , $p=0,38$). Brzina pri kojoj je dosegnut drugi prag razlikuje se za 0,2 km/h, a vrijeme u kojoj je on postignut za 4,5 sekunde je kraće u eksperimentalnim uvjetima. Vrijeme trajanja laktatne faze nešto je dulje u prisutstvu štitnika i iznosi 02:17 min, što je 9 sekundi dulje nego u kontrolnom protokolu ($p=0,34$), a trajanje testa iznad anaerobnog praga kraće je za 5 sekundi u odnosu na kontrolnu skupinu i prosječno iznosi 01:32 min ($p=0,65$).

4.4. Povezanost subjektivne percepcije opterećenja s prisutstvom štitnika za zube

U Tablici 7 prikazane su prosječne vrijednosti subjektivnog osjećaja opterećenja nakon provođenja testa. Nula (0) odgovara odmoru, dok broj 10 predstavlja maksimalni napor. Prosječna vrijednost opterećenja u kontrolnom protokolu iznosi $7,2 \pm 0,92$, dok u eksperimentalnom iznosi $7,8 \pm 1,32$, što u oba slučaja odgovara vrlo teškom naporu (Slika 12).

Tablica 7. Subjektivni osjećaj opterećenja po Borgovoj ljestvici.

Borgova ljestvica (0-10)	Kontrolna skupina (bez štitnika) (N=10)	Eksperimentalna skupina (sa štitnikom) (N=10)
AS±SD	$7,2 \pm 0,92$	$7,8 \pm 1,32$
CI (95%)	[-1,203 – 0,003]	
<i>p</i>	<i>0,051</i>	

Subjektivni osjećaj opterećenja kod ispitanika na graničnoj je vrijednosti statističke značajnosti ($p=0,051$), što možemo objasniti davanjem očekivanog odgovora i pretpostavke da će štitnici za zube uzrokovati određene nelagode u naporu. S obzirom da je 10 ispitanika testirano dva puta, u kontrolnim i eksperimentalnim uvjetima (bez i sa štitnicima za zube), nije moguće provođenje jednostruko ili dvostruko slijepe probe.

5. RASPRAVA

U sportskim disciplinama naročito kontaktne prirode, vrlo važan faktor uspješnosti je zaštita samog sportaša. Ona osigurava veće samopouzdanje i bolju izvedbu sportaša, ali i adekvatnu zaštitu u vidu smanjenja incidencije orofacijalnih ozljeda. Na tržištu se nalazi velik izbor zaštitne opreme za lice i usta, od komercijalnih do individualno izrađenih proizvoda. Ono što je bitno svakom sportašu je da njegova zaštitna oprema ne utječe na sportsku izvedbu. Velik broj istraživanja (21, 36-40) proučavao je upravo utjecaj štitnika za zube na fiziološke parametre tijekom fizičkog napora, ali i na rezultate u određenim radnjama. Najviše i najčešće proučavan parametar je maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) iz razloga što je VO_{2max} najbolja mjera aerobnog kapaciteta i „zlatni standard“ za procjenu kardiorespiratorne sposobnosti, a predstavlja maksimalnu dostižnu razinu oksidativnog metabolizma koji uključuje velike mišićne skupine (32). Kao i u prethodno navedenim, u ovom istraživanju VO_{2max} nije bio značajno promijenjen. Parametri poput minutne ventilacije (V_E), frekvencije disanja, srčane frekvencije i maksimalne dosegnute brzine razlikuju se vrlo malo, bez statističke značajnosti. Duljina trajanja testa nešto je dulja u uvjetima bez štitnika. Subjektivna procjena opterećenja u različitim uvjetima vrlo je blizu statističke značajnosti što se može pripisati davanjem očekivanog odgovora s obzirom na nemogućnost provođenja jednostruko ili dvostruko slijepog istraživanja.

Maksimalna voljna ventilacija i dišna rezerva jedini su parametri kod kojih je primijećena značajna razlika između kontrolnog i eksperimentalnog protokola. MVV ovisi o mehaničkim, antropometrijskim, genetskim čimbenicima, dobi, funkciji dišnih mišića, protočnosti dišnih puteva i mogućim respiratornim opstruktivnim i/ili restriktivnim poremećajima. Ventilacijski kapacitet koji se izražava preko MVV podliježe promjenama tijekom fizičkog opterećenja jer je pod utjecajem bronhodilatacije i bronhokonstrikcije, te također ovisi o plućnim volumenima i izdržljivosti i snazi dišnih mišića.

Prijašnja istraživanja pokazala su da je u prisutstvu štitnika povećan otpor u dišnim putevima u mirovanju, te da taj otpor može dovesti do promijenjenog obrasca disanja tijekom napora i značajno povećanog kapaciteta disanja kod zdravih ispitanika, što ograničava alveolarnu ventilaciju, ali ne i VO_{2max} (mL/kg/min) (41). Međutim, povećan inspiracijski otpor u mirovanju može se smanjiti u uvjetima hiperpneje, a na protok zraka pri izdisaju može utjecati i debljina korištenog štitnika te položaj glave, vrata i čeljusti (42, 43).

Mjerenje MVV nespecifičan je test, ali dobar prediktor snage dišne muskulature. Može ukazati na gubitak koordinacije dišnih mišića, osobito tijekom rada kada su pomoćni dišni mišići uključeni u trenutnu motoričku aktivnost. Također, MVV pruža mjeru

izdržljivosti respiratornih mišića koja može biti važna u procjeni umora respiratornih mišića, kako u opstruktivnim, restrektivnim ili specifičnim neuromuskularnim poremećajima, tako i tijekom intenzivnog rada (44). Indirektno mjerenje funkcionalnosti dišnih mišića važno je jer njihova slabost može biti ograničavajući čimbenik za dostizanje VO_{2max} tijekom fizičkog opterećenja. Vrijednost MVV omogućuje ocjenu sposobnosti dišnih mišića da stvore tlak potreban za disanje te u kolikoj je mjeri slabost dišnih mišića ograničavajući čimbenik pri fizičkom opterećenju ili kod određenih bolesti i stanja (32, 45). Sukladno smanjenju MVV, smanjena je i dišna rezerva koja se izražava preko MVV i minutne ventilacije u maksimalnom naporu.

Nadalje, višegodišnji trening sa štitnicima doveo je do respiratorne prilagodbe, vjerojatno i mehanike i tehnike disanja kao i funkcionalnosti dišnih mišića što se ovim istraživanjem nije mjerilo. Moguće je da prilikom nošenja štitnika dolazi do produljenja ekspirija, povećane dubine disanja i manjeg broja udisaja (42) i poboljšane tehnike disanja čime se produljuje ukupan ciklus disanja uz povećanje ekonomičnosti, odnosno smanjenje potrošnje kisika (energije) na određenom opterećenju (35). Još jedan pretpostavljeni mehanizam prilagodbe je da štitnik uzrokuje fenomen "disanja napućenih usana" (eng. *pursed lip breathing, PLB*), za koje se pokazalo da poboljšava respiratornu učinkovitost tijekom vježbanja kod ljudi s plućnim bolestima. Tijekom PLB-a potrebno je udahnuti manje zraka da bi se apsorbirala određena količina kisika. Međutim, nije jasno ima li PLB slične učinke kod ljudi s normalnom funkcijom pluća. Još jedna prednost PLB-a je ukupna ekonomičnost. Ono poboljšava metabolički utrošak bez povećanja respiratorne frekvencije ili smanjenja koncentracije kisika u arterijskoj krvi (40).

Pretragom literature nisu pronađena istraživanja koja pokazuju utječu li štitnici na parametre pri ventilacijskim pragovima, poput vremena dosezanja i razine opterećenja, kao i vrijeme provedeno iznad anaerobnog praga. Uglavnom su mjereni maksimalni aerobni kapaciteti.

Kada se laktati u krvi počnu povećavati u zdravih osoba VO_2 je u prosjeku na 50 – 60% VO_{2max} . Kod aerobno spremnih ta vrijednost je znakovito veća (70-80% VO_{2max}). Budući da se pri treningu izdržljivosti aerobni prag i VO_{2max} proporcionalno povećavaju, frakcija VO_{2max} pri kojoj se pojavi laktatni prag je povišena. Kod ispitanika u ovom istraživanju, % VO_{2max} pri kojem dosežu prvi prag je veći ($82,63\% \pm 4,39$) u uvjetima bez štitnika u odnosu na eksperimentalnu skupinu ($81,09\% \pm 5,40$), no bez statističke značajnosti.

Vrijednosti % VO_{2max} postignute na anaerobnom pragu gotovo su identične ($93,38\% \pm 1,4$) u kontrolnom i u eksperimentalnom protokolu ($93,33\% \pm 3,50$). Razlike u postignutoj brzini, bilo maksimalnoj ($p=0,8$) ili na pragovima ($p=0,3$) nisu statistički značajne.

Što se tiče vremena trajanja testa, prosječno trajanje u kontrolnom protokolu iznosilo je 11:12 minuta \pm 67 sekundi, a u eksperimentalnoj 10:56 minuta \pm 76 sekundi ($p=0,49$). Vrijeme trajanja laktatne faze (vrijeme između prvog i drugog praga) nešto je dulje u prisutstvu štitnika i iznosi 02:17 min, što je 9 sekundi dulje nego u kontrolnom protokolu ($p=0,34$), a trajanje testa iznad anaerobnog pragau eksperimentalnom protokolu kraće je za 5 sekundi u odnosu na kontrolni i prosječno iznosi 01:32 min ($p=0,65$). Saznanje o brzini trčanja na anaerobnom pragu može poslužiti u optimiziranju intenziteta pri kojem se sportska aktivnost izvodi. Može poslužiti i kao referentni okvir za strategiju treniranja pri povećanim intenzitetima s ciljem povećanja puferskog kapaciteta, odnosno povisiti prag (eng. *threshold*) i posljedično povećati potencijal optimalnog intenziteta sportske aktivnosti (33, 34).

Rezultate ovog istraživanja treba promatrati uzeći u obzir određena ograničenja. Prvo ograničenje bilo bi relativno malen uzorak ispitanika ($N=10$). Prilikom uključivanja u istraživanje, mogla je biti upitna iskrenost o tome koriste li ispitanici redovno, bez iznimke štitnike za zube na svakom treningu. Nije standardizirana vrsta štitnika koja se koristila u istraživanju, iako je ovdje slučaj da su svi osim jednog ispitanika posjedovali poluprilagodljivi štitnik. Adaptacija je provedena u kućnim uvjetima, bez nadzora profesionalne osobe, što djelomično može utjecati na odgovarajuće nasjedanje na zubni luk i posljedične smetnje u vidu ispadanja tijekom testiranja ili potrebne voljne kontrakcije orofacijalnih mišića kako bi se štitnik zadržao u ustima, što ne bi smio biti slučaj. Nadalje, razmaci između testiranja bili su proizvoljni i nisu određeni točnim brojem dana, što povećava mogućnost utjecaja različitih vanjskih čimbenika (intenzivni treninzi, prisutstvo na natjecanjima) kod ispitanika koji su drugom mjerenju pristupili u razmaku od tjedan ili više dana. Daljnja istraživanja trebala bi se fokusirati na što veću homogenizaciju uzorka i uvjeta u kojima se istraživanje provodi, kao i određivanje jedinstvenog protokola kojim će se testirati parametri koji će u budućnosti pomoći svakom sportašu da postigne maksimum u svom izvođenju i u planiranju treninga. Poželjan bi bio i veći broj ispitanika koji uključuje oba spola radi primjenjivosti na opću populaciju. Također, uključivanje stručnjaka s više područja u istraživanja koja se direktno ili indirektno dotiču tema iz različitih struka, od trenera do medicinskog osoblja i doktora dentalne medicine, doprinijelo bi manjim greškama u samom dizajnu istraživanja te posljedično pouzdanijih rezultata.

U pokušaju da razjasni kakav je stav međunarodne stomatološke zajednice po pitanju korištenja štitnika za usta i istraživanja vezana uz njih, prva održana radionica “*Mouthguards and their use in sports, Report of the 1st International Sports Dentistry Workshop, 2016*” analizirala je

ključna pitanja. Cilj je bio formulirati konsenzusne izjave koje se odnose na ova pitanja, a temeljit će se na aktualnim znanstvenim istraživanjima utemeljenim na dokazima, s namjerom motiviranja međunarodne zajednice o važnosti štitnika za zube i poticanje sportaša svih disciplina da ih koriste. Trenutno samo pet sportova u Sjedinjenim Američkim Državama zahtijeva obavezno korištenje štitnika za zube. Međutim, ako se kroz radionice poput ove može pokazati važnost nošenja štitnika za zube, postoji mogućnost da će ih više sportova uvesti kao obveznu opremu za svoje sportaše (46).

6. ZAKLJUČAK

Rezultati su pokazali kako pri testu progresivnog maksimalnog opterećenja, nošenje štitnika za zube i usta nema statistički značajan učinak na minutnu ventilaciju, maksimalni primitak kisika, postignutu brzinu, ukupno trajanje testa i srčanu frekvenciju bez obzira na smanjenje parametara, u odnosu na kontrolne uvjete. Učinka nema niti pri maksimalnim vrijednostima, niti na aerobnom i anaerobnom pragu. Jedini parametri koji su značajno promijenjeni su maksimalna voljna ventilacija i dišna rezerva, mjereni prije testa opterećenja u kontroliranim uvjetima bez dodatnog fizičkog rada i podražaja, poput bronhodilatacije potaknute fizičkim radom. Statistička značajnost dišne rezerve (BR) je isključivo prisutna zbog značajno različite MVV, dok je promjena $V_{E_{max}}$ statistički beznačajna u oba protokola.

Višegodišnji trening sa štitnicima doveo je do respiratorne prilagodbe, vjerojatno i mehanike i tehnike disanja kao i funkcionalnosti dišnih mišića što se ovim istraživanjem nije mjerilo. Kako bi se utvrdio mehanizam prilagodbe, u budućnosti bi se u obzir trebali uzeti ispitanici koji nikada nisu koristili štitnike za zube i usta te njihove rezultate usporediti s postojećima, koji se uglavnom baziraju na utreniranoj populaciji.

Razlike u subjektivnom osjećaju opterećenja vrlo su blizu statističke značajnosti, dok na individualnoj razini ono varira od teškog do vrlo, vrlo teškog intenziteta. Za nekolicinu ispitanika, razina opterećenja bila je jednaka ili manja u prisutstvu štitnika što možemo također pripisati određenoj navici ili davanju očekivanog odgovora.

S obzirom na rezultate ovog i prijašnjih istraživanja, preporuka je da se prilikom kontaktnih sportova koristi zaštitna oprema za usta i lice, jer ne utječe značajno na maksimalne kapacitete niti na parametre mjerene na pragovima. Potrebno je za buduća istraživanja standardizirati protokole i vrste štitnika koje će se koristiti u istraživanju, uključiti različite stručnjake kako bi metaanaliza podataka bila moguća i kako bi pružila najbolje moguće dokaze. Također, edukacija trenera i sportaša o koristima štitnika za zube i usta (idealno poluprilagodljivih ili individualnih) pridonijela bi raširenijoj uporabi istih i smanjenju incidencije orofacijalnih ozljeda.

7. POPIS LITERATURE

1. Eliason PH, Galarneau JM, Kolstad AT, Pankow MP, West SW, Bailey S, et al. Prevention strategies and modifiable risk factors for sport-related concussions and head impacts: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2023;57(12):749-61.
2. Jerolimov V, Bubalo V. Orofacijalne ozljede u sportu. *Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik* 2014; 29: 43-59. 2014.
3. Green JI. The Role of Mouthguards in Preventing and Reducing Sports-related Trauma. *Prim Dent J.* 2017;6(2):27-34.
4. Chisholm DA, Black AM, Palacios-Derflingher L, Eliason PH, Schneider KJ, Emery CA, i sur. Mouthguard use in youth ice hockey and the risk of concussion: nested case-control study of 315 cases. *Br J Sports Med.* 2020;54(14):866-70.
5. Parker K, Marlow B, Patel N, Gill DS. A review of mouthguards: effectiveness, types, characteristics and indications for use. *Br Dent J.* 2017;222(8):629-33.
6. ADA. Athletic mouth protectors (mouthguards) [Internet] 2021 [citirano 10. listopada 2023.]. Dostupno na: <https://www.ada.org/resources/research/science-and-research-institute/oral-health-topics/athletic-mouth-protectors-mouthguards>.
7. Sports Basement [Internet] [citirano 8. rujna 2023.]. Dostupno na: <https://shop.sportsbasement.com/products/braces-strapless-blue>
8. Pride.hr [Internet] [citirano 8. rujna 2023.]. Dostupno na: <https://www.pride.hr/pride-antishock-maxgel-prof-stitnik-za-zube>.
10. Aaronson HB. Physics of protection – Athletic mouthguards. *The Journal of Multidisciplinary Care, Decisions in Dentistry.* July 2017;3(7):24—27.
11. Duddy FA, Weissman J, Lee RA Sr, Paranjpe A, Johnson JD, N C. Influence of different types of mouthguards on strength and performance of collegiate athletes: a controlled-randomized trial. *Dent Traumatol* 2012 Aug;28(4):263-7.
12. Bemelmans P, P. P. Incidence of dental, mouth, and jaw injuries and the efficacy of mouthguards in top ranking athletes. *Sportverletz Sportschaden* 2000 Dec;14(4):139-43.
13. Knapik JJM, S.W., Lee RB, Darakjy SS, Jones SB, Mitchener TA, i sur. Mouthguards in Sport Activities. *Sports Med* 2007; 37 (2): 117-144. 2007.
14. Group CD. The History of the Mouthguard 2023 [Internet] [citirano 1. studenog 2023.] Dostupno na: <https://corinnadental.com.au/the-history-of-the-mouthguard/>.
15. Kolić L. Utjecaj protokola testa hodanja s progresivnim opterećenjem na pokretnom sagu na pokazatelje energetske kapaciteta [Disertacija]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet. 2020.
16. John E. Hall, Guyton AC. *Medicinska fiziologija.* University of Mississippi Medical Center.

17. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 117-130. 1985.
18. Francis KT, Brasher J. Physiological effects of wearing mouthguards. Division of Physical Therapy, The University of Alabama at Birmingham, USA.
19. Bourdin M, Brunet-Patru I, Hager PE, Allard Y, Hager JP, Lacour JR, et al. Influence of maxillary mouthguards on physiological parameters. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(8):1500-4.
20. Feland JB, Hurst J, Fellingham GW, Vehrs PR. Effects of boil-and-bite and custom-fit mouthguards on cardiorespiratory responses to aerobic exercise. *J Sports Med Phys Fitness*. 2020;60(12):1513-9.
21. Gebauer DP, Williamson RA, Wallman KE, Dawson BT. The effect of mouthguard design on respiratory function in athletes. *Clin J Sport Med*. 2011;21(2):95-100.
22. Green MS, Benson AK, Martin TD. Effect of Mouthguard Use on Metabolic and Cardiorespiratory Responses to Aerobic Exercise in Males. *Res Q Exerc Sport*. 2018;89(2):183-9.
23. Duddy FA, Weissman J, Lee RA, Sr., Paranjpe A, Johnson JD, Cohenca N. Influence of different types of mouthguards on strength and performance of collegiate athletes: a controlled-randomized trial. *Dent Traumatol*. 2012;28(4):263-7.
24. Miro A, Busca B, Aguilera-Castells J, Arboix-Alio J. Acute Effects of Wearing Bite-Aligning Mouthguards on Muscular Strength, Power, Agility and Quickness in a Trained Population: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(13).
25. Cao R, Zhang X, Xu Y, Zhao W, Qiu P, Liu W. Influence of wearing mouthguards on performance among athletes: A systematic review. *J Sci Med Sport*. 2023;26(9):493-503.
26. Ferreira GB, Guimaraes LS, Fernandes CP, Dias RB, Coto NP, Antunes LAA, et al. Is there enough evidence that mouthguards do not affect athletic performance? A systematic literature review. *Int Dent J*. 2019;69(1):25-34.
27. Performance CH [Internet] [citirano 2. listopada 2023.]. Dostupno na: <https://www.cranlea.co.uk/product/hans-rudolph-7450-mask/>.
28. MSD priručnik za liječnike [Internet]: HeMED; Treće hrvatsko izdanje 2020.g. [citirano 1. studenog 2023.]. Dostupno na: <https://hemed.hr/Default.aspx?sid=14488&search=mvv>.
29. Želimorski A. Usporedba parametara fiziološkog opterećenja postignutih na energetske usmjerenom treningu i izvedbi natjecateljskih vježba u ritmičkoj gimnastici [Diplomski rad], Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet. 2015.

30. Možek M. Promjene i povezanost ventilacijskih i metaboličkih pokazatelja u zoni opterećenja ispod i iznad anaerobnog praga u atletičara trkača [Disertacija]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet; 2023.
31. Ivančev V, Dujčić Ž. Specifičnosti cerebrovaskularnog, kardiorespiracijskog i simpatičkog živčanog odgovora na ugljični dioksid u ronilaca na dah [doktorska disertacija]. Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet. 2009.
32. Jurić I. Povezanost snage dišne muskulature s kardiovaskularnim i metaboličkim ishodima kardiopulmonalnog testa opterećenja. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Medicinski fakultet Osijek. 2020.
33. Wasserman K, Hansen, J.E., Sue, D.Y., Stringer, W.W. and Whipp, B.J. Principles of exercise testing and interpretation. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. 2005.
34. Bradarić A. Analiza dinamike pokazatelja respiracijske izmjene plinova i srčane frekvencije tijekom kardio- pulmonalnog testa opterećenja, doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet. 2012.
35. Štimec B. Utjecaj specifičnog treninga disanja na parametre natjecateljske uspješnosti biciklista nacionalnog ranga. Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet. 2015.
36. Ahmed I, Kipps C, Fine P. Investigating the effect of mouth guard use on aerobic performance in amateur boxers. Clin Exp Dent Res. 2021;7(5):888-93.
37. Rapisura KP, Coburn JW, Brown LE, Kersey RD. Physiological variables and mouthguard use in women during exercise. J Strength Cond Res. 2010;24(5):1263-8.
38. Bailey SP, Willauer TJ, Balilionis G, Wilson LE, Salley JT, Bailey EK, i sur. Effects of an over-the-counter vented mouthguard on cardiorespiratory responses to exercise and physical agility. J Strength Cond Res. 2015;29(3):678-84.
39. Zupan MF, Bullinger DL, Buffington B, Koch C, Parker S, Fragleasso S, i sur. Physiological Effects of Wearing Athletic Mouth Pieces While Performing Various Exercises. Mil Med. 2018;183(suppl_1):510-5.
40. Caneppele TMF, Borges AB, Pereira DM, Fagundes AA, Fidalgo TKS, Maia LC. Mouthguard Use and Cardiopulmonary Capacity - A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med Int Open. 2017;1(5):E172-E82.
41. Lässig J, Falz R, Schulze A, Pökel C, Vondran M, Schröter T, et al. Decreased exercise capacity in young athletes using self-adapted mouthguards. European Journal of Applied Physiology. 2021;121(7):1881-8.

42. Schulze A, Kwast S, Busse M. Influence of Mouthguards on Physiological Responses in Rugby. *Sports Med Int Open*. 2019;3(1):E25-E31.
43. Amis T, Di Somma E, Bacha F, Wheatley J. Influence of intra-oral maxillary sports mouthguards on the airflow dynamics of oral breathing. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(2):284-90.
44. Gold WM, Koth LL. Murray and Nadel's Textbook of Respiratory Medicine (Sixth Edition) 2016.
45. Society AT. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003.167:211–277. .
46. Lloyd JD, Nakamura WS, Maeda Y, Takeda T, Leesungbok R, Lazarchik D, i sur. Mouthguards and their use in sports: Report of the 1st International Sports Dentistry Workshop, 2016. *Dent Traumatol*. 2017;33(6):421-6.

8. SAŽETAK

Cilj istraživanja: Cilj ovog istraživanja je u populaciji sportaša iz borilačkih sportova koji u svakodnevnom treningu koriste štitnike, istražiti koliko štitnici za zube utječu na ventilaciju, metaboličke i funkcionalne parametre pri progresivnom maksimalnom testu opterećenja, utjecaj na ventilacijske pragove i maksimalni aerobni kapacitet (VO_{2max}).

Materijali i metode: Ispitanici uključeni u ovo istraživanje amaterski su sportaši borilačkih sportova (boks, kickboxing, BJJ) koji u svakodnevnom treningu koriste štitnike za zube. Istraživanje je provedeno u periodu od 4. rujna do 25. listopada 2023.godine u Splitu. Svi ispitanici podvrgnuti su dvama testovima maksimalnog opterećenja u uvjetima bez prisustva štitnika i u njegovom prisustvu u razmaku od nekoliko dana. Tijekom testiranja mjereni su ventilacijski, metabolički i funkcionalni parametri pri maksimalnom opterećenju i na ventilacijskim (aerobnom i anaerobnom) pragovima. Također je mjerena subjektivna osjećaj napora uz pomoć Borgove ljestvice. Nakon prikupljanja podataka, provedena je statistička analiza.

Rezultati: Pokazano je kako pri testu progresivnog maksimalnog opterećenja, nošenje štitnika za zube i usta nema statistički značajan učinak na minutnu ventilaciju, maksimalni primitak kisika, postignutu brzinu, ukupno trajanje testa i srčanu frekvenciju bez obzira na smanjenje parametara, u odnosu na kontrolne uvjete. Učinka nema niti pri maksimalnim vrijednostima, niti na aerobnom i anaerobnom pragu. Jedini parametri koji su značajno promijenjeni su maksimalna voljna ventilacija (MVV, $p=0,035$) i dišna rezerva (BR, $p=0,02$), mjereni prije testa opterećenja u kontroliranim uvjetima bez dodatnog fizičkog rada i podražaja. Razlike u subjektivnoj percepciji osjećaja opterećenja vrlo su blizu statističke značajnosti, dok na individualnoj razini ono varira od teškog do vrlo, vrlo teškog intenziteta.

Zaključak: Višegodišnji trening sa štitnicima doveo je do respiratorne prilagodbe, vjerojatno i mehanike i tehnike disanja što se ovim istraživanjem nije mjerilo te razvoja nekih kompenzacijskih mehanizama. Za nekolicinu ispitanika, subjektivna razina opterećenja bila je jednaka ili manja u prisutstvu štitnika što možemo također pripisati određenoj navici ili davanju očekivanog odgovora. Preporuka je da se prilikom kontaktnih sportova koristi zaštitna oprema za usta, jer ne utječe značajno na maksimalne kapacitete niti na parametre mjerene na pragovima. Potrebno je za buduća istraživanja standardizirati protokole i vrste štitnika koje će se koristiti u istraživanju, uključiti različite stručnjake kako bi metaanaliza podataka bila moguća i kako bi pružila najbolje moguće dokaze. Također, edukacija trenera i sportaša o koristima štitnika za zube i usta pridonijela bi raširenijoj uporabi istih i smanjenju incidencije orofacijalnih ozljeda.

9. SUMMARY

Diploma thesis title: The effect of mouthguards on aerobic capabilities

Objectives: The aim of this research is to investigate, within the population of athletes engaged in martial arts who regularly use mouthguards during their training, the impact of mouthguards on ventilation, metabolic and functional parameters during a progressive maximal load test. Additionally, we aim to examine the influence on ventilatory thresholds and maximum aerobic capacity (VO_{2max}).

Materials and methods: Participants involved in this research were amateur athletes in martial arts disciplines (boxing, kickboxing, BJJ) who use mouthguards during their daily training. The study was conducted from September 4th to October 25th, 2023, in Split. All participants underwent two maximal load tests, one without the presence of mouthguards and another with mouthguards, with a few days between the tests. During the testing, ventilatory, metabolic, and functional parameters were measured at maximum load and at ventilatory (aerobic and anaerobic) thresholds. The subjective perception of effort was also assessed using the Borg Rating of Perceived Exertion scale, RPE. Following data collection, a statistical analysis was performed.

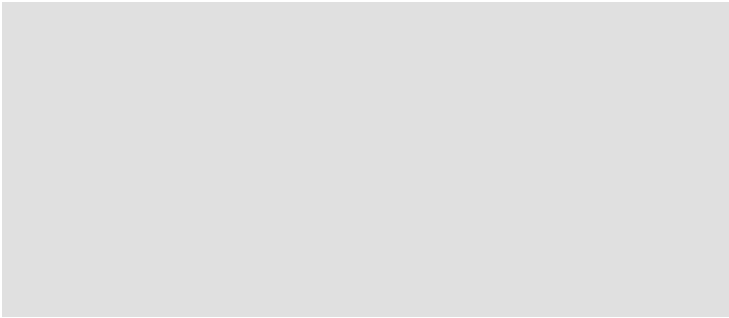
Results: It has been demonstrated that during the progressive maximal load test, the use of mouthguards has no statistically significant effect on minute ventilation, maximal oxygen uptake, achieved speed, total test duration, and heart rate, regardless of the parameter reduction, compared to control conditions. There is no effect on maximal values or on aerobic and anaerobic thresholds. The only parameters that showed significant changes are maximal voluntary ventilation (MVV, $p=0.035$) and breathing reserve (BR, $p=0.02$), measured before the load test under controlled conditions without additional physical exertion and stimuli. Differences in the subjective perception of the effort are very close to statistical significance, while at an individual level, it varies from heavy to very, very heavy intensity.

Conclusion: Years of training with mouthguards have led to respiratory adaptations, possibly involving changes in breathing mechanics and techniques, which were not measured in this study, as well as the development of compensatory mechanisms. For a few participants, the subjective level of exertion was equal to or lower in the presence of mouthguards, which could also be attributed to a certain habituation or a tendency to provide an expected response. The recommendation is that mouthguards be used in contact sports, as they do not significantly affect maximal capacities or parameters measured at thresholds. For future research, it is essential to standardize protocols and types of mouthguards used in studies, involve various

experts to enable meta-analysis of data and provide the best possible evidence. Additionally, educating coaches and athletes about the benefits of mouthguards would contribute to their more widespread use and a reduction in the incidence of orofacial injuries.

10. ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODACI



OBRAZOVANJE

2005 – 2013. – Osnovna škola Ivana Gorana Kovačića, Staro Petrovo Selo

2005. – 2013. – Osnovna glazbena škola POU Matija Antun Relković, Nova Gradiška

2013. – 2017. – Opća gimnazija, Nova Gradiška

2017. – 2023. – Dentalna medicina, Medicinski fakultet, Sveučilište u Splitu

ZNANJA I VJEŠTINE

Aktivno služenje engleskim i njemačkim jezikom

Prisustvovanje studentskim kongresima tijekom studija

Prisustvovanje na EuroPerio kongresu u Copenhagenu, lipanj 2022.

iTop Introductory certifikat, Split 2023.

iTop Advanced certifikat, Petrčane 2023.

Članica i pomoćni trener „Kickboxing klub Pauci“, Split