



OZLJEDE I SINDROMI PRENAPREZANJA U UMJETNIČKOM PLIVANJU

INJURIES AND OVERUSE SYNDROMES IN ARTISTIC SWIMMING

Sanda Dubravčić-Šimunjak¹, Lara Ivančić², Katarina Ivanković¹

¹Zavod za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, KB „Sveti Duh“, Zagreb

²Poliklinika za reumatske bolesti, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Dr. Drago Čop, Zagreb

SAŽETAK

Umjetničko plivanje vodeni je sport koji spaja plivanje, sportsku i ritmičku gimnastiku, balet i ples. Osim snage, izdržljivosti, kondicije i fleksibilnosti, važnu komponentu ovog sporta čini osjećaj plivačica za glazbu i sposobnost umjetničkog izražavanja. Rutine u umjetničkom plivanju sastoje se od umjetničkih, složenih i dinamičkih pokreta, figura, položaja te slobodnih i obaveznih elemenata koje plivačice izvode u vodi, sinkronizirane uz pratnju glazbe.

Zbog ekspanzije sporta na svjetskoj razini i težine elemenata koji se izvode, ozljede akutnog i kroničnog karaktera mogu nastati na gotovo svim mekotkivnim strukturama i zglobovima mišićno – koštanog sustava. Na nastanak i težinu ozljeda u umjetničkom plivanju utječe kombinacija unutarnjih i vanjskih čimbenika rizika te način ozljeđivanja i okolnosti koje su dovele do same ozljede.

Fizioterapija je sastavni dio sportske medicine, pripreme sportaša, programa prevencije i liječenja svih sportskih ozljeda i oštećenja. U procesu rehabilitacije komunikacija između sportaša i fizioterapeuta uz potrebna znanja i vještine, motivaciju, zajedničku upornost i odgovornost čine osnovne elemente koji određuju ishod.

U radu su prikazane najučestalije ozljede i sindromi prenaprežanja u umjetničkom plivanju, o kojima postoje saznanja i dokazi iz kliničke prakse. Nedostaju dokazi relevantnih istraživanja vezanih uz problematiku lokomotornih ozljeda ovog jedinstvenog i zahtjevnog vodenog sporta. Namjera ovoga rada je ukazati i potaknuti znanstvenu populaciju na istraživanja vezana uz etiologiju i prevenciju ozljeda, jer umjetničko plivanje kao olimpijski sport, kroz svu svoju kompleksnost i težinu, zaslužuje da ga se počne ozbiljnije sagledavati i shvaćati.

Ključne riječi: umjetničko plivanje, ozljede, sindromi prenaprežanja, fizioterapija

SUMMARY

Artistic swimming is a water sport that combines swimming, sports and rhythmic gymnastics, ballet and dance. In addition to strength, endurance, fitness and flexibility, an important component of this sport is the swimmer's sense for music and the ability to express themselves artistically. Routines in artistic swimming consist of artistic, complex and dynamic movements, figures and positions combined with free and compulsory elements that swimmers perform in the water, synchronized to the accompaniment of music.

Due to the expansion of sports at the world level and the difficulty of the elements that are performed, acute and chronic injuries can occur on almost all soft tissue structures and joints of the musculoskeletal system. The occurrence and severity of injuries in artistic swimming is influenced by a combination of internal and external risk factors, as well as the method of injury and the circumstances that led to the injury itself.

Physiotherapy is an integral part of sports medicine, preparation of athletes, prevention and treatment programs for all sports injuries. In the rehabilitation process, communication between the athlete and the physiotherapist along with the necessary knowledge and skills, motivation, mutual persistence and responsibility are the basic elements that determine the outcome.

The paper presents the most common injuries and overuse syndromes in artistic swimming, about which there is knowledge and evidence from clinical practice. There is a lack of evidence of relevant research related to the issue of locomotor injuries in this unique and demanding water sport. The intention of this paper is to point out and encourage the scientific population to research the etiology and prevention of injuries, because artistic swimming as an Olympic sport, which through all its complexity and difficulty, deserves to be seen and understood more seriously.

Key words: artistic swimming, injuries, overuse syndrome, physiotherapy

UVOD

Umjetničko plivanje jedinstven je i multidisciplinarni sport koji objedinjuje plivanje, sportsku i ritmičku gimnastiku, balet i ples u vodi. Za ovaj jednostavan sport iz oka promatrača, potrebna je kardiovaskularna izdržljivost trkača, gracioznost plesača, fleksibilnost gimnastičara, snaga plivača i još pregršt vještina koje su potrebne za složenu i konstantnu aktivnost ispod i iznad površine vode²².

Počeci umjetničkog plivanja vuku korijene iz doba stare Grčke i Rima gdje su se kao uvertira raznim proslavama i sportskim igrama izvodile umjetničke figure u vodi. Veći interes za umjetničko plivanje započinje početkom 20. stoljeća kada australska plivačica Annette Kellerman izvodi akrobatske figure u specijalnom staklenom bazenu u New Yorku promovirajući prije svega zdravstvenu metodu za održavanje snage, ljepote i mladosti. Pojavljivanjem Esther Williams i Eleonore Holm u filmu „Bal na vodi“ 1940. godine dolazi do svjetske popularizacije ovog sporta i njegovog naglog razvoja te prvog natjecanja u SAD-u. Na Olimpijskim igrama 1952. godine u Helsinkiju američke plivačice demonstriraju ovaj sport, a 1954. godine FINA osniva međunarodnu komisiju za umjetničko plivanje i uvrštava umjetničko plivanje u svoju porodicu vodenih sportova. Umjetničko plivanje postaje olimpijski sport 1984. godine na XXIII Olimpijskim igrama u Los Angelesu. Tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća slijedi daljnji rast i razvoj umjetničkog plivanja pa tako zemlje Sjeverne Amerike, u kojima je ovaj sport bio najrazvijeniji, dobivaju konkurenciju u plivačicama iz Japana, Rusije i europskih zemalja²².

U Hrvatskoj, prva demonstracija umjetničkog plivanja bila je 1957. godine u Zagrebu pri susretu plivačkih reprezentacija bivše države i Francuske. Aktivan rad u umjetničkom plivanju započinje 1988. godine u Zagrebu osnivanjem Sekcija za sinkronizirano plivanje pri vaterpolo klubu Mladost. Pod vodstvom apsolutno tadašnjeg Fakulteta za fizičku kulturu Karmen Weber i Ljiljane Špoljarić sekcija je okupljala oko 120 djevojčica uzrasta od 9 do 16 godina. Prvi klub umjetničkog plivanja u Hrvatskoj HAKSP „Mladost“ (*Hrvatski akademski klub sinkroniziranog plivanja „Mladost“*) osnovan je 1992. godine. Prva službena natjecanja započinju 1993. godine. Iako bez vrhunskih rezultata, iz generacije u generaciju, hrvatske umjetničke plivačice (slika 1.) ostvaruju po kategorijama sve bolje rezultate što je dokaz kontinuiranog rada i predanosti ovom sportu¹⁴.

Međunarodna plivačka federacija FINA (franc. *Fédération Internationale de Natation*), danas poznata pod imenom *World Aquatics*, 2017. godine revidirala je Pravilnik o umjetničkom plivanju kako bi se natjecanja ujednačila na svjetskoj razini. Definirana su stara i uvedena nova pravila s namjerom da ovaj sport postane jasniji svim sudionicima, od sportaša do gledatelja. Također, ime sporta promijenjeno je iz „sinkronizirano plivanje“ u „umjetničko plivanje“. Svake četiri godine obavezni elementi i tehnički zahtjevi



Slika 1. Seniorke Kluba umjetničkog plivanja Medveščak, sezona 2018/2019.

Figure 1. Seniors of Artistic swimming club Medveščak, season 2018/2019.

se mijenjaju te se izdaje novi pravilnik³¹. Dobne kategorije u umjetničkom plivanju su: kadeti (12 godina i mlađe), mlađi juniori (13 – 15 godina), juniori (15 – 19 godina) i seniori (15 godina i starije). Prijelazom u višu dobnu skupinu povećava se učestalost i intenzitet treniranja, izdržljivost i snaga cijelog tijela, agilnost, vještine, koordinacija pod vodom, zadržavanje daha, elegantnost pokreta te zahtjevi sporta općenito³¹.

Discipline u umjetničkom plivanju klasificiraju se u tri osnovne skupine: figure, tehničke rutine i slobodne rutine. Figure su kombinacija usvojenih osnovnih položaja i zaveslaja rukama koji omogućuju prijelaze iz jednog položaja u drugi. Plivačice izvode figure pojedinačno ispred sudaca i bez pratnje glazbe. Natjecanje u figurama koje se u mlađim dobnim skupinama odvija prije slobodnih rutina, u starijim dobnim skupinama zamijenjeno je natjecanjem u tehničkim rutinama. Rutine se sastoje od disciplina solo, muški solo, duet, miješani duet, tim, kombinacija i akrobatska rutina. Razlikuju se po dužini trajanja (dvije do četiri minute) te su sastavljene od umjetnički osmišljenih dizanja i bacanja (akrobacije), položaja, elemenata te zahtjevnih pokreta nogama (engl. *hybrids*) i rukama iznad površine vode³¹. Sve navedeno plivačice izvode sinkronizirane i poravnate u formaciji jedna s drugom. Najizraženija prilagodba sportaša tijekom izvođenja koreografranih rutina je bradikardijski srčani odgovor na duga apnoična razdoblja provedena pod vodom³⁷. Tijekom koreografije u vodi, plivačice stvaraju iluziju stajanja na rukama ili nogama iz razloga što ne smiju dirati dno bazena. Isto tako, svaka rutina mora imati odgovarajuću temu popraćenu glazbom. Obavezni tehnički elementi prilikom izvođenja pokazuju vještinu, kontrolu,

snagu i fleksibilnost, dok slobodni elementi omogućuju interpretacije savladanih vještina u skladu s glazbom²². Bez obzira na razinu natjecanja i vrstu rutine, plivačice neposredno prije nastupa u vodi izvode vježbu svoje rutine na suhom (engl. *dry – land drill*) pri čemu se svi pokreti simuliraju rukama²⁶.

Svaki početak nove sezone započinje pripremanjima koje uključuju treninge snage, kondicije, izdržljivosti, fleksibilnosti i vještina u vodi. Kako sezona odmiče, rutine se koreografiraju i uvježbavaju te se trening više bazira na vještinama koje su specifične za ovaj sport. Prije natjecanja, intenzitet i trajanje treninga su smanjeni kako bi se omogućio oporavak i kako bi se postigli najbolji mogući rezultati²².

Umjetničko plivanje je sport koji je u zadnje vrijeme doživio veliku ekspanziju. Radi razvoja sporta i težine elemenata koji se izvode, dolazi do relativno učestalih i intenzivnih ozljeda mišićno – koštanog sustava, stoga je i cilj ovoga rada prikazati faktore rizika, mehanizam nastanka najčešćih ozljeda vezanih uz specifične zahtjeve umjetničkog plivanja kao i fizioterapijske intervencije određenih ozljeda i oštećenja²².

NAJUČESTALIJE OZLJEDE I SINDROMI PRENAPREZANJA

Zbog kombinacija složenih pojedinačnih pokreta i motoričkih obrazaca u vodi koje prije svega zahtijevaju izuzetan napor, sportašice i sportaši umjetničkog plivanja podložni su relativno učestalim i intenzivnim ozljedama koje zahvaćaju gotovo sve dijelove mišićno – koštanog sustava. Ozljede variraju od blagih bolova koji se javljaju tijekom treninga do ozbiljnijih stanja koja u konačnici predstavljaju veliki izazov za sportaša, pa tako i za cijeli rehabilitacijski tim^{23,24}.

Važno je znati i prepoznati razliku ozljeda od oštećenja. Ozljede su akutnog karaktera te su definirane kao oštećenja tkiva koja nastaju pod utjecajem intenzivne mehaničke sile na tijelo u određenom vremenu²⁸. Tipični primjeri akutnih ozljeda su distorzije, luksacije, kontuzije, frakture, rupture te istegnuća mišića, ligamenata i/ili tetiva. Kronična oštećenja, odnosno sindromi prenaprezanja (engl. *overuse injury, microtraumatic illnesses*) posljedica su uzastopnih mikrotrauma koje nastaju tijekom pokreta, djeluju na tetive, mišiće, ligamente, burze i kosti te nadvladaju sposobnost reparacije tkiva^{27,28}.

U usporedbi s ostalim sportovima, vodeni sportovi su jedinstveni zbog kombinacije kardiovaskularne aktivnosti sa snažnim pokretima gornjih i donjih udova u bazenu koji podrazumijeva okruženje bez opterećenja³⁸.

Čimbenici rizika

Do ozljeda u umjetničkom plivanju dolazi zbog više razloga te ih se može promatrati ovisno o dijelu tijela na kojemu je nastala ozljeda uzimajući u obzir način

ozljeđivanja i okolnosti koje su dovele do povrede. Ozljede mogu nastati tijekom izvođenja aktivnosti u vodi ili izvan bazena kao posljedica samoozljeđivanja ili ozljeđivanjem od strane drugih plivača³⁸.

Čimbenici rizika koji utječu na nastanak ozljeda dijele se na unutarnje i vanjske. Uzroci se na prvi pogled mogu činiti jednostavni, no do ozljeda najčešće dolazi zbog zajedničkog djelovanja više unutarnjih i vanjskih čimbenika rizika¹⁵. Unutarnji čimbenici rizika pri nastanku ozljeda su dob, spol, zdravstveni status, antropometrijske karakteristike, *alignment* – promatrani međuodnos pojedinih dijelova tijela, anatomske anomalije, kondicijska spremnost, nesrazmjer snage agonista i antagonista, mišićna slabost, sportske vještine te endokrini i genetički faktori. Vanjski čimbenici rizika uključuju trening i pogreške tijekom treninga, pravila sporta, sportsku opremu, tip podloge i uvijete iz okoline³. U čimbenike rizika ubrajaju se i prethodne ozljede koje nisu dovoljno zaliječene, nedovoljna priprema za trening, prekomjerno treniranje, nedovoljan broj treninga kao i neadekvatan odmor. Sve navedeno uvelike utječe na nastanak ozljeda kod sportaša, pa tako i umjetničkih plivača^{22,28}.

Umjetničko plivanje je sport koji zahtjeva dobru kondiciju, izdržljivost, fleksibilnost, snagu, brzinu i akrobatske vještine³⁵. Za vrhunske rezultate i sinkronizaciju plivačica potrebni su sati i sati treninga u kojima se uzastopno ponavlja dio koreografije kako bi se izvježbao do savršenstva. To dovodi do iscrpljenosti i bolova u mišićima koji se ponekad ne tretiraju na pravilan način zbog čega može doći do prenaprezanja, odgođenih mišićnih bolova (engl. *delayed onset muscle soreness - DOMS*) i sindroma pretreniranosti, praćenih smanjenom adaptacijom mišića na trenajne procese¹⁰.

Vezano uz učestalost ozljeda i saznanja iz dostupne literature, ozljede i sindromi prenaprezanja u umjetničkom plivanju mogu nastati na gotovo svim strukturama i zglobovima lokomotornog sustava, a najčešći problemi vezani su uz rameni zglob, lumbalnu kralježnicu i koljeno²⁴.

„Plivačko rame“

Bolno rame ili „plivačko rame“ jedno je od najučestalijih problema s kojima se susreću sportaši u vodenim sportovima. „Plivačko rame“ je izraz za nekoliko različitih dijagnoza koje mogu uzrokovati bol u ramenu kod plivača, a podrazumijevaju ozljede rotatorne manšete, sindrom sraza ramena, ozljede i oštećenja tetive duge glave bicepsa, nestabilnosti ramena, diskineziju lopatica i dr.⁷. Budući da je riječ o različitim dijagnozama koje mogu stvarati slične kliničke slike, potrebno je provesti detaljan fizikalni pregled popraćen testovima i slikovnim metodama kako bi se utvrdilo o kojem je stanju riječ²⁷.

U umjetničkom plivanju za vrijeme koreografije, figura i položaja kada je plivačica okomito u vodi, to jest kada su noge plivačice iznad, a glava i trup ispod površine vode potreban je specifičan rad rukama (engl. *sculling*). Za

izvedbu dijelova koreografije i zadržavanje položaja tijela na prethodno opisan način, nadlaktice moraju biti postavljene uz tijelo s podlakticama pod kutom od 90 stupnjeva i dlanovima okrenutim prema gore pri čemu se naizmjenice ponavljaju pokreti unutarnje i vanjske rotacije²².

Na površini vode, kada je plivačica u ležećem položaju na trbuhu ili leđima, koristi se drugačiji rad ruku. Ruke mogu biti postavljene uz tijelo ili iznad glave plivačice radi kretanja prema naprijed ili prema natrag. Na primjer, kod položaja na leđima, kada su ruke postavljene ravno uz tijelo, pokreti se izvode laganim primicanjem i odmicanjem dlanova i podlaktica u obliku broja osam u odnosu na tijelo. Takvim pokretima stvara se propulzija kojom se plivačica može zadržati u određenom položaju ili kretati po površini. Kada su ruke iznad glave plivačice, pokreti se također izvode naizmjeničnim primicanjem i odmicanjem dlanova i podlaktica, pri čemu se položaj dlana modificira ovisno o tome u kojem smjeru se kreće plivačica. Uz specifičan rad ruku pod vodom, rad ruku iznad vode sadrži mnoštvo ponavljajućih, brzih i eksplozivnih pokreta. Snaga koja je potrebna za izvođenje pokreta u razini ili iznad razine ramena te stres koji se postavlja na rameni zglob posljedično mogu dovesti do ozljeda akutnog ili kroničnog karaktera. U umjetničkom plivanju do istegnuća, parcijalnih ili potpunih ruptura tetiva i mišića može doći i prilikom izvođenja akrobatskih elemenata dizanja (engl. *lifts*) i bacanja (engl. *throws*) zbog naglog trzaja ruku plivačica koje čine konstrukciju ispod površine vode kako bi plivačica koja skače mogla izvesti skok^{23,24}. Akutnu ozljedu također može prouzročiti i slučajni pad plivačice koja skače, na plivačicu koja je ispod površine vode ili izranja iz vode^{23,25}. Ukoliko je u pitanju akutna ozljeda, bol nastupa odmah po završetku aktivnosti.

Sindrom sraza ramena (engl. *shoulder impingement syndrome*) najčešće je opisivani sindrom prenaprezanja kod sportaša pa tako i kod umjetničkih plivačica²⁸. Subakromijalni sindrom sraza je stanje kod kojeg dolazi

do pritiska tetiva rotatorne manšete, tetive duge glave m. biceps brachii i subakromijalne burze. Navedene strukture uklješteno su s gornje strane između korakoakromijalnog luka te velikog tuberkula nadlaktične kosti s donje strane. Zbog nepovoljnog položaja u odnosu na koštane strukture ramenog zgloba, najčešće dolazi do pritiska tetive m. supraspinatusa na dijelu koji je jedan centimetar udaljen od hvatišta mišića na kosti^{6,28}.

Sindrom sraza, potaknut prekomjernom aktivnošću ruke iznad glave i povećanim trenjem između mekotkivnih i koštanih struktura, prema Neeru klasificira se u tri stupnja oštećenja. Najlakši oblik oštećenja podrazumijeva oteklinu i krvarenje komprimiranih tetiva u subakromijalnom prostoru. U drugom stupnju mogući je razvoj fibroznih promjena i tendinitisa, a burza postaje zadebljana što dodatno sužava subakromijalni prostor. Treći stupanj karakterizira dugoročni pritisak koji posljedično dovodi do razvoja osteofita (koštanih izdanaka) na rubovima kostiju i parcijalne ili kompletne rupture tetive^{6,27}. Prva dva stupnja moguće je liječiti konzervativnim metodama koje uključuju modifikaciju sportske aktivnosti, primjenu individualno osmišljenog programa vježbi i drugih individualno osmišljenih fizioterapijskih intervencija, a za treći stupanj potrebno je operativno liječenje. Bol je najčešće lokalizirana s prednje strane ramena prilikom pokreta elevacije ruke s prisutnom palpatornom osjetljivošću u subakromijalnom području²¹. Pasivna elevacija ruke je manje neugodna u odnosu na aktivnu. Prisutna je bolno ograničena pokretljivost ramenog zgloba naročito za pokrete horizontalne adukcije i unutarnje rotacije, a zbog poštete moguće je uočiti i znakove mišićne hipotrofije²⁷.

Tendinitis duge glave bicepsa može se pojaviti kao posljedica impingement sindroma ili kao izolirano oštećenje, pri čemu vanjski čimbenici rizika poput treninga, mogućih pogrešaka pri izvođenju određenih kretnji i pretjerano istežanje značajno pridonose njegovom nastanku¹⁹. U slučaju oštećenja tetive duge glave bicepsa



Slika 2. Primjeri izvođenja vježbi s varijabilnim otporom u liječenju bolnog ramena
Figure 2. Examples of exercises with variable resistance for painful shoulder treatment

bol je prisutna u području intertuberkularne brazde tijekom izvođenja pokreta antefleksije s ispruženom rukom u laktu i supiniranom podlakticom protiv otpora (*Speed test*) te prilikom pokušaja supinacije podlaktice iz položaja pronacije uz pruženi otpor kojeg manualno daje liječnik (*Yerganson test*)^{19,28}.

Zbog kompleksnosti ramenog zgloba te moguće povezanosti s patološkim promjenama i bolnim sindromima vratne kralježnice, potrebno je učiniti i neurološku obradu, kako bi se razlučilo je li bol nastala zbog oštećenja korijena cervikalnih živaca koji inerviraju mišiće ili je bol uzrokovana promjenama u strukturama ramenog zgloba²⁸.

Ozljede i bolni sindromi lumbalnog segmenta kralježnice

Lumbalni dio kralježnice kod umjetničkih plivačica zahtjeva iznimnu fleksibilnost i mobilnost zbog elemenata koji su uklopljeni u koreografiju te zahtjeva sporta koji iz godine u godinu rastu. Primjeri nekih figura koje se često izvode i koje stvaraju veliki stres na donji dio leđa su „vitez“ (engl. *knight position*) i „barakuda špaga“ (engl. *rocket split*)²². Pravilna pozicija viteza podrazumijeva da se jedna noga nalazi na površini vode, a da druga, koja je podignuta pod kutom od 90 stupnjeva bude poravnata, u okomitoj liniji s kukovima i glavom plivačice koja je usmjerena prema dnu bazena². Pritom je lumbalni dio kralježnice u forsiranom položaju hiperekstenzije što čini kralježnicu posebno osjetljivom na ozljede²⁴. Preko položaja viteza moguće je napraviti izlazak prema van (engl. *walkout front*) koji također zahtjeva hiperekstenziju lumbalne kralježnice²⁴. Započinje se iz pozicije špage (engl. *split position*) nakon kojeg plivačica nogu koja se nalazi ispred nje podiže prema gore, dolazi do položaja viteza te ju polako spušta na površinu vode. Iz tog položaja kombinacijom rada ruku uz tijelo i iznad razine glave (engl. *sculling*), plivačica tijelom te na kraju glavom izranja iz vode u ležeći položaj na leđima².

Iduća figura koja može dovesti do ozljeda slabinskog segmenta kralježnice je „barakuda špaga“ (engl. *rocket split*). Početni položaj za izvođenje figure je na leđima nakon kojeg se plivačica rukama povlači ispod površine vode, približava noge i trup što više može te postavlja dlanove ruku u ravinu stopala. Zbog sile uzgona koja djeluje na tijelo u vodi, daljnja izvedba figure je izrazito brza i traje dvije do tri sekunde. Plivačica povlači ruke do razine koljena nakon čega slijedi brzo otvaranje trupa popraćeno okretanjem dlanova i pokretima ruku koje su kroz unutarnju rotaciju i abdukciju dovedene u krajnji položaj iznad glave. Plivačica iz okomitog položaja s nogama iznad vode izvodi špagu paralelnu s površinom vode te uranja u vodu istom brzinom kao i pri izranjanju. Kod ove figure opterećenje koje može uzrokovati ozljedu nije usmjereno samo na lumbalnu kralježnicu već i na ramena i kukove zbog brzih, eksplozivnih pokreta potrebnih za njeno pravilno izvođenje².

Križobolja ili lumbalni bolni sindrom (engl. *low back pain*) jedan je od najčešćih zdravstvenih problema suvremenog doba. Pojavljuje se i kod sportaša, naročito u vodenim sportovima, zbog mehaničkog opterećenja kralježnice uslijed ponavljajućih kretanja, koje često uključuju brze rotacijske, fleksijske i hiperekstenzijske promjene položaja lumbalne kralježnice^{25,34}. Lumbalni bolni sindrom (LBS) se ubraja u skupinu vertebralnih sindroma gdje se simptomi manifestiraju u području promijenjenog vertebralnog dinamičkog segmenta koji se sastoji od dva susjedna kralješka s intervertebralnim diskom te svim mekotičnim i koštanim strukturama koje ih okružuju. Za postavljanje točne dijagnoze te plana liječenja i rehabilitacije nužan je detaljan fizikalni pregled popraćen testovima i odgovarajućim radiološkim slikovnim pretragama. Smatra se da je uglavnom riječ o mehaničkoj križobolji koja se javlja zbog strukturalnih promjena na malim zglobovima kralježnice ili okolnim mekim tkivima, nastalim uslijed djelovanja sila na tijelo¹².

Zbog zahtjeva sporta i potrebnih sposobnosti za glatko izvođenje pokreta u većem opsegu od prosječne osobe, mišići plivačica postaju sve fleksibilniji za razliku od kralježnice koja je izložena povećanom stresu zbog nemogućnosti praćenja tolikog raspona pokreta. Strukture koje mogu biti pogođene su mišići, ligamenti, dijelovi kralježaka ili intervertebralni diskovi. Hernija diska, disfunkcija fasete, spondiloliza, spondilolisteza te ozljede mišića i ligamenata neke su od ozljeda lumbalne kralježnice koje su moguće u umjetničkom plivanju^{22,25}.

Do ozljeda mišića i ligamenata može doći zbog loše kontrole i koordinacije pri brzini izvođenja pokreta te nakon snažnih kontrakcija mišića koje su potrebne za zadržavanje položaja tijela tijekom aktivnosti u vodi. Sve navedeno dovodi do povećanog djelovanja sila na lumbalni dio kralježnice što uzrokuje upalnu reakciju i pojavu boli. Duboka, tupa, konstantna bol u leđima karakteristika je miofascijalnog bolnog sindroma (MBS) koji se javlja kao posljedica zahvaćenosti jednog mišića najčešće



Slika 3. Primjeri izvođenja vježbi dinamičke neuromišićne stabilizacije (DNS-a)

Figure 3. Examples for performance dynamic neuromuscular stabilisation (DNS) exercises

prilikom akutnog ili kroničnog istezanja i zamora, kao i skupine mišića u obliku generaliziranih bolova u tijelu. Bolovi se pojačavaju pokretom, a povlače po prestanku sportske aktivnosti¹⁸. Upravo se iz tog razloga bolovi često zanemaruju jer u početku ne stvaraju ograničenja pri svakodnevnim aktivnostima. Reaktivno na bol javlja se spazam paravertebralne muskulature – obrambeni mehanizam kojim osoba zauzima zaštitni položaj te na taj način sprječava pretjerano pomicanje i pogoršanje postojeće ozljede^{16,17}.

Ozljeđe malih fasetnih zglobova sa stražnje strane kralježnice izazvane su prekomjernim hiperekstenzijskim pokretima i položajima. Takvim ponavljajućim aktivnostima može doći do trošenja hrskavice, pritiska na korjenove spinalnih živaca, spondilolize i spondilolisteze^{23,38}. Kod umjetničkih plivačica spondiloliza je posljedica ponavljajućih opterećenja koja uzrokuju stres frakturu u intraartikularnom dijelu između gornjeg i donjeg zglobnog nastavka kralješka. Do razvoja spondilolisteze dovode dodatne mikrotraume koje rezultiraju pomakom distalnog kralješka natrag i proksimalnog naprijed^{20,28}. Spondiloliza i spondilolisteza su ozbiljnije ozljede, koje neprepoznavanjem i nepravilnim liječenjem, mogu označiti kraj sportske karijere za umjetničke plivačice²².

Promjene intervertebralnog diska kod sportaša nisu rezultat degenerativnih promjena, već su uzrokovane preopterećenjem u sportskim aktivnostima. Najčešće su zahvaćeni diskovi između četvrtog i petog lumbalnog kralješka te petog lumbalnog i prvog križnog kralješka. Bol je lokalizirana u području lumbalne kralježnice ili se prilikom pritiska na korijen živca širi duž jedne noge i tako stvara kliničku sliku lumboishialgije^{5,27}.

Ozljeđe i bolne sindrome lumbalnog dijela kralježnice prvenstveno treba liječiti konzervativnim metodama koje uključuju modifikaciju sportske aktivnosti, fizioterapijske intervencije i farmakoterapiju. Ukoliko se problem ne uspije riješiti konzervativnim liječenjem ili je prisutan značajan neurološki deficit potrebno je operativno liječenje³².

„Plivačko koljeno“

S obzirom na uloge koljena kao primarnog pokretača i nositelja težine tijela te njegove složene građe, koljeno je zglob podložan akutnim i kroničnim ozljedama u gotovo svim sportovima. „Plivačko koljeno“ karakterističan je sindrom prenaprezanja koji se pojavljuje kod sportaša vodenih sportova. Kod plivača, osnovni uzrok njegova nastanka najčešće se povezuje s nepravilnom tehnikom odnosno nepravilnim udarcima nogu tijekom plivanja prsnim stilom²⁹.

U vaterpolu i umjetničkom plivanju za održavanje na površini vode u uspravnom položaju i za kretanje po bazenu u svim smjerovima, koristi se specifičan rad nogu koji zahtjeva točno određeni položaj tijela – „škare noge“ ili „vaterpolo noge“ (engl. *eggbeater kick*)¹. Glava, ramena i kukovi moraju biti poravnati u okomitoj liniji, a ruke mogu

biti ispod površine vode gdje izvode pokrete primicanja i odmicanja u obliku broja osam u odnosu na tijelo (engl. *sculling*) ili iznad površine vode kada se rukama izvode pokreti u razini ili iznad razine ramena. Za pravilno izvođenje pokreta nogama, kukovi i koljena moraju biti savijeni kao da je osoba u sjedećem položaju, a natkoljenice razmaknute malo više od širine ramena. Stopala cijelo vrijeme moraju biti opuštena, osim u fazi udarca kada je jedno pa drugo stopalo u položaju dorzifleksije. Cijeli obrazac pokreta sastoji se od naizmjeničnih rotacija i izmjena položaja fleksije i ekstenzije u kukovima i koljenima pri čemu se lijeva noga rotira u smjeru kazaljki na satu, a desna suprotno od smjera kazaljki na satu^{1,11}. Takvim radom nogu osim što su svi zglobovi donjih ekstremiteta aktivni, brzim pokretima prema dolje i prema unutra stvara se propulzivna koja omogućuje izvođenje osnovnih vještina u vodi. Što su pokreti nogu i stopala brži, to su propulzivne sile jače¹. Budući da je ovo jedna od najvažnijih tehnika održavanja tijela plivačica u vodi, ponavljane vježbe izvođenja „škara nogu“ u kombinaciji s ostalim vještinama, potrebnih za razvoj snage i izdržljivosti, sastavni su dio svakidašnjeg treninga umjetničkih plivačica¹. Na nastanak „plivačkog koljena“ uvelike utječe položaj natkoljenice kada je noga u fazi odmora. Nedovoljna ili prekomjerna abdukcija dovodi do povećanog djelovanja valgusnih sila na vanjski dio koljena i pretjerane vanjske rotacije potkoljenice u fazi udarca^{24,29}. Kao posljedica ponavljajućih rotacijskih kretnji i valgus položaja može doći do prenaprezanja i pojave boli u području medijalnog dijela koljena²³. Smatra se da su simptomi uzrokovani entezitisom medijalnog kolateralnog ligamenta zbog ponavljanih istezanja njegovog proksimalnog hvatišta na epikondilu bedrene kosti²⁹. Nastanku sindroma prenaprezanja značajno pridonosi i nesrazmjer snage muskulature prednje i stražnje strane natkoljenice te dijelova mišića kvadricepsa, posebice njegove medijalne glave (*m. vastus medialis*) koja je slabija u odnosu na lateralnu (*m. vastus lateralis*). Obično su zahvaćena oba koljena²⁸. U početnim fazama bolovi se manifestiraju na femoralnom hvatištu ligamenta za razliku od zakašnjelih faza kada su prisutni i na donjem dijelu medijalne fasete patele. U takvim



Slika 4. Primjeri izvođenja vježbi proprioceptije
Figure 4. Example of proprioceptive exercise performance

se slučajevima bolovi pojavljuju i bez treninga te otežavaju izvođenje svakodnevnih aktivnosti poput ustajanja iz sjedećeg položaja i hoda uz i niz stepenice^{28,29}. Liječenje je potrebno započeti što ranije, primjenjuju se različiti oblici terapije pokretom u kombinaciji s fizioterapijskim intervencijama uz neophodno ispravljanje nepravilnog obrasca pokreta^{11,38}.

LIJEČENJE I FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE

Ovisno o vrsti i težini sportske ozljede, mogućnosti liječenja su različite te se mogu primjenjivati samostalno ili u kombinaciji, a uključuju konzervativne metode liječenja i operativno liječenje. Fizikalna terapija neizostavni je dio programa liječenja svih sportskih ozljeda i oštećenja. Neposredno nakon akutno nastale ozljede, unutar prvih 48 – 72 sata, potrebno je zbrinuti ozljedu primjenjujući RICE/PRICE protokol kako bi se spriječilo daljnje oštećenje tkiva, smanjila bol, upala i edem te pokušao ubrzati proces zacjeljivanja^{8,10,13}. Temeljni postupci protokola obuhvaćaju zaštitu od podražaja koji stvaraju bol i koji mogu dovesti do daljnjeg oštećenja (engl. *protection*), mirovanje odnosno prekid aktivnosti uz rasterećenje ozlijeđenog dijela tijela (engl. *rest*), lokalnu primjenu leda (engl. *ice*), kompresiju (engl. *compression*) i elevaciju ekstremiteta iznad razine srca (engl. *elevation*). U ovoj fazi liječenja za kupiranje bolnih simptoma koriste se i nesteroidni antireumatici s analgetskim, antiedematoznim i antiinflamatornim djelovanjem, manualne tehnike, funkcionalne trake te određeni fizikalni čimbenici, kao npr. TENS, magnetoterapija i TECAR terapija niskog intenziteta^{10,33}. Uz što brži povratak sportskoj aktivnosti, ciljevi rehabilitacije primarno se odnose na ublažavanje boli, povećanje opsega pokreta, jačanje oslabljenih mišića ili održavanje postojećeg mišićnog tonusa, postizanje ravnoteže agonista i antagonista, ponovno uspostavljanje stabilnosti zgloba, rad na koordinaciji i proprioceptiji, edukaciji sportaša i provođenju preventivnih mjera. Specifičnost rehabilitacije u sportu očituje se postupnim prijelazom na sportu specifično vježbanje i puni povratak normalnoj sportskoj rutini koja uključuje treninge i natjecanja, u što kraćem vremenskom periodu^{9,10}. Sportaš je aktivan član tima koji približavanjem kraja rehabilitacije preuzima sve veću odgovornost za njezin konačni ishod²⁸. U svakodnevnom radu pa i cjelokupnom rehabilitacijskom procesu, komunikacija je uz razumijevanje potreba i stanja sportaša preduvjet za izgradnju povjerenja u fizioterapeuta kako bi se zajedničkom upornošću postigao što brži oporavak. Sportašu je također bitno pojasniti moguće posljedice ozljede te njihov utjecaj na sportsku aktivnost kao i važnost prilagođavanja programa rehabilitacije fazama cijeljenja tkiva i potrebama sporta. Izbor fizioterapijskih intervencija prije svega ovisi o vrsti ozljede i fazi rehabilitacije te znanju, vještinama i maštovitosti fizioterapeuta^{10,13}. Terapija pokretom je kruna programa liječenja, naročito kod liječenja sportskih

ozljeda i oštećenja (slika 2-4.) U završnoj fazi liječenja, fazi povratka sportu, uz intenziviranje svih oblika vježbi snaženja, izdržljivosti, istežanja, stabilizacije, mobilizacije, koordinacije i proprioceptije, provode se vježbe koje su osmišljene s namjerom da imitiraju i ponavljaju sportu specifične pokrete. Takvim treningom je osim sportskih vještina, potrebno povratiti i kardiovaskularnu kondiciju koja je jedan od preduvjeta za povratak sportu kao što je umjetničko plivanje. Također, vrlo važna i često zapostavljena komponenta programa rehabilitacije sportaša je procjena spremnosti i određivanje pravovremenog trenutka povratka sportaša normalnoj sportskoj rutini^{8,10,15}. Neizostavni preduvjet kvalitetne prevencije od ponovne ozljede ili neke nove ozljede upravo je vezan uz sportu specifične i individualizirane programe provođenja vježbi istežanja, jačanja, stabilizacije, mobilizacije i proprioceptije²⁵.

Fizioterapija se uz primjenu pokreta u svrhu liječenja koristi nizom drugih modaliteta koje se na temelju njihovog učinka i namjene mogu izabrati i koristiti tijekom rehabilitacije sportskih ozljeda (slika 5). Modaliteti fizikalne terapije predstavljaju primjenu različitih vrsta energije (električna, mehanička, toplinska, elektromagnetska, zvučna, svjetlosna) u terapijske svrhe¹⁰. Odabir fizikalnih čimbenika uvelike ovisi o fazi rehabilitacije i individualnim potrebama sportaša s obzirom da ista ozljeda može varirati u kliničkim slikama i zahtijevati različite tretmane kako bi se postigao krajnji cilj liječenja. Uz primjenu određenog fizikalnog čimbenika (npr. krio/termo terapija, elektroterapija, terapija elektromagnetskom energijom visokog ili niskog intenziteta, TECAR terapija, terapijski ultrazvuk, laser visokog ili niskog intenziteta, udarni val), koriste se i fizioterapijske intervencije (npr. primjena funkcionalnih traka, dry needling) te različiti oblici mobilizacijskih vještina iz područja akrokinematike i miofascijalne mobilizacije^{10,13,15,36}.

Iskustva iz kliničke prakse pokazuju da se najbolji učinak liječenja ozljeda i oštećenja postiže kada su



Slika 5. Fizioterapijska jedinica za rehabilitaciju sportskih ozljeda

Figure 5. Physiotherapy unit for sports rehabilitation

različiti oblici fizioterapijskih vještina i intervencija kombinirani sa sustavnim provođenjem terapijskih vježbi koje sportašu omogućuju uspješniji, brži i adekvatniji povratak svakodnevnim intenzivnim sportskim treninzima i opterećenjima²⁸.

PREVENCIJA

Sportske ozljede i njihova prevencija važno su područje sporta i sportske medicine. Bavljenje sportom izrazito pozitivno utječe na tjelesno, mentalno i socijalno zdravlje pojedinca, dok s druge strane nosi određeni rizik od nastanka ozljeda koje utječu na sposobnosti sportaša i njegovo sudjelovanje u sportskim aktivnostima³⁹. Ključnu ulogu u očuvanju zdravlja sportaša ima pravilan trenažni proces sastavljen od pet faza, a koje uključuju lagano zagrijavanje, dinamičko istezanje, zagrijavanje na sportu specifičan način, sportsku aktivnost te relaksaciju i statičko istezanje. Pokazalo se da zagrijavanje kao priprema tijela uvijek treba prethoditi vježbama istezanja, koje pravilnim izvođenjem na početku i kraju sportske aktivnosti značajno pridonose smanjenju prevalencije ozljeda u svim sportovima pa tako i u umjetničkom plivanju³⁰. Dinamičko istezanja podrazumjeva kontrolirano izvođenje pokreta bez zadržavanja uz postupno povećanje raspona i brzine pokreta. Time se postiže veći raspon pokreta u zglobovima, veća fleksibilnost, elastičnost i prokrvljenost mišića, a samim time i bolja koordinacija pokreta. Statičko istezanje na kraju aktivnosti zahtijeva znatno manji utrošak energije, a odnosi se na zadržavanje određenog položaja u krajnjoj poziciji opsega pokreta najmanje 20 – 30 sekundi, čime se smanjuju bolovi i osigurava relaksacija mišića²⁸. Između ostaloga, značajnu ulogu u prevenciji ozljeda i razvoju sindroma prenaprezanja ima i sama edukacija sportaša o važnosti ispravne sportske opreme, treninga na suhom, naročito u vodenim sportovima, pravilnog izvođenja i doziranja vježbi jačanja, istezanja i propriocepcije, pravilne tehnike obrazaca pokreta specifičnih za sport i adekvatnog odmora nakon sportskih aktivnosti kao ključnog elementa trenažnog procesa^{9,25,26}.

Preventivne mjere primjenjuju se na tri nivoa. Primarna prevencija odnosi se na uklanjanje svih vanjskih čimbenika rizika i djelovanje na unutarnje faktore s ciljem poboljšanja opće fizičke spremnosti – koordinacije, fleksibilnosti, brzine, jakosti i izdržljivosti kako bi se u najvećoj mogućoj mjeri spriječio nastanak ozljeda. Sekundarna prevencija uključuje rano prepoznavanje simptoma ozljeda, oštećenja ili pretreniranosti kako bi se pravovremenom intervencijom zaustavio njihov razvoj. Tercijarna prevencija podrazumijeva liječenje razvijenih ozljeda i oštećenja te pritom pokušavajući pozitivno utjecati na njihov tijek i pravovremeni povratak na sportu specifične vježbe i rutine²⁸.

Zdravlje sportaša mora biti na prvom mjestu jer je ono osnovni preduvjet za bavljenje sportom. Uspješni programi prevencije ozljeda rezultirati će očuvanjem zdravlja, dužom

sportskom karijerom, kraćim periodima van trenažnog procesa kao i sve boljim sportskim rezultatima.

DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA U UMJETNIČKOM PLIVANJU

Pretraživanjem online baza podataka kao što su PubMed, Google Scholar, Hrčak, SpringerLink i Cochrane Library pronađena su istraživanja o kardiorespiratornim disfunkcijama i fiziološkim reakcijama organizma na fizički napor umjetničkih plivačica^{4,9,24-26,30}. S druge strane, do sada nije objavljeno niti jedno istraživanje o učestalosti ozljeda u umjetničkom plivanju s naglaskom na specifična područja mišićno-koštanog sustava koja su zbog zahtjeva sporta predisponirana za nastanak ozljeda.

Mountjoy²³ u članku „Ozljede i bolesti u sinkroniziranom plivanju“ navodi da istraživanja u tom području ne postoje iako u kliničkoj praksi postoje saznanja o njihovim incidencijama. Spominje da do ozljeda akutnog i kroničnog karaktera dolazi prilikom izvođenja brzih i eksplozivnih pokreta. Također navodi da su plivačice podložne bolestima koje nisu povezane s ozljedama i koje zahtijevaju pažnju sportsko-medicinski stručnjaka, kao na primjer hipoksija, astma, poremećaji hranjenja i relativni energetske deficit sportašica (RED's)²³.

Mountjoy²⁴ u radu „Ozljede i medicinski problemi u sinkroniziranim olimpijskim sportovima“ navodi da je Međunarodni olimpijski odbor tijekom Olimpijskih igara u Pekingu 2008. godine proveo istraživanje o prevalenciji akutnih ozljeda koje su nastale tijekom treninga ili natjecanja za vrijeme trajanja Olimpijade. Rezultati istraživanja pokazali su da je umjetničko plivanje jedan od najsigurnijih sportova, u odnosu na druge vodene sportove tijekom natjecateljskog ciklusa. Zabilježena učestalost ozljeda bila je vrlo niska, svega 1,9% u usporedbi s ukupnom incidencijom ozljeda sportaša ostalih vodenih sportova, koja je na Olimpijskim igrama u Pekingu 2008. godine iznosila 9,6%. Nizak postotak učestalosti ozljeda u umjetničkom plivanju ukazuje na nedostatak istraživanja, jer sindromi prenaprezanja nisu bili uključeni u baze podataka evidentiranih problema lokomotornog sustava sportaša vodenih sportova na ljetnim olimpijskim igrama 2008. godine. Također, Mountjoy navodi da je prevalencija astme u umjetničkom plivanju na Olimpijskim igrama u Pekingu 2008. godine iznosila 21,2%, odmah nakon vodećeg triatlona sa 25,7%²⁴.

Ponciano i suradnici³⁰ 2018. godine analizirali su znanstvenu literaturu izdanu u periodu od 2006. do 2016. godine koja se odnosila na fiziološke reakcije plivačica tijekom natjecanja. Praćeni parametri uključivali su otkucaje srca, koncentraciju laktata, stopu percipiranog napora, VO₂, volumen pluća te laboratorijske testove. Utvrđeno je da su postojeća istraživanja provedena različitim metodologijama te da je nužno definirati zajedničke parametre kako bi rezultati bili usporedivi i mjerljivi³⁰.

Bentley i sur.⁴ 2022. godine proveli su istraživanje o odnosu vremena provedenog pod vodom i fizioloških reakcija organizma tijekom izvođenja koreografirane rutine vrhunskih umjetničkih plivača. Dobiveni rezultati istraživanja koriste se za prilagodbu treninga i pripremu sportaša za fiziološki zahtjevne rutine umjetničkog plivanja⁴.

U današnje vrijeme ekspanzije sporta, dokazi iz kliničke prakse pokazuju da su ozljede u umjetničkom plivanju česte te da pogađaju gotovo sve dijelove mišićno – koštanog sustava. Istraživanja usmjerena na specifične ozljede u umjetničkom plivanju svakako su potrebna i područje su velikog potencijala za bolje razumijevanje fizičkih zahtjeva ovog sporta.

ZAKLJUČAK

Umjetničko plivanje kompleksan je vodeni sport koji se sastoji od zahtjevnih koreografiranih rutina. Zbog jedinstvenog spoja motoričkih i funkcionalnih sposobnosti potrebnih za konstantnu aktivnost ispod i iznad površine vode, umjetničko plivanje postavlja specifične zahtjeve na tijelo sportaša, a samim time nosi i rizik od nastanka brojnih ozljeda.

Na sposobnosti i sudjelovanje u sportskim aktivnostima značajno utječu učinkovita prevencija, rano prepoznavanje ozljeda te pravovremeno liječenje i rehabilitacija. Zbog potrebne snage ruku za izvođenje pokreta u razini ili iznad

razine ramena, akrobacija i održavanja na površini vode, ozljede i bolni sindromi ramenog obruča dominiraju među problemima sustava za kretanje u umjetničkom plivanju.

Rehabilitacija je složen i često dugotrajan proces povratka sportaša aktivnom bavljenju sportom te predstavlja izazov svim članovima tima. Programi rehabilitacije moraju prepoznati i reproducirati aktivnosti i pokrete koji su karakteristični za određeni sport te obnoviti tjelesnu spremnost na koju je ozljeda utjecala. Individualizirani programi provođenja vježbi istezanja, jačanja, stabilizacije, mobilizacije i propriocepcije neizostavni su i izuzetno važni preduvjeti kvalitetne prevencije od ozljeda i nastanka sindroma prenaprezanja u umjetničkom plivanju. Uspostava dobre komunikacije između fizioterapeuta i sportaša uz predanost fizioterapeuta i motiviranost sportaša uvelike doprinose sigurnom povratku na sportski teren.

Za ozljede u umjetničkom plivanju, iz dostupne je literature vidljivo da nema dovoljno znanstveno provedenih i evidentiranih istraživanja. O ozljedama postoje saznanja, dokazi iz kliničke prakse i međusobne komunikacije između plivačica i sportskog tima. Ovim se radom želi sportsko-medicinskoj populaciji ukazati na postojeću problematiku ovog kompleksnog i jedinstvenog vodenog sporta te potaknuti na daljnja relevantna istraživanja. Umjetničko plivanje, kao olimpijski sport, kroz svu svoju kompleksnost i težinu zaslužuje da ga se počne ozbiljnije sagledavati i shvaćati u smislu prevencije te pravilnog multidisciplinarnog pristupa liječenju ozljeda i oštećenja.

Literatura

- Alexander M, Taylor C. The Technique of the Eggbeater Kick. 2012. [Internet]: https://www.teamunify.com/szfgcsnmst/_doc_/alexander_tech_of_eggbeater_kick.pdf
- Artistic Swimming Rules – 2022-2025. World Aquatics [Internet]: <https://worldaquatics.com/artistic-swimming/rules>
- Bahr R, Krosshaug T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 2005; 39(6): 324–9.
- Bentley DJ, Viana E, Logan-Sprenger HM. (2022). Metabolic and Performance Responses to a Simulated Routine in Elite Artistic Swimmers. *Sports.* 2022; 10(12): 190.
- Božić B, Rotim K, Subašić A. Hernija i.v. diska kao posljedica sportskih aktivnosti. *Fiz Rehabil Med.* 2014; 26(3-4): 105-6.
- Čičak N, Klobučar H, Marić D. Sindromi prenaprezanja u području ramena. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2001; 52(4): 393 – 402.
- De Martino I, Rodeo SA. The swimmer's shoulder: Multi-directional instability. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018; 11(2): 167-71.
- Dhillon H, Dhillon S. Current concepts in sports injury rehabilitation. *Indian J Orthop.* 2017; 51(5):529-36.
- Dodigović L, Sindik J. Comparison of selected health and morphological parameters between classic swimming and synchronized swimming. *Sport SPA,* 2015; 12(2): 5-9.
- Dubravčić-Šimunjak S. i sur. Fizikalni čimbenici u fizioterapiji. Zagreb: HZF, 2023.
- Franić M, Ivković A, Rudić R. Injuries in Water Polo. *Croat Med J,* 2007; 48(3): 281-8.
- Grazio S, Ćurković B, Vlak T, Bašić Kes V, Jelić M, Buljan D, i sur. Dijagnostika i konzervativno liječenje križobolje: Pregled i smjernice Hrvatskog vertebralnog društva. *Acta Med Croatica.* 2012; 66(4): 259-93.
- Grubišić, M. Kliničke smjernice u fizikalnoj terapiji. Zagreb: Hrvatska komora fizioterapeuta. 2011.
- Hrvatski savez umjetničkog plivanja. [Internet]: <https://croatiasynchro.hr/glasilo/>
- Janković S, Trošt T. Novi trendovi u rehabilitaciji mišićnih ozljeda. U: Jukić I, Milanović D, Šimek S, ur. Kondicijska priprema sportaša. Zagreb: Kineziološki fakultet, 2005; 85 – 91.
- Jurdana H, Mokrović H, Legović D, Šantić V, Gulan G, Boschi V. Križobolja i ozljede malih zglobova te ligamentarno – mišićnog aparata lumbalne kralježnice u sportaša. *Medicina Fluminens.* 2007; 43(3): 234-40.
- Jurinić A, Mesarić J, Stavljenić Rukavina A. Distribucija jakosti skeletnih mišića i neuromišićni fenomeni. *Zbornik sveučilišta Libertas.* 2022; 7(7): 117–28.
- Kehler T. Miofascijalni bolni sindrom. *Reumatizam.* 2013; 60(2): 81-3.
- Kovačević M. Fizioterapija kod oštećenja rotatorne manžete i tendinitisa duge glave m. biceps brachii. *FizioInfo.* 2009; 10(2): 9 – 20.
- Kvesić D. Spondilolisteza kao posljedica sportskih aktivnosti. *Fiz Rehabil Med.* 2014; 6(3-4): 107-8.
- Mokrović H, Gulan G, Jotanović Z, Dragičević M. Bolno rame. *Medicina Fluminens.* 2009; 45(4): 332-7.
- Mountjoy, M. The basics of synchronized swimming and its injuries. *Clin Sports Med.* 1999; 18(2): 321-36.
- Mountjoy M. Injury and illness in synchronized swimming: Sixteenth FINA World Sports Medicine Congress. *J Sports Sci,* 2008; 26(1): 3-21.
- Mountjoy M. Injuries and Medial Issues in Synchronized Olympic Sports. *Curr Sports Med Rep,* 2009; 8(5): 255-61.
- Mountjoy M, Gerrard D. Preserving and promoting health in the aquatic athlete. In: Siefert L, Chollet D, Mujika I, ed. *World Book of Swimming: From Science to Performance.* Hauppauge (NY): Nova Science Publishers. 2011; 499 – 511.
- Ntomali S, Chairpoulou C, Venetsanou F, Kyprianou M, Psychountaki M. (2021). Effect of dry – land drill on the performance of female athletes in artistic swimming. *Physical Education and Sport,* 2021; 19(2):129-37.
- Pećina M. Ortopedija. 3. izmijenjeno i nadopunjeno izdanje. Zagreb: Naklada Ljevak, 2004.
- Pećina M. i sur. *Sportska medicina.* Zagreb: Medicinska Naklada, 2019.
- Plodinec V. Plivačko koljeno. *FizioInfo.* 2011/2012: 12(1-2): 46 – 50.
- Ponciano K, Miranda MLJ, Homma M, Miranda JMQ, Figueira Júnior AJ, Meira Júnior CM, et al. Physiological responses during the practice of synchronized swimming: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2018; 38(2):163-75.
- Pravilnik natjecanja u umjetničkom plivanju (2022). Hrvatski savez umjetničkog plivanja [Internet]: <https://croatiasynchro.hr/dokumenti/>
- Randolph GB, Shamie AN. Section 7: Spine. In: Liberman JR, ed. *AAOS Comprehensive Orthopaedic Review,* Wolters Kluwer Health. 2009; 691 – 793.
- Rukavina N, Dubravčić-Šimunjak S, Ivanković K, Jurinić A. Funkcionalne trake u fizioterapiji. *Zbornik sveučilišta Libertas.* 2022; 7(7): 31-48.
- Schurrer–Luke Vrbanić T. Križobolja – od definicije do dijagnoze. *Reumatizam.* 2011; 58(2): 105-7.
- Skender N, Grčić – Zubčević N, Gričar I. Program sinkroniziranog plivanja za vrijeme školskih praznika. U: Andrijašević, M, ur. *Međunarodna znanstveno – stručna konferencija: Upravljanje slobodnim vremenom sadržajima sporta i rekreacije.* Zagreb: Kineziološki fakultet, 2009; 243-9.

36. Uremović M, Davila S. i sur. Rehabilitacija ozljeda lokomotornog sustava. Zagreb: Medicinska Naklada, 2018.
37. Viana E, Bentley DJ, Logan-Sprenger HM. A Physiological overview of the demands, characteristics, and adaptations of highly trained artistic swimmers: a literature review. *Sports Med Open*. 2019; 5(1):16.
38. Wanivenhaus F, Fox AJ, Chaudhury S, Rodeo SA. Epidemiology of injuries and prevention strategies in competitive swimmers. *Sports Health*. 2012; 4(3): 246-51.
39. Wojtys EM. Sports Injury Prevention. *Sports Health*. 2017; 9(2):106-7.