



PROMJENE U PLUĆNOJ FUNKCIJI UZROKOVANE PLIVANJEM: SUSTAVNI PREGLEDNI RAD

CHANGES IN PULMONARY FUNCTION INDUCED BY SWIMMING: A SYSTEMATIC REVIEW

Luka Dodlek¹, Dajana Zoretić¹, Dražen Rastovski²

¹University of Zagreb Faculty of Kinesiology

²University of Osijek

Cite as: Dodlek L, Zoretić D, Rastovski D. Promjene u plućnoj funkciji uzrokovane plivanjem: sustavni pregledni rad. Croat Sports Med J. 2025; 40(1):21-31.

Corresponding author: Dajana Zoretić, dajana.zoretic@kif.unizg.hr
DOI: 10.69589/hsv.40.1.2

SAŽETAK

Plivanje ima pozitivne učinke na plućnu funkciju, no zbog uvjeta u kojima se odvija, ti učinci ponekad mogu biti smanjeni ili neprimjetni. Međutim, neke studije tvrde suprotno. Osobama s alergijskim i respiratornim bolestima često se preporučuje plivanje kao terapija, jer se vjeruje da zdravstvene dobrobiti plivanja u zatvorenom prostoru znatno nadmašuju rizike povezane s takvim uvjetima. Cilj rada je pregled i sustavna analiza dosadašnjih spoznaja o učinkovitosti plivanja na dišne puteve, s obzirom na specifične okolnosti u kojima se ovaj sport odvija. Pretražena je baza podataka PubMed prema smjernicama za Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA – P 2015). Uključeni kriteriji zadovoljilo je ukupno trinaest članaka koji su uvršteni u završnu analizu. Devet članaka bilo je iz skupine randomiziranih kontroliranih studija, a četiri iz studija s jednom grupom ispitanika. U ovom radu također je provedeno istraživanje anketnim upitnikom na 192 hrvatska plivača. Upitnik je bio podijeljen u tri dijela: prvi dio odnosio se na opće informacije o zdravstvenom stanju ispitanika, drugi dio bio je osnovni upitnik za astmu s pitanjima vezanim uz astmu, dok je treći dio bio orijentiran na rinitis. Od 192 ispitanika, osmero ih je izjavilo da imaju astmu. Zaključno, plivanje ima značajan potencijal za poboljšanje respiratornog zdravlja, osobito kod mladih, uz oprez zbog mogućih negativnih utjecaja okolišnih uvjeta.

Ključne riječi: astma, funkcija pluća, plivanje, respiratorni simptomi

ABSTRACT

Swimming has positive effects on lung function, but due to the conditions in which it is practiced, these effects may sometimes be diminished or imperceptible. However, some studies claim the opposite. Swimming is often recommended as therapy for individuals with allergic and respiratory diseases, as it is believed that the health benefits of swimming in indoor environments significantly outweigh the risks associated with such conditions. The aim of this study is to review and systematically analyze the existing knowledge on the effectiveness of swimming on the respiratory system, considering the specific conditions under which this sport takes place. The PubMed database was searched following the guidelines for Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA – P 2015). Thirteen articles that met the inclusion criteria were included in the final analysis. Nine articles were from randomized controlled trials, and four were from studies with a single group of participants. This study also conducted a survey among 192 Croatian swimmers. The questionnaire was divided into three parts: the first part focused on general information about the health status of the individuals, the second part was a basic asthma questionnaire with questions related to asthma, and the third part was focused on rhinitis. Of the 192 respondents, eight reported having asthma. In conclusion, swimming has significant potential for improving respiratory health, especially among young people, with caution regarding the possible negative impacts of environmental conditions.

Keywords: asthma, lung function, swimming, respiratory symptoms

UVOD

Astma je kronično stanje koje predstavlja ozbiljan javnozdravstveni problem. Procjenjuje se da oko 339 milijuna ljudi širom svijeta živi s astmom, a očekuje se da će taj broj do 2025. godine porasti za 100 milijuna²². Plivanje se često ističe kao pogodna tjelesna aktivnost za osobe s astmom²⁰ zbog svojih pozitivnih učinaka na respiratorni sustav. Osim što poboljšava opće zdravlje, plivanje može povećati kapacitet pluća i poboljšati respiratorne funkcije²³. Međutim, plivanje može imati i negativne učinke na dišni sustav. Jedan od glavnih problema je izloženost kemikalijama u zatvorenim bazenima⁹. Klor i natrijev hipoklorit, koji se koriste za dezinfekciju bazena, mogu reagirati s organskim tvarima u zraku i stvoriti iritantne spojeve koji negativno utječu na dišni sustav, osobito kod onih koji su redovito izloženi takvim uvjetima, kao što su profesionalni plivači i spasioci¹⁰. Ovi iritanti mogu uzrokovati simptome kao što su kašalj, otežano disanje i povećan rizik od razvoja respiratornih bolesti, uključujući astmu⁸. Osim toga, plivanje može izazvati i druge respiratorne probleme zbog fiziologije sporta, jer disanje mora biti sinkronizirano s ritmom plivanja, što može biti izazovno za osobe s prethodnim respiratornim problemima¹³. Unatoč tim izazovima, redovito plivanje dokazano poboljšava kapacitet pluća i smanjuje simptome bronhokonstrikcije uzrokovane vježbanjem (EIB), osobito u odnosu na druge sportove, poput trčanja⁷. Iako stalna izloženost kloru može povećati rizik od kroničnih respiratornih problema, plivanje također može imati zaštitni učinak na osobe s astmom, smanjujući učestalost napada²¹. Zbog kontradiktornih podataka o učincima plivanja na plućnu funkciju, potrebno je daljnje istraživanje kako bi se bolje razumjeli svi potencijalni rizici i koristi plivanja za respiratorno zdravlje. Cilj ovog istraživanja je sažeti dosadašnje spoznaje o promjenama u plućnoj funkciji uzrokovane plivanjem, analizirajući kako okolišni uvjeti, poput izloženosti kloru i drugim dezinfekcijskim sredstvima, utječu na zdravlje dišnih puteva.

METODE RADA

Ovaj pregled proveden je prema smjernicama za Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA – P 2015) u dizajnu, analizi i izvještavanju rezultata¹⁸. Kako bi se pronašli relevantni znanstveni članci koji su ispitivali promjene u plućnoj funkciji uzrokovane plivanjem pretražena je jedna znanstvena baza podataka: PubMed. Pretraživanje je obavljeno u razdoblju svibnja i lipnja 2023. Baza podataka pretraživana je pojmovima, koji su uključivali: „swimming“ AND „asthma“ OR „lung function“ OR „airways“ OR „respiratory symptoms“ OR „pulmonary function“ OR „swim training“ AND „swim“ OR „swimming pool“. U bazi podataka PubMed za pretragu koristila su se sva polja (engl. „all fields“), a sve s ciljem što kvalitetnijeg odabira relevantnih istraživanja i jednostavnijeg pregleda

pronađenih radova. Postavili su se određeni kriterij koje su radovi morali ispunjavati kako bi bili uključeni u pregled literature. Određen je vremenski okvir objave radova, a to je bilo u razdoblju od 1999. do 2023. Također svaki odabrani rad morao je imati poveznicu s plivanjem te pripadati skupini randomiziranih kontroliranih studija ili studijama s jednom grupom ispitanika (engl. „Before-After (Pre-Post) Studies With No Control Group“). Pregledavali su se samo radovi objavljeni u recenziranoj publikaciji, na engleskom jeziku. te je svaki rad morao biti dostupan u cijelosti, odnosno objavljen puni tekst rada. Kako bi u pregled literature ipak bili uključeni radovi čiji tekst nije bio dostupan u cijelosti, kontaktirani su autori putem elektroničke pošte te je zatražen pristup punom tekstu rada. Iz pregleda literature izostavljeni su radovi ako se radilo o preglednom članku, studiji slučaja ili pak bilo kojem drugom nacrtu istraživanja. Nakon pronalaska relevantnih istraživanja slijedilo je iščitavanje te je provedena ručna pretraga radova. Ona se odnosila na čitanje radova spomenutih u sustavnim pregledima literature koja su proučavale isto ili slično područje rada. Svaki autor je neovisno pregledao naslove članaka kako bi isključio duplikate te sažetke kako bi isključio članke koji ne ispunjavaju kriterije uključivanja. Autori su također pregledali reference članaka uključenih u završnu analizu kako bi identificirali moguće dodatne relevantne članke. Sva neslaganja rješavana su konsenzusom.

Procjena kvalitete radova

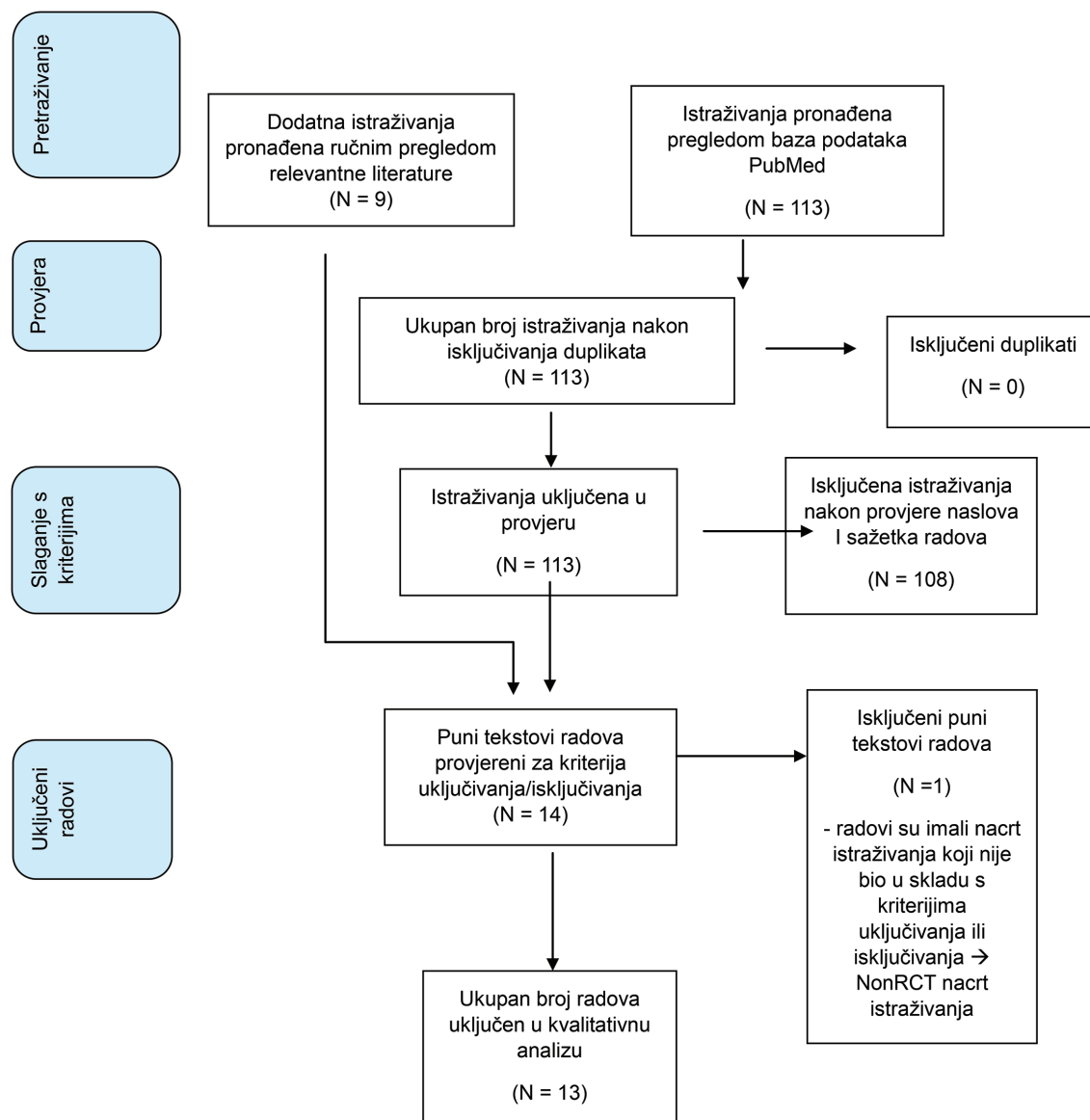
Na temelju popisa kriterija koji su navedeni u Study quality assesment tools (Study Quality Assessment Tools | NHLBI, NIH, n.d.), izvršena je procjena kvalitete metodološke izrade radova. Korišteni kriteriji izrađeni su za procjenu kvalitete metodološke izrade randomiziranih kontroliranih studija i studija s jednom grupom ispitanika (engl. „Before-After (Pre-Post) Studies With No Control Group“). Alat za procjenu kvalitete kontroliranih intervencijskih studija omogućava ocjenjivanje kvalitete studije kao dobru, prihvatljivu ili lošu, na temelju 14 kriterija, uključujući postupak randomizacije i slijepog ispitivanja, osnovne karakteristike skupina sudionika, pridržavanje protokola i stopu odustajanja, druge intervencije, mjerenje ishoda, izračun veličine uzorka i analizu prema namjeri liječenja. Alat za procjenu kvalitete prije-nakon (Pre-Post) studija bez kontrolne skupine također omogućava ocjenjivanje kvalitete studije kao dobru, prihvatljivu ili lošu, na temelju 12 kriterija. Ti kriteriji uključuju pitanja studije, odabir i reprezentativnost sudionika, adekvatnost veličine uzorka, kvalitetu intervencije i mjerenja ishoda, gubitak sudionika tijekom praćenja i kvalitetu statističke analize. Svi navedeni kriteriji uzeti su u obzir prilikom ocjenjivanja metodološke kvalitete izrade rada. Autori su proveli procjenu potrebnu za sustavan pregled literature. Bodovanje po kriterijima provodilo se na sljedeći način: ukoliko je odgovor na kriterij bio pozitivan „DA“ dodijeljen je 1 bod. Kriterij se bodovao s 0 ukoliko je odgovor na

kriterij bio negativan „NE“ ili u radu nije bilo odgovora na taj kriterij, „NP - nije primjenjivo“, „NI - nije izvješteno“ ili „NO - nemoguće odrediti“. Okvirne vrijednosti kvalitete radova dobivene su računanjem postotaka prema bodovanju kriterija. Određene su kategorije za svaki pojedini rad. S obzirom na dobiveni postotak razlikujemo tri vrste radova, a to su radovi niske kvalitete (<50 %), radovi srednje kvalitete (50 - 89 %) i radovi visoke kvalitete (> 90 %).

REZULTATI

Pretraživanjem baze podataka PubMed ukupno je pronađeno 113 radova. Od 113 radova, pronađeno je 0 duplikata, a naknadnom analizom stručne literature, detektirano je još 9 radova relevantnih za predmet proučavanja. Nakon isključivanja duplikata, sveukupno je bilo 113 istraživanja, a koja su bila uključena u

provjeru. Poslije provjere naslova i sažetka, iz daljnjeg je postupka obrade podataka isključeno 108 radova, a sve sukladno prethodno opisanim kriterijima za uključivanje i isključivanje. Svega 14 radova punih tekstova (9 iz dodatne ručne pretrage) bilo je provjereno za određene kriterije te je 1 rad izostavljen jer nacrt istraživanja nije odgovarao kriterijima uključivanja i isključivanja. Na kraju je u završnu obradu podataka uključeno 13 radova, od kojih je 9 bilo iz skupine randomiziranih kontroliranih studija, a 4 iz studija s jednom grupom ispitanika. Većina pronađenih radova pripada kategoriji srednje kvalitete radova (50 - 89 %), osim radova^{6,14} koji pripadaju kategoriji niske kvalitete radove jer su ostvarili samo 43 % bodova nakon ocjenjivanja metodološke kvalitete rada. Svi su radovi na kraju uključeni u kvalitativnu analizu sustavnog pregleda literature. Protokol pretraživanja literature (Moher i suradnici, 2009), prikazan je u dijagramu toka na Slici 1.



Slika 1. PRISMA – Dijagram protokola pretraživanja literature¹⁷

Figure 1. PRISMA - The flow diagram of the literature search protocol¹⁷

Tablica 1. Prikaz izdvojenih podataka iz randomiziranih kontroliranih studija
 Table 1. Overview of selected data from randomized controlled trials

AUTORI (GODINA)	NASLOV	VRSTA RADA	CILJ RADA	TRAJANJE	UZORAK ISPITANIKA	TESTOVI	REZULTAT
Matsumoto i sur., 1999	Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial asthma	RCT	Utvrđiti poboljšava li trening plivanja aerobni kapacitet, vježbanje kod izazvane EIB i bronhialnu reakciju na inhalirani histamin kod djece s astmom.	6 tjedana svaki dan	N = 16 SKUPINA A (7M, 1Ž) Dob (10.5 ± 0.9 godina) SKUPINA B (7M, 1Ž) Dob (9.9 ± 1.0 godina)	FVC, FEV1, MMF, PEF,	Šestotjedni program vježbanja ima povoljan učinak na aerobni kapacitet, ali ne i na osjetljivost na histamin kod djece s astmom.
Truijens i sur., 2003	Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances	RCT	Ispitati hipotezu poboljšava li hipoksični trening visokog intenziteta izvedbe na razini mora više od ekvivalentne obuke u normoksiji	5 tjedana	N = 16 (6M, 10Ž) Dob (19 - 54 godine)	VO2max, AOD	Dolaze do rezultata da 5 tjedana visoko intenzivnog treninga u kanalu poboljšava plivačke performanse na razni mora i VO2max kod dobro treniranih plivača, bez dodatnog učinka hipoksičnog treninga
Lévesque i sur., 2006	The determinants of prevalence of health complaints among young competitive swimmers	RCT	Usporediti prevalenciju zdravstvenih tegoba mladih plivača i mladih malonogometaša te procijeniti odnos između koncentracije kloramina i zdravstvenih tegoba sportaša.	Nema informacije	N = 949 1.DIO RADA N = 804 (398M, 406Ž) Plivanje (101M, 204Ž) Mali nogomet (297M, 202Ž) 2.DIO RADA N = 145 Plivanje = 72 Mali nogomet = 73	ISAAC, Hi- kvadrat test, PEF, Fisher test	Plivači izloženi najvišim razinama kloramina u vodi i zraku zatvorenih bazena imali su više respiratornih tegoba od malonogometaša
Arandelović, Stanković, Nikolić, 2007	Swimming and persons with mild persistent asthma	RCT	Cilj je bio analizirati učinak rekreacijskog plivanja na funkciju pluća i bronhijalnu hiperreaktivnost (BHR) kod bolesnika s blagom perzistentnom astmom.	6 mjeseci (2x tjedno, 60 min)	N = 65 (49M, 16Ž) SKUPINA A (11M, 34Ž) Dob (33.07 ± 9.81 godina) SKUPINA B (5M, 15Ž) Dob (33.55 ± 10.88 godina)	Spirometrija (FEV1, FVC, FEV1/FVC X100 – Jaeger) Bronho-provokativni test (APS) Kožni testovi Obrazovanje za astmu	U skupini A ustanovljeno je statistički značajno povećanje parametara plućne funkcije FEV1, FVC, PEF te statistički značajno smanjenje BHR-a. U skupini B zabilježeno je statistički značajno poboljšanje FEV1 iako su FVC, FEV1/FVC i PEF poboljšani, ono nije bilo značajno.

Bernard i sur., 2007	Infant swimming practice, pulmonary epithelium integrity, and the risk of allergic and respiratory diseases later in childhood	RCT	Procijeniti utjecaj vježbanja plivanja dojenčadi na alergijski status i zdravlje dišnog sustava kasnije u djetinjstvu.	Između 28. ožujka i 29. svibnja 2022.	N = 341 (172M, 169Ž) PLIVANJE DOJENČADI (22M, 21Ž) Dob (11.5 ± 0.6 godina) OSTALA DJECA (150M, 148Ž) Dob (11.5 ± 0.6 godina)	Visina, težina, vađenje krvi, upitnik, EIB, FEV1, eNO, CC16, SP-D, IgE	Podaci upućuju na to da je vježbanje plivanja dojenčadi u kloriranim zatvorenim bazenima povezano s promjenama dišnih puteva koje, zajedno s drugim čimbenicima, izgleda predisponiraju djecu za razvoj astme i rekurentnog bronhitisa.
Mickleborough i sur., 2008	Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training	RCT	Svrha ovog istraživanja bila je steći dodatni uvid u performanse respiratornih mišića i u plućnu funkciju nacionalno rangiranih, fizičkih zrelih natjecateljskih plivača i međudjelovanje ST i IMT otpornog na protokol.	12 tjedana	N = 30 (15M, 15Ž) Dob (18.2 ± 1.6 godina)	Spirometrija, mjerenje volumena pluća, DLCO	Istraživanje je pokazalo da 12-tjedni natjecatelj-ski ST program poboljšava plućnu funkciju te povećava snagu i izdržljivost respiratornih mišića kod elitnih sportaša u istoj mjeri kao i 12-tjedni kombinirani IMT i natjecateljski ST program.
Bemianian i sur., 2009	Effect of swimming on peak expiratory flow rate of atopie children	RCT	Procjena uloge plivanja na mehaniku pluća kod zdravih osoba i pacijenata s astmom	2 mjeseca (3x tjedno)	N = 76 (76Ž) Dob (9.3 ± 2.4)	ISAAC upitnik, PEFR,	Povećanje PEFR bilo je značajno kod zdravih pojedinaca i pacijenata s astmom te pretelih, ali nije bilo značajno kod bolesnika s alergijskim rinitisom ili ekcemom.
Wicher i sur., 2010	Effects of swimming on spirometric parameters and bronchial hyperresponsiveness in children and adolescents with moderate persistent atopie asthma	RCT	Istražiti srednjoročne prednosti programa plivanja kod školaraca i adolescenata s umjerenom perzistentnom atopijskom astmom (MPAA).	1 mjesec uvođenja 3 mjeseca praćenja (2x tjedno = 24 treninga)	N = 61 (27M, 34Ž) PLIVAČKA GRUPA (12M, 18Ž) Dob (10.35 ± 3.13 godina) KONTROL-NA GRUPA (15M, 16Ž) Dob (10.90 ± 2.63 godina)	FEV1, PC20, FVC, MIP, MEP, MVV	Djeca i adolescenti s MPAA koji su bili podvrgnuti programu treninga plivanja doživjeli su značajno smanjenje bronhijalne hiperreaktivnosti, što je utvrđeno povećanjem PC20, u usporedbi s astmatičarima koji nisu prošli trening plivanja. Sudionici plivanja također su pokazali poboljšanje elastičnog trzaja stijenke prsnog koša.

Okrzymow-ska i sur., 2019	Eight weeks of inspiratory muscle training improves pulmonary function in disabled swimmers-A randomized trial	RCT	Procijeniti učinkovitost 8-tjednog inspiratornog mišićnog treninga kod plivača s invaliditetom, kada se doda standardnom treningu, na odabrane parametre ventilacije pluća i funkcioniranje respiratornih mišića	8 tjedana, 8 treninga tjedno	N = 16 SKUPINA ST (5M, 5Ž) Dob (18.20 ± 4.64 godina) SKUPINA IMT (3M, 3Ž) Dob (18.50 ± 4.97 godina)	VC, FVC, FEV1, PEF, P1max, PEmax	Nakon 8 tjedana treninga, značajno povećanje parametara ventilacije i snage respiratornih mišića uočeno je samo u IMT skupini. U ST skupini postignuto je 20 % poboljšanje snage inspiratornih mišića.
---------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Legenda: PedsQL - upitnik za procjenu kvalitete života pedijatrijskih ispitanika, RCT - randomizirana kontrolirana studija, Dob(AS±SD) - dob (aritmetička sredina ± standardna devijacija), N - broj ispitanika, FEV1 - volumen forsiranog izdisaja u 1 sekundi, FEV - forsirani vitalni kapacitet, PEF - vršni ekspiratorni protok, BHR - bronhijalna hiperreaktivnost, APS - bronhoprovokativni test, ST - trening plivanja, IMT - trening inspiratornih mišića, DLCO - test difuzijskog kapaciteta pluća, EIB - bronhokonstrikcija uzrokovana vježbanjem, MMF - maksimalni srednji ekspiracijski protok, VC - vitalni kapacitet, P1max - maksimalni inspiracijski tlak, Pemax - maksimalni ekspiratorni tlak, PC20 - provokativna koncentracija metakolina koja uzrokuje pad FEV1 za 20%, MPAA - umjerena perzistentna atopijska astma, MIP - maksimalni inspiracijski tlak, MEP - maksimalni ekspiratorni tlak, MVV - maksimalna dobrovoljna ventilacija, PEFR - maksimalna brzina ekspiratornog protoka, ISAAC - međunarodna studija o astmi i alergijama u djetinjstvu, SPT - kožni prick testovi, eNO - mjerenje izdahnutog dušika oksida, IgE - mjerenje imunoglobulina E, CC - protein stanica Clara, SP-D - protein D povezan s surfaktantom, VO2max - maksimalni primitak kisika, AOD - akumulirani deficit kisika

Tablica 2. Prikaz izdvojenih podataka iz studija s jednom grupom ispitanika

Table 2. Overview of selected data from single-group studies

AUTORI (GODINA)	NASLOV	VRSTA RADA	CILJ RADA	TRAJANJE	UZORAK ISPITANIKA	TESTOVI	REZULTAT
Bernard i sur., 2006	Chlorinated pool attendanc, atopy and the risk of asthma during childhood	Studija s jednom grupom ispitanika	Istražiti odnos između astme u djetinjstvu, atopije i kumuliranog posjećivanja bazena	Nema informacije	N = 341 (172M, 169Ž) Dob (11.5 ± 0.70 godina)	Upitnik, EIB, eNO, IgE	Studija pokazuje da nusprodukti klora koji kontaminiraju zrakom zatvorenih bazena mogu djelovati kao pomoćno sredstvo za poticanje razvoja astme kod atopične djece, posebno kod male djece koja idu u mali, jako zagađeni bazen.

Kohlhammer i sur., 2006	Swimming pool attendance and hay fever rates later in life	Studija s jednom grupom ispitanika	Procijeniti hoće li posjećivanje bazena u djetinjstvu biti povezano s višim stopama alergijskih bolesti u odrasloj dobi, s posebnim osvrtom na peludnu groznicu	Dvokratno mjerenje 1994./1995. i 2004./2005.	N = 2606 (1247M, 1359Ž) Dob (35 - 74 godine)	Standardizirani intervjui, upitnik, HI kvadrat test	Rezultati ove evaluacije otkrili su potencijalnu povezanost posjećivanja kloriranih bazena s učestalošću peludne groznice.
Font-Ribera i sur., 2011	Swimming pool attendance, asthma, allergies, and lung function in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children cohort	Studija s jednom grupom ispitanika	Ispitati je li plivanje u dojenčadi i djetinjstvu bilo povezano s astmom i alergijskim simptomima u dobi od 7 i 10 godina u UK.	U posljednjih 12 mjeseci	N = 5738 (1908M, 2830Ž) Dob (7 - 10 godina)	Upitnik, Spirometrija, Kožni pick test, FVC, FEV1,	Plivanje nije povećalo rizik od astme ili alergijskih simptoma kod britanske djece. Plivanje je povezano s povećanom funkcijom pluća i manjim rizikom od simptoma astme, osobito među djecom s već postojećim respiratornim problemima.
Andersson i sur., 2015	Swimming pool attendance is related to asthma among atopic school children: a population-based study	Studija s jednom grupom ispitanika	Ispitati odnos između posjećivanja zatvorenog bazena i astme među senzibiliziranom i nesenzibiliziranom djecom u dobi od 11 do 12 godina.	Nema informacije	N = 1866 Dob (11 - 12 godina)	ISAAC upitnik, SPT kožni testovi	Istraživanje je pokazalo povećan rizik od astme kod senzibilne djece koja trenutno pohađaju plivanje u zatvorenom prostoru 1 put tjedno ili češće. Nije pronađena povezanost između trenutnog posjećivanja bazena i piskanja, preosjetljivosti, rinitisa ili ekcema.

Legenda: PedsQL - upitnik za procjenu kvalitete života pedijatrijskih ispitanika, Dob(AS±SD) - dob (aritmetička sredina ± standardna devijacija), N - broj ispitanika, FEV1 - volumen forsiranog izdisaja u 1 sekundi, FEV - forsirani vitalni kapacitet, PEF - vršni ekspiratorni protok, BHR - bronhijalna hiperreaktivnost, APS - bronhoprovokativni test, ST - trening plivanja, IMT - trening inspiratornih mišića, DLCO - test difuzijskog kapaciteta pluća, EIB - bronhokonstrikcija uzrokovana vježbanjem, MMF - maksimalni srednji ekspiracijski protok, VC - vitalni kapacitet, Pimax - maksimalni inspiracijski tlak, Pemax - maksimalni ekspiratorni tlak, PC20 - provokativna koncentracija metakolina koja uzrokuje pad FEV1 za 20%, MPAA - umjerena perzistentna atopijska astma, MIP - maksimalni inspiracijski tlak, MEP - maksimalni ekspiratorni tlak, MVV - maksimalna dobrovoljna ventilacija, PEFR - maksimalna brzina ekspiratornog protoka, ISAAC - međunarodna studija o astmi i alergijama u djetinjstvu, SPT - kožni prick testovi, eNO - mjerenje izdahnutog dušika oksida, IgE - mjerenje imunoglobina E, CC - protein stanica Clara, SP-D - protein D povezan s surfaktantom, Vo2max - maksimalni primitak kisika, AOD - akumulirani deficit kisika

Randomizirane kontrolirane studije

Od ukupno 13 izdvojenih radova iz elektroničkih baza, 9 ih je okarakterizirano kao randomizirane kontrolirane studije (RCT) s prosječnom ocjenom metodološke kvalitete od 61,8 %. Istraživanja su ispitivala različite aspekte utjecaja plivanja na respiratorno zdravlje, uključujući poboljšanje funkcije pluća, smanjenje bronhijalne hiperreaktivnosti i jačanje respiratornih mišića. Primjerice, jedno istraživanje pokazalo je da rekreacijsko plivanje u nekloriranim bazenima, uz redovito liječenje i edukaciju, može značajno poboljšati plućne funkcije poput forsiranog vitalnog kapaciteta (FVC), forsiranog izdisajnog volumena u 1 sekundi (FEV1) i vršnog ekspiratornog protoka (PEF), dok istovremeno smanjuje bronhijalnu hiperreaktivnost kod pacijenata s blagom perzistentnom astmom². U istraživanju je sudjelovalo ukupno 65 bolesnika s blagom perzistentnom astmom te su bili podijeljeni u dvije skupine. Bolesnici iz obje skupine liječeni su niskim dozama inhalacijskih kortikosteroida (ICS) i kratkodjelujućih β_2 agonista salbutamola prema potrebi. Program za pacijente u skupini A bio je kombiniran edukacijom o astmi s plivanjem (2x tjedno po 1 sat narednih 6 mjeseci). Na kraju studije postojala je statistički značajna razlika između skupine A i B, FVC-a (4,01 naspram 4,37), FEV1 (3,33 naspram 3,55), PEF-a (6,79 naspram 7,46) i varijabilnosti ($p < 0,001$), a statistički značajno smanjen BHR u skupini A (2,01 naspram 1,75) ($p < 0,001$)². Plivači (N = 10) su kombinirali ST s treningom inspiratornih mišića (IMT) postavljenim na 80 % trajnog maksimalnog inspiratornog tlaka (SMIP) s progresivnim povećanjem omjera rada i odmora do neuspjeha zadatka 3 dana tjedno (ST + IMT) ili ST s lažnim IMT-om (ST + SHAM-IMT, N = 10), ili su djelovali kao kontrole (samo ST, ST, N = 10). Na kraju dolaze do zaključka kako nije bilo značajnih razlika ($P > 0,05$) u respiratornoj i plućnoj funkciji između skupina (ST + IMT, ST + SHAM-IMT i ST) na početku i na kraju 12-tjednog razdoblja ispitivanja. Međutim, na kraju 12-tjedne studije uočeno je značajno povećanje ($P < 0,05$) u brojnim varijablama respiratorne i plućne funkcije unutar svih skupina. Povećani su maksimalni inspiracijski i ekspiracijski tlak, izlazna snaga udisaja, forsirani vitalni kapacitet, forsirani izdisaj i inspiracijski volumen u 1 s, ukupni kapacitet pluća i difuzijski kapacitet pluća¹⁶. Kod djece s blagom ili umjerenom astmom, šestotjedni program plivanja značajno je poboljšao aerobni kapacitet, iako nije utjecao na osjetljivost na histamin, što potvrđuje blagotvorne učinke plivanja na tjelesnu kondiciju djece s respiratornim problemima¹⁵. Daljnja istraživanja pokazala su da kombinacija standardnog plivačkog treninga i inspiratornog mišićnog treninga dovodi do značajnijih poboljšanja ventilacijskih parametara i snage respiratornih mišića kod plivača s invaliditetom. Program inspiratornog mišićnog treninga (IMT) kod plivača s invaliditetom, u kombinaciji sa standardnim sportskim treningom (ST), na odabrane parametre ventilacije pluća i funkciju respiratornih mišića trajao je osam tjedana. Ispitanici su nasumično podijeljeni u dvije skupine (ST i IMT). Obje su skupine sudjelovale na

treningu plivanja 8 tjedana (8 treninga tjedno). IMT skupina dodatno je sudjelovala u treningu inspiratornih mišića (8 tjedana). Nakon 8 tjedana treninga, značajno povećanje parametara ventilacije i snage respiratornih mišića uočeno je samo u IMT skupini. U ST skupini 1 postignuto je 20 % poboljšanje snage inspiratornih mišića. Zaključili su da je uključivanje IMT-a važan element koji nadopunjuje trening plivanja, što omogućuje veće povećanje parametara ventilacije pluća i snage respiratornih mišića kod plivača s invaliditetom¹⁹. Kod djece i adolescenata s umjerenom perzistentnom atopijskom astmom, trojmesečni program plivanja rezultirao je značajnim smanjenjem bronhijalne hiperreaktivnosti, što se pripisuje poboljšanoj elastičnosti stijenki prsnog koša, dok slični rezultati nisu primijećeni kod ispitanika koji nisu sudjelovali u programu plivanja²⁵. Zanimljivo je da su istraživanja pokazala kako plivanje u zatvorenim bazenima, unatoč izloženosti kloriranim spojevima, može imati pozitivne učinke na plućne funkcije kod osoba s astmom, bez značajnijih negativnih posljedica na mehaniku pluća⁴. Ipak, neka istraživanja upozoravaju da izloženost kloriranim spojevima u bazenima može povećati rizik od respiratornih problema poput astme i bronhitisa, osobito ako je izloženost započela u ranom djetinjstvu⁶. Nadalje, respiratorni simptomi kod plivača često su povezani s nusproduktima kloriranja, a njihovo ograničenje moglo bi smanjiti učestalost tih simptoma¹⁴. Što se tiče utjecaja hipoksični trening visokog intenziteta poboljšava izvedbe na razni mora više od ekvivalentne obuke u normoksiji. Na temelju dobivenih rezultata od 5 tjedana treninga visokog intenziteta dobili su poboljšanje u plivačkoj izvedbi na razini mora i VO_{2max} kod dobro treniranih plivača bez dodatnog učinka hipoksičnog treninga²⁴. Ovi rezultati, zajedno s prethodno navedenima, potvrđuju značajne prednosti plivanja za respiratorno zdravlje, ali i ukazuju na potrebu opreznog razmatranja uvjeta treninga i izloženosti potencijalno štetnim tvarima.

Studije s jednom grupom ispitanika

Četiri preostala rada pripadaju kategoriji studija s jednom grupom ispitanika, a prosječna ocjena njihove metodološke kvalitete iznosi 71 %. Istraživanja su se bavila utjecajem posjećivanja zatvorenih bazena na respiratorno zdravlje djece i odraslih. Jedna studija pokazala je da djeca senzibilizirana na alergene koja posjećuju bazene jednom tjedno ili više imaju povećan rizik od trenutačne astme, dok nije pronađena povezanost između posjećivanja bazena i drugih simptoma poput piskanja, rinitisa ili ekcema¹. Hipoteza o štetnosti klora u zatvorenim bazenima dodatno je potvrđena istraživanjem koje je procijenilo povezanost astme, atopije i posjećivanja bazena na uzorku od 341 djeteta u dobi od 10 do 13 godina. Rezultati su ukazali da nusprodukti klora u zatvorenim bazenima mogu djelovati kao čimbenik koji potiče razvoj astme kod atopične djece, osobito one mlađe koja posjećuju manji i zagađeniji bazen. Ova saznanja podupiru hipotezu da povećana izloženost djece kloru u bazenima može biti jedan od uzročnika

porasta astme u dječjoj dobi u razvijenim zemljama⁵. Druga istraživanja razmatrala su dugoročne učinke izloženosti kloru u bazenima. Na primjer, utvrđeno je da narušeni integritet plućnog epitela zbog izloženosti nusproduktima kloriranja olakšava bliži kontakt s alergenima, što može rezultirati višim stopama peludne groznice u odrasloj dobi¹². Suprotno tome, istraživanje provedeno u Velikoj Britaniji pokazalo je da plivanje u dojenčadi i djetinjstvu nije povećalo rizik od astme ili alergijskih simptoma, već je bilo povezano s boljom funkcijom pluća i manjim rizikom od simptoma astme, osobito kod djece s postojećim respiratornim problemima¹¹.

RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja je sažeti dosadašnje spoznaje o promjenama u plućnoj funkciji uzrokovane plivanjem. Trinaest radova zadovoljilo je kriterije za uključivanje i analiziranje istih od ukupno 122 pronađena rada. U *tablici 1* i *tablici 2* izdvojeni su podatci; neki od njih su vrsta rada, cilj rada, trajanje intervencije, uzorak ispitanika, korišteni testovi i mjerenja te na kraju rezultati dobiveni provedenim istraživanjem. Radovi su se najviše razlikovali po dobi, broju ispitanika, trajanju određenih programa te načinu provođenja programa. U istraživanjima je sveukupno bilo uključeno 12 121 ispitanik, 1570 unutar randomiziranih kontroliranih studija i 10 551 unutar studija s jednom grupom ispitanika. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti kako plivanje ima pregršt povoljnih učinaka na zdravlje pojedinca. U nekim okolnostima ti povoljni učinci nisu toliko izraženi zbog uvjeta u kojima se ponekad plivanje odvija. Rezultati istraživanja pokazuju da plivanje pozitivno utječe na povećanje plućne funkcije i aerobni kapacitet pojedinca^{2,15}. Međutim, istraživanje također ukazuje da plivanje nema povoljan učinak na osjetljivost na histamin kod djece s astmom¹⁵. Razlike između treninga plivanja (ST) i treninga plivanja u kombinaciji s treningom inspiratornih mišića (IMT) na parametre ventilacije pluća i funkciju respiratornih mišića proučavane su u istraživanjima. Rezultati pokazuju da oba treninga povećavaju snagu i izdržljivost respiratornih mišića, uz povoljan učinak na parametre ventilacije pluća^{16,19}. Kako bi se istražile srednjoročne prednosti programa plivanja kod školaraca i adolescenata s umjerenom perzistentnom atopijskom astmom (MPAA), provedeno je istraživanje koje je pokazalo da su djeca i adolescenti s MPAA, uključeni u program plivanja, doživjeli značajno smanjenje bronhijalne hiperreaktivnosti. Ovo je utvrđeno povećanjem PC20 (= provokativna koncentracija metaholina koja uzrokuje 20 % pad FEV1), u usporedbi s asmaticarima koji nisu sudjelovali u treningu plivanja²⁵. Sudionici plivanja također su pokazali poboljšanje elastičnog trzaja stijenke prsnog koša. Prema istraživanju⁴, plivanje dovodi do povećanja PEFR-a (vršnog ekspiratornog protoka zraka) kod zdravih pojedinaca, pacijenata s astmom i pretilih, no to povećanje nije bilo značajno kod bolesnika s alergijskim rinitisom i ekcemom. Plivanje od malih nogu u kloriranim zatvorenim

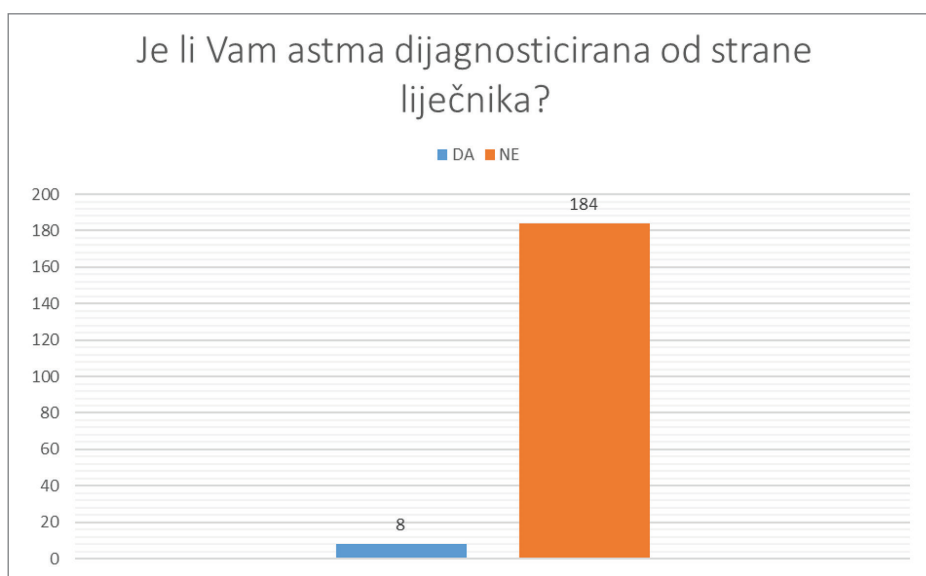
bazenima je povezano s promjenama u dišnim putevima koje zajedno s drugim čimbenicima predisponiraju djecu za razvoj astme i rekurentnog bronhitisa^{7,14}. Nije to tako samo za djecu, već isto vrijedi i za plivače koji su više izloženi kloru. Plivači koji su izloženi visokim razinama klora u vodi i zraku u zatvorenom bazenu imaju više respiratornih tegoba od malonogometša s kojima su ih uspoređivali¹⁴. Neka istraživanja ispituju hipotezu, poboljšava li hipoksični trening visokog intenziteta izvedbe na razini mora više od ekvivalentne obuke u normoksiji i dolaze do pozitivnih rezultata²⁴. Ispitivanje odnosa između posjećivanja zatvorenog bazena i astme vrlo je zanimljiva tema. Brojna istraživanja^{1,5,12} dolaze do zaključaka kako plivanje u zatvorenim kloriranim bazenima povećava rizik od astme te kako nusprodukti klora koji kontaminiraju zrakom zatvorenih bazena mogu djelovati kao pomoćno sredstvo za poticanje razvoja astme kod atopične djece, posebno kod male djece. Također bitni zaključak je taj da postoji potencijalna povezanost posjećivanja kloriranih bazena s učestalošću peludne groznice. Studija koja je provedena u Velikoj Britaniji¹¹, ističe kako plivanje ne povećava rizik od astme ili alergijskih simptoma kod djece. Istražili su da je plivanje povezano s povećanom funkcijom pluća i manjim rizikom od simptoma astme, osobito među djecom s već postojećim respiratornim problemima.

Radi potvrđivanja dodatne pouzdanosti dosadašnjih istraživanja u ovom radu provedeno je istraživanje na uzorku od 192 hrvatska plivača U13–14 i U15–16. Podatci su omogućili uvid kako plivanje utječe na plućnu funkciju i opće zdravstveno stanje sportaša. Istraživanje je provedeno putem standardiziranog upitnika koji se temeljio na modelu³ te je uključivao tri dijela s ukupno 19 pitanja. Prvi dio upitnika obuhvaćao je osnovne informacije o ispitanicima, poput spola, dobi, zdravstvenog stanja i informacija o plivanju. Drugi dio bio je posvećen pitanjima vezanim uz astmu, dok se treći odnosio na pitanja o rinitisu. Anonimni upitnik ispunjavali su sportaši tijekom razvojnog kampa u organizaciji Hrvatskog plivačkog saveza (HPS-a) ili na treninzima tijekom plivačke sezone, čime je osigurana sveobuhvatna pokrivenost sve četiri plivačke regije u Hrvatskoj. Rezultati su pokazali da je 4.2 % ispitanika (Tablica 3), odnosno njih osmero, imalo dijagnozu astme postavljenu od strane liječnika, pri čemu je većini dijagnoza postavljena u ranom djetinjstvu – njih dvoje već u dobi od dvije godine, dok su ostali astmu razvili kasnije, najčešće do osme godine života. Dvoje ispitanika nije znalo točno odgovoriti na pitanje o dobi dijagnoze. Kod asmaticara je također ispitano jesu li njihovi simptomi popraćeni alergijama. Pet ispitanika (62.5 %) izjavilo je da je njihova astma povezana s alergijama, dok su ostala tri ispitanika (37.5 %) navela da astma nije popraćena alergijskim reakcijama. U dijelu upitnika posvećenom simptomima astme analizirano je pitanje vezano uz poremećaje sna uzrokovane simptomima poput hripanja ili teškog disanja. Većina asmaticara, njih pet, izjavila je da se nikada ne budi s teškim disanjem, dok je dvoje navelo da se to događa manje od jedne noći tjedno, a samo jedan ispitanik prijavio

je simptome koji remete san barem jednom tjedno. Slični rezultati zabilježeni su i kod ispitanika bez dijagnoze astme, gdje je 92.2 % svih ispitanika (njih 177) navelo da nikada nije iskusilo noćne poremećaje disanja. Ovi rezultati sugeriraju da plivanje može imati zaštitni učinak na respiratorno zdravlje, čak i kod osoba s dijagnozom astme. Plivanje se često smatra sportom koji poboljšava plućne funkcije i snagu respiratornih mišića, što bi moglo doprinijeti smanjenju simptoma astme i poboljšanju kvalitete sna. Međutim, istraživanje je također otvorilo neka ključna pitanja. Na primjer, specifični čimbenici poput izloženosti kloru u bazenima, intenziteta i učestalosti treninga te individualnih genetskih i zdravstvenih predispozicija ispitanika koji nisu bili u fokusu ovog istraživanja, ali bi mogli značajno utjecati na rezultate. Budući da je samo 4.2 % ispitanika imalo dijagnozu astme, relativno mali broj astmatičara otežava donošenje čvrstih zaključaka o učincima plivanja na astmatične simptome. Nadalje, postotak astmatičara koji su prijavili povezanost astme s alergijama ističe potrebu za dodatnim analizama kako bi se utvrdilo postoji li stvarna korelacija između plivanja i pogoršanja simptoma astme izazvanih alergijskim reakcijama. Kako bi se dodatno provjerila pouzdanost svih dosadašnjih istraživanja, potrebno je provesti longitudinalne studije s većim uzorcima i detaljnijim analizama. Dodatna istraživanja mogla bi uključiti precizna mjerenja plućnih funkcija prije i nakon treninga, analizu kvalitete zraka u bazenima i praćenje zdravstvenih parametara tijekom duljeg razdoblja. Budući da plivanje igra važnu ulogu u razvoju djece i mladih, razumijevanje njegovih dugoročnih učinaka ključno je za unapređenje sigurnosti i učinkovitosti sportskih aktivnosti u bazenima. Ovi rezultati mogli bi pridonijeti boljoj prilagodbi trenažnih programa za sportaše te poboljšanju uvjeta u bazenima kako bi se smanjio rizik od potencijalno negativnih učinaka na respiratorno zdravlje.

ZAKLJUČAK

Na temelju dosadašnjih istraživanja, plivanje se pokazalo korisnim za respiratorno zdravlje, poboljšavajući plućnu funkciju, aerobni kapacitet i jakost respiratornih mišića. Međutim, izloženost kloriranim tvarima u zatvorenim bazenima može povećati rizik od respiratornih problema, osobito kod djece i astmatičara. Rezultati ankete provedene na 192 plivača pokazali su da je samo mali postotak ispitanika imao dijagnosticiranu astmu (4,2%), a simptomi su bili blagi, dok kvaliteta sna nije bila značajno narušena. Unatoč tome, loši uvjeti treninga u zatvorenim bazenima, poput loše ventilacije i visoke koncentracije klora, mogu pogoršati respiratorne simptome i povećati rizik od razvoja problema s disanjem. Plivanje ostaje izuzetno korisna aktivnost, osobito za djecu i osobe s respiratornim problemima, ali je ključno osigurati odgovarajuće uvjete u bazenima kako bi se maksimizirali pozitivni učinci, a smanjili potencijalni negativni utjecaji. Iako postoje varijacije u rezultatima među različitim istraživanjima, daljnja istraživanja, osobito longitudinalne studije, nužna su kako bi se dobilo jasnije razumijevanje dugoročnih učinaka plivanja na plućnu funkciju i respiratorno zdravlje. Proučavanje specifičnih zdravstvenih parametara, poput osjetljivosti na alergene i učinka zagađenog zraka u zatvorenim bazenima, važno je za optimizaciju koristi koje plivanje može pružiti. Zaključno, plivanje ima značajan potencijal za poboljšanje respiratornog zdravlja, no kako bi se osigurali najbolji rezultati, nužno je pratiti uvjete u kojima se aktivnost odvija. Unapređenje ventilacije u bazenima, kvalitete vode i prilagodba trenažnih programa na temelju zdravstvenih preporuka može dodatno doprinijeti učinkovitosti plivanja kao sporta koji pozitivno utječe na funkciju respiratornog sustava.



Slika 2. Prikaz šestog pitanja iz anketnog upitnika u prvom dijelu

Figure 2. Representation of the sixth question from the questionnaire in the first section

Literatura

- Andersson M, Hedman L, Nordberg G, Forsberg B, Eriksson K, Rönmark E. Swimming pool attendance is related to asthma among atopic school children: a population-based study. *Environ Health*. 2015; 15:14-37.
- Arandelović M, Stanković I, Nikolić M. Swimming and persons with mild persistent asthma. *Scientific World Journal*. 2007; 17(7):1182-8.
- Asher MI, Keil U, Anderson HR, Beasley R, Crane J, Martinez F, et al. International study of asthma and allergies in childhood (ISAAC): rationale and methods. *Eur Respir J*. 1995;8(3):483-91.
- Bemanian MH, Shirkhoda S, Nakhjavani M, Mozahari F. Effect of swimming on peak expiratory flow rate of atopic children. *Iran J Allergy Asthma Immunol*. 2009; 8(2): 121-3.
- Bernard A, Carbonnelle S, de Burbure C, Michel O, Nickmilder M. Chlorinated pool attendance, atopy, and the risk of asthma during childhood. *Environ Health Perspect*. 2006;114(10):1567-73.
- Bernard A, Carbonnelle S, Dumont X, Nickmilder M. Infant swimming practice, pulmonary epithelium integrity, and the risk of allergic and respiratory diseases later in childhood. *Pediatrics*. 2007;119(6):1095-103.
- Bougault V, Boulet LP. Airways disorders and the swimming pool. *Immunol Allergy Clin North Am*. 2013;33(3):395-408, ix.
- Bougault V, Turmel J, Levesque B, Boulet LP. The respiratory health of swimmers. *Sports Med*. 2009;39(4):295-312.
- Cavaleiro Rufo J, Paciência I, Silva D, Martins C, Madureira J, Oliveira Fernandes E. et al. Swimming pool exposure is associated with autonomic changes and increased airway reactivity to a beta-2 agonist in school aged children: A cross-sectional survey. *PLoS One*. 2018;13(3):e0193848.
- Chaves RS, Guerreiro CS, Cardoso VV, Benoliel MJ, Santos MM. Hazard and mode of action of disinfection by-products (DBPs) in water for human consumption: Evidences and research priorities. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*. 2019;223:53-61.
- Font-Ribera L, Villanueva CM, Nieuwenhuijsen MJ, Zock JP, Kogevinas M, Henderson J. Swimming pool attendance, asthma, allergies, and lung function in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children cohort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(5):582-8.
- Kohlhammer Y, Döring A, Schäfer T, Wichmann HE, Heinrich J; KORA Study Group. Swimming pool attendance and hay fever rates later in life. *Allergy*. 2006;61(11):1305-9.
- Leahy MG, Summers MN, Peters CM, Molgat-Seon Y, Geary CM, Sheel AW. The mechanics of breathing during swimming. *Med Sci Sports Exerc*. 2019;51(7):1467-76.
- Lévesque B, Duchesne JF, Gingras S, Lavoie R, Prud'Homme D, Bernard E. et al. The determinants of prevalence of health complaints among young competitive swimmers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2006;80(1): 32-9.
- Matsumoto I, Araki H, Tsuda K, Odajima H, Nishima S, Higaki Y, et al. Effects of swimming training on aerobic capacity and exercise induced bronchoconstriction in children with bronchial asthma. *Thorax*. 1999;54(3): 196-201.
- Mickleborough TD, Stager JM, Chatham K, Lindley MR, Ionescu AA. Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *Eur J Appl Physiol*. 2008 Aug;103(6):635-46.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097.
- Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M. et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. 2015;4(1):1.
- Okrzymowska P, Kurzaj M, Seidel W, Rożek-Piechura K. Eight weeks of inspiratory muscle training improves pulmonary function in disabled swimmers-A randomized trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(10):1747.
- Päivinen M, Keskinen K, Putus T, Kujala UM, Kalliokoski P, Tikkanen HO. Asthma, allergies and respiratory symptoms in different activity groups of swimmers exercising in swimming halls. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2021;13(1):119.
- Pedersen L, Lund TK, Barnes PJ, Kharitonov SA, Backer V. Airway responsiveness and inflammation in adolescent elite swimmers. *J Allergy Clin Immunol*. 2008;122(2):322-7, 327.e1.
- Ramachandran HJ, Jiang Y, Shan CH, Tam WWS, Wang W. A systematic review and meta-analysis on the effectiveness of swimming on lung function and asthma control in children with asthma. *Int J Nurs Stud*. 2021;120:103953.
- Silvestri M, Crimi E, Oliva S, Senarega D, Tosca MA, Rossi GA. Et al. Pulmonary function and airway responsiveness in young competitive swimmers. *Pediatr Pulmonol*. 2013;48(1):74-8 0.
- Truijens MJ, Toussaint HM, Dow J, Levine BD. Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances. *J Appl Physiol* (1985). 2003;94(2):733-43.
- Wicher IB, Ribeiro MA, Marmo DB, Santos CI, Toro AA, Mendes RT. et al. Effects of swimming on spirometric parameters and bronchial hyperresponsiveness in children and adolescents with moderate persistent atopic asthma. *J Pediatr (Rio J)*. 2010;86(5):384-90.