

ROLE OF DEHYDRATION ON SPORT PERFORMANCE AND RECOMMENDATIONS FOR REHYDRATION

ULOGA DEHIDRATACIJE U SPORTSKIM PERFORMANSAMA I PREPORUKE ZA REHIDRATACIJU

Danka Vukašinić¹, Miloš Maksimović¹, Slobodan Tanasković^{2,3}

¹ Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Institut za higijenu i medicinsku ekologiju, Beograd, Srbija

² Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Beograd, Srbija

³ Institut za kardiovaskularne bolesti „Dedinje”, Beograd, Srbija

Correspondence: danka.djorovic@med.bg.ac.rs

Abstract

The acute and chronic effects of dehydration on athletes' health are well known, but it is less known about the relationship between dehydration and sports performance. There is an overall consensus in the literature that dehydration $\geq 2\%$ body mass represents a threshold at which endurance, as aerobic performance, becomes impaired. Dehydration degrades aerobic performance by various mechanisms, such as a decrease in $VO_{2\max}$, a decrease in circulatory volume and consequent decrease in cardiac stroke volume. At higher levels of dehydration, there is an increase in heart rate, body temperature, carbohydrate oxidation and muscle glycogenolysis. The effect of dehydration on anaerobic sports performance, such as muscle strength and power, is less known. The high osmotic stress that usually accompanies high levels of intracellular dehydration can modulate the permeability of the blood-brain barrier, alter the neuronal firing of osmoreceptor cells in the hypothalamus, and potentially affect the excitability of motor output pathways. Studies have shown that acute dehydration impairs muscle strength and endurance and increases the perception of fatigue but without changes in markers of central and peripheral neuromuscular function. In addition to the physical, dehydration also affects the mental performance of athletes. Symptoms of dehydration (dry mouth, thirst, headache, fatigue) affect the athletes' cognitive functions and their cognitive resilience. Therefore, personalized rehydration strategies play a key role in athletes' safety during sporting activities, as well as in optimizing sports performance. In this paper, the role of dehydration on physical and mental athletes' performance will be reviewed, as well as the latest recommendations for adequate rehydration.

Keywords:

dehydration,
sport performance,
rehydration,
recommendations

Sažetak

Akutni i hronični efekti dehidracije na zdravlje sportista su dobro poznati, dok se o vezi između dehidracije i sportskih performansi manje zna. Opšteprihvaćen konsenzus u naučnoj literaturi je da dehidracija $\geq 2\%$ telesne mase predstavlja prag na kom dolazi do smanjenja izdržljivosti, kao aerobne performanse. Mehanizmi kojima dehidracija degradira aerobne performanse obuhvataju smanjenje maksimalne potrošnje kiseonika ($VO_{2\max}$), smanjenje cirkulatornog volumena i, posledično, smanjenje udarnog volumena srca. Pri većem stepenu dehidracije dolazi do povećanja srčane frekvencije, telesne temperature, oksidacije ugljenih hidrata i mišićne glikogenolize. Efekat dehidracije na anaerobne performanse sportista, kao što su mišićna snaga i jačina, manje je poznat. Veliki osmotski stres, koji obično prati teže stepene intracelularne dehidracije, može modulirati propustljivost krvno-moždane barijere, menjati neuronsko paljenje osmoreceptorskih ćelija u hipotalamusu i potencijalno uticati na ekscitabilnost motornih izlaznih puteva. Studije su pokazale da akutna dehidracija narušava mišićnu snagu i izdržljivost i povećava percepciju umora, ali bez promena u markerima centralne i periferne neuromišićne funkcije. Pored fizičkih, dehidracija utiče i na mentalne performanse sportista. Simptomi dehidracije (suva usta, žeđ, glavobolja, umor) utiču na kognitivne funkcije sportista i njihovu kognitivnu rezilijentnost. Zato personalizovane strategije rehidracije igraju ključnu ulogu u bezbednosti sportista tokom sportskih aktivnosti, ali i u poboljšanju sportskih rezultata. U ovom radu bavimo se uticajem dehidracije na mentalne i fizičke performanse sportista, kao i najnovijim preporukama za adekvatnu rehidraciju.

Ključne reči:

dehidracija, sportske performanse, rehidracija, preporuke

Uvod

Voda je najvažniji makronutrijent u ljudskom organizmu. Deficit vode dovodi do brojnih promena u telu čoveka, dok potpuni nedostatak vode može prouzrokovati smrt u roku od nekoliko dana.

Voda je glavna komponenta ljudskog tela i čini 50 - 70% telesne mase, u zavisnosti od telesnog sastava. Oko 65% telesne vode predstavlja intracelularna tečnost, dok je oko 35% u vidu ekstracelularne tečnosti (1). Prelazak vode iz jednog odeljka u drugi je posledica hidrostatičkog, osmotskog i onkotskog pritiska.

Voda u organizmu čoveka ima višestruku ulogu: 1) daje strukturu ćelijama i telesnim tečnostima; 2) služi kao medijum za digestiju hrane; 3) predstavlja dobar rastvarač za metaboličke reakcije; 4) transportuje hranljive materije putem krvi i intersticijalne tečnosti, kao i štetne materije putem urina; 5) pomaže u kontroli telesne temperature putem evaporacije znoja; i 6) učestvuje u regulaciji acidobazne ravnoteže (2).

Dehidracija predstavlja deficit ukupne telesne vode. Intracelularna dehidracija se javlja kada je koncentracija izgubljene telesne vode hipotonična u odnosu na plazmu, za razliku od ekstracelularne dehidracije, gde je gubitak telesne vode izotoničan u poređenju sa plazmom. Gubitak telesne vode kod sportista je tip intracelularne dehidracije i posledica je znojenja u cilju termoregulacije. Prednosti optimalne hidratacije kod sportista uključuju održavanje sportskih performansi, transport metaboličke toplote, održavanje raspoloženja i ubrzanje oporavka nakon vežbanja (3, 4). Mnoga istraživanja su pokazala da svi ovi procesi mogu biti kompromitovani pri stepenu dehidracije $\geq 2\%$ telesne mase (5-7).

Akutni i hronični efekti dehidracije na zdravlje

sportista su dobro poznati, dok se o vezi između dehidracije i sportskih performansi manje zna. Veza između dehidracije i radnih performansi je uočena vekovima unazad. Čovek je odavno prepoznao značaj hidratacije za uspešno pronalaženje hrane i lov, osmislio različite metode za nošenje vode i planirao dostupnost vode u toku dugih putovanja. Značaj dostupnosti vode za "performanse" prepoznata je i od strane vojnika (8). Pitka voda je, u mnogim bitkama u toku istorije, oblikovala vojne strategije, pa se čak i koristila kao taktičko oružje. U savremenom sportu zahtevi sportista su veoma visoki, pa se značaj optimalne hidratacije, pored uticaja na zdravlje sportista, ogleda i u očuvanju sportskih performansi i postizanju boljih rezultata.

U ovom radu bavimo se uticajem dehidracije na mentalne i fizičke performanse sportista, kao i najnovijim saznanjima o adekvatnoj rehidraciji.

Fiziološke posledice dehidracije

Dehidracija utiče na funkciju skoro svih organskih sistema u ljudskom telu. Od stepena dehidracije zavisi obim ovih promena. Gubitak telesne vode predominantno utiče na: 1) snabdevanje mozga hranljivim materijama i kiseonikom; 2) cirkulaciju u srcu i plućima i gasnu razmenu; 3) periferne znojne žlezde i krvne sudove bitne u termoregulaciji; i 4) aktivne skeletne mišiće (9).

Kod vežbanjem prouzrokovane dehidracije, pošto je znoj hipotoničan u poređenju sa plazmom, dolazi do povećanja osmolalnosti u ekstracelularnoj tečnosti i prelaska vode iz većeg intracelularnog u manji ekstracelularni odeljak, radi održavanja osmotskog ekvilibrijuma. Intracelularna dehidracija dovodi do aktivacije osmoreceptora i posledičnog oslobađanja arginin-vazopresina

(AVP) iz hipotalamusa, kao i žeđi posredovane osmoreceptorima. Arginin-vazopresin prouzrokuje retenciju vode putem bubrega u cilju smanjenja većeg gubitka tečnosti. Količina izgubljenog znoja u toku vežbanja se kreće 0,50 - 2 L/h i proporcionalna je telesnoj toploti zavisnoj od metabolizma i okruženja (10). Teška dehidracija (gubitak > 5% telesne mase) pretili da ugrozi sposobnost održavanja normalne telesne temperature i povećava rizik od nastanka toplotne bolesti (11). Toplotna bolest usled fizičkog naprezanja, koja može biti fatalna, najozbiljnija je posledica nemogućnosti da se ograniči porast telesne temperature u toku dehidracije prouzrokovane vežbanjem (12).

Podaci iz literature pokazuju da dehidracija, udružena sa posledičnim termalnim stresom, povećava kardiovaskularni stres, koji se karakteriše smanjenjem udarnog volumena, povećanjem srčane frekvencije, povećanjem sistemskog vaskularnog otpora i, ukoliko se gubitak telesne vode nastavi, smanjenjem minutnog volumena srca (11). Adams i saradnici su pokazali da srčana frekvencija raste za 3 do 5 otkucaja u minutu za svaki 1% gubitka u telesnoj masi (13). Smatra se da smanjenje udarnog volumena kod dehidracije nastaje zbog smanjenja centralnog venskog pritiska, kao posledice smanjenog cirkulatornog volumena (12, 14). Pokazano je i da dehidracija smanjuje toleranciju toplote i skraćuje vreme do nastanka iscrpljenosti u toku vežbanja (15). Dehidracija doprinosi nastanku mnogih stanja koja dovode do smanjenja sportskih performansi i bezbednosti sportista na terenu.

Posledice hiperhidracije

U cilju što bolje rehidracije i nadoknade izgubljene telesne tečnosti, sportisti konzumiraju različite napitke. Ukoliko su ti napici hipotonični i ukoliko se koriste u velikim količinama, postoji rizik od nastanka hiponatremije povezane sa vežbanjem.

Hiponatremija povezana sa vežbanjem (engl. *exercise-associated hyponatremia* - EAH) predstavlja sniženu koncentraciju serumskog natrijuma koja nastaje u toku ili do 24 sata nakon fizičke aktivnosti (16). Dijagnostički prag za hiponatremiju je koncentracija natrijuma u serumu ispod 135 mmol/L, bez obzira na prisustvo ili odsustvo simptoma i znakova (16). Izolovani slučajevi teške, klinički ispoljene hiponatremije povezane sa vežbanjem, sa udruženom encefalopatijom, prvi put su opisani 1980. godine kod ultramaratonaca (> 42 km) (17, 18). Ukoliko se brzo ne prepozna i adekvatno ne tretira, hiponatremija povezana sa vežbanjem može biti fatalna usled cerebralnog edema ili nekardiogenog edema pluća. Značajno sniženje serumskog natrijuma primećeno je češće kod žena i posle aktivnosti koje su trajale duže od 4 sata (19).

Hiponatremija povezana sa vežbanjem je rezultat preteranog unosa vode ili hipotoničnih sportskih napitaka (više od količine izgubljenog znoja). Znaci i simptomi ove bolesti se uglavnom javljaju pri serumskoj koncentraciji natrijuma ispod 130 mmol/L i obuhvataju rane, blaže simptome i znake kao što su omamljenost, vrtoglavica, mučnina, otečenost ekstremiteta ili lica, kao i povećanje

telesne mase u odnosu na osnovnu (20). Kasnije se mogu javiti ozbiljniji simptomi i znaci izmenjenog mentalnog stanja sa dezorijentacijom, konfuzijom, agitacijom, sve do kome i smrti usled hernijacije mozga. Može se javiti i dispneja, kao znak nekardiogenog edema pluća (21).

Plan nadoknade tečnosti kod sportista stoga mora biti strogo kontrolisan i limitiran na nadoknadu trenutnih gubitaka, kako ne bi došli u rizik od životno ugrožavajuće hiponatremije povezane sa vežbanjem.

Uticaj dehidracije na sportske performanse

Mnoge studije su ispitivale efekat dehidracije izazvane vežbanjem na sportske performanse (5-7). Efekat dehidracije na sportske rezultate izraženiji je pri višim spoljašnjim temperaturama. Uticaj dehidracije na aerobne performanse sportista najbolje je proučen kod maratonaca, biciklista i triatlonaca koji učestvuju u dugotrajnim takmičenjima, i to često pri povišenim spoljašnjim temperaturama.

Opšteprihvaćen konsenzus u naučnoj literaturi je da dehidracija $\geq 2\%$ telesne mase predstavlja prag na kom dolazi do smanjenja izdržljivosti, kao aerobne performanse (22). Pokazano je da su posledice dehidracije na izdržljivost sportista kraće vreme do nastanka iscrpljenosti, obavezan pad intenziteta vežbanja ili i jedno i drugo. Ranije studije su pokazale da dehidracija $\geq 2\%$ telesne mase dovodi do smanjenja maksimalne potrošnje kiseonika ($VO_{2\max}$), kao i da je redukcija $VO_{2\max}$ proporcionalna stepenu dehidracije (23). U toku dehidracije, smanjenje u cirkulatornom volumenu dovodi do smanjenog venskog priliva u srce i posledičnog smanjenja udarnog volumena srca (24). Ševron (*Cheuvront*) i saradnici su u svom radu 2010. godine naveli da je smanjenje cirkulatornog volumena verovatno jedan od mehanizama kojim dehidracija degradira aerobne performanse (25). Vingo (*Wingo*) i saradnici su 2012. godine pokazali da je smanjenje $VO_{2\max}$ proporcionalno smanjenju udarnog volumena srca (26). U studiji sprovedenoj na rekreativcima ženskog pola, koji su vozili bicikl 2h pri 65% $VO_{2\max}$, pokazano je da je korišćenje glikogena iz mišića 24% veće kod dehidriranih u poređenju sa kontrolom (27). U istoj studiji je pokazano da progresivna dehidracija dovodi do povećanja srčane frekvencije, telesne temperature, stepena doživljenog napora, gubitka volumena plazme, oksidacije ugljenih hidrata i mišićne glikogenolize. Povećana glikogenoliza u mišićima kod dehidriranih je izgleda posledica povećane telesne temperature i temperature samih mišića zbog manje efikasnog prenošenja toplote od unutrašnjosti ka periferiji (27).

Kod biciklista je efekat dehidracije na izdržljivost kompleksan, a rezultati studija su kontradiktorni. U svojoj metaanalizi iz 2017. Holand (*Holland*) i saradnici su došli do zaključka da u toku jednočasovne aktivnosti visokog intenziteta izdržljivost kod biciklista pada za 2,5% pri unosu tečnosti u većim količinama (0,15 - 0,34 mL/kg TM/min) u poređenju sa neunošenjem tečnosti. Nasuprot tome, povećanje izdržljivosti kod biciklista od 2,1% i 3,2% primećeno

je kod aktivnosti umerenog intenziteta u trajanju > 1h i < 2h, kao i kod aktivnosti dužih od 2h (28). Zanimljivo je, ali ne i iznenađujuće, da konzumiranje velike količine tečnosti u toku jednočasovne aktivnosti visokog intenziteta doводи do smanjenja izdržljivosti kod biciklista. Pokazano je da pri vežbanju iznad 70 - 75% $VO_{2\max}$, pražnjenje želuca biva kompromitovano i tečnost počinje da se akumulira u želucu, što doводи do nadutosti stomaka, abdominalne nelagodnosti i pada sportskih rezultata biciklista (29).

Kod maratonaca je sve više dokaza koji ukazuju da, pri realnim uslovima trke, vežbanjem prouzrokovano smanjenje telesne mase > 2% ne doводи do daljeg ometanja izdržljivosti u poređenju sa gubitkom telesne mase do 2%. Zuhail (*Zouhal*) i saradnici su pokazali značajnu linearnu povezanost između stepena gubitka telesne mase i vremena završetka trke, tako da su oni sa najvećim gubitkom telesne mase imali najbolje vreme (30). Slično tome, rađena je studija u kojoj je ispitivana veza između gubitka telesne mase i izdržljivosti kod 23 ultramaratonca. Ponovo je pokazana pozitivna korelacija između gubitka telesne mase i performansi jer su oni sa najvećim gubitkom telesne mase pretrčali najveće distance (31). Zanimljivo, pobednik maratona u Dubaiju 2009. godine, Hajle Gebrselasije (*Haile Gebrselassie*), završio je trku sa gubitkom telesne mase od čak 9,8% (32).

Efekat dehidracije na anaerobne performanse sportista je manje poznat. Proučavanje uticaja dehidracije na mišićnu snagu i jačinu je otežano zbog njihove multifaktorske prirode. Povećanje osmolalnosti plazme od 10 mmol/L može dovesti do neznatnog smanjenja vode u mišićima. Ova promena u osmolalnosti plazme usled intracelularne dehidracije ne utiče na metabolička skladišta energije (33), fiziološki kapacitet puferisanja (34), ekscitabilnost membrane mišića (35), uticaj toplote na mišićnu funkciju (36) ili bilo koji drugi aspekt intra- ili ekstracelularnog dela mišića (37). Veliki osmotski stres, koji obično prati visoke nivoe intracelularne dehidracije, može modulirati propustljivost krvno-moždane barijere (38), menjati neuronsko paljenje osmoreceptorskih ćelija u hipotalamusu (39) i verovatno uticati na ekscitabilnost motornih izlaznih puteva (40). S druge strane, nedavna studija, koja je proučavala uticaj akutne dehidracije na neuromišićnu

funkciju, pokazala je da akutna dehidracija od 3,2% telesne mase narušava mišićnu snagu i izdržljivost i povećava percepciju umora, ali bez promena u markerima centralne i periferne neuromišićne funkcije (41). Tačan mehanizam kojim dehidracija doводи do promena u anaerobnim performansama sportista još uvek je nepoznat.

U performanse sportista spada i njihova sposobnost za izvršenje kognitivnih zadataka. Opšte je poznato da dehidracija ima negativan efekat na raspoloženje i da može dodatno da izazove neprijatne simptome kao što su suva usta, žeđ i glavobolja. Sposobnost da se prevaziđe negativan efekat stresora (u ovom slučaju dehidracije) i održi efikasan nivo performansi naziva se kognitivna rezilijentnost. Ova rezilijentnost se održava čak i pri dehidraciji od 4% telesne mase (42). Od ranije je poznato da negativno raspoloženje izaziva povećan napor u rešavanju kognitivnih zadataka (43), stoga se smatra da simptomi dehidracije dovođe do distrakcije sportista, što zahteva veću koncentraciju za postizanje istog nivoa performansi, pa je moguće da je upravo ta simptomatska distrakcija objašnjenje pogoršanja kognitivnih funkcija usled dehidracije.

Preporuke za unos tečnosti kod sportista

Od 1996. do 2006. godine preporuke za nadoknadu tečnosti Američkog koledža za sportsku medicinu bile su da sportisti treba da konzumiraju tečnost u količinama većim od količine izgubljene putem znojenja ili da konzumiraju maksimalnu količinu tečnosti koju mogu tolerisati (44). Godine 2007. Američki koledž za sportsku medicinu je doneo nove smernice za nadoknadu tečnosti kod osoba koje su fizički aktivne (12), a koje su prikazane u **tabeli 1**.

Prvi put se pominje termin prehidracija, koja za cilj ima da se aktivnost započne u stanju euhidracije i sa normalnim nivoima elektrolita u plazmi. Prehidraciju napicima, pored uobičajenih obroka i unosa tečnosti, treba započeti, ukoliko je to neophodno, najmanje nekoliko sati pre fizičke aktivnosti kako bi se omogućila apsorpcija tečnosti i kako bi se izlučivanje urina vratilo na normalan nivo. Preporučuje se postepen unos napitaka najmanje 4 sata pre početka vežbanja (5 - 7 mL/kg telesne mase). Ukoliko izostaje mikcija ili je urin koncentrovan i tamne

Tabela 1. Preporuke za unos tečnosti kod sportista.

	Preporuke
Pre vežbanja	Prehidracija: unos napitaka treba započeti nekoliko sati pre fizičke aktivnosti kako bi se omogućila apsorpcija tečnosti i normalizovalo izlučivanje urina.
U toku vežbanja	Prevenција prekomerne dehidracije ($\geq 2\%$ telesne mase): unos tečnosti zavisi od individualne stope znojenja, dužine i intenziteta vežbanja, kao i mogućnosti za unošenje napitaka. Konzumiranje napitaka koji sadrže elektrolite i ugljene hidrate pod određenim okolnostima može imati prednost nad običnom vodom.
Posle vežbanja	Nadoknada izgubljene vode i elektrolita: uobičajen unos hrane i napitaka nakon vežbanja. Kod osoba sa skraćenim oporavkom i prekomernom dehidracijom preporučuje se unos od oko 1,5 L tečnosti za svaki izgubljeni kilogram telesne mase. Konzumiranje napitaka koji sadrže natrijum (ili slanijih užina) doprinosi bržem oporavku organizma.

boje, treba povećati unos tečnosti (dodatnih 3 - 5 mL/kg telesne mase) oko 2 sata pre početka vežbanja.

U toku vežbanja, cilj unosa tečnosti je da se preveniraju prekomerna dehidracija ($\geq 2\%$ telesne mase) i prekomerne promene u elektrolitnom balansu kako bi se sprečilo kompromitovanje sportskih performansi. Pošto postoje velike razlike u brzini znojenja i sadržaju elektrolita u znoju među pojedincima, poslednje preporuke Američkog koledža za sportsku medicinu iz 2007. godine su da program za nadoknadu tečnosti bude prilagođen pojedincu (12). Pojedinačne stope znojenja mogu se proceniti merenjem telesne mase pre i posle vežbanja. U toku vežbanja, konzumiranje napitaka koji sadrže elektrolite i ugljene hidrate pod određenim okolnostima može imati prednost nad običnom vodom.

Posle vežbanja je cilj nadoknaditi deficit vode i elektrolita. Brzina kojom je potrebno izvršiti rehidraciju i veličina deficita određuje da li je agresivan program nadoknade tečnosti neophodan (12).

U svom revijalnom radu iz 2012. godine Gule (*Goulet*) je u vidu vodiča predstavio nove smernice za optimalnu hidraciju sportista u cilju postizanja maksimalnih rezultata. Vodič sadrži tri osnovne smernice koje će pomoći sportistima, trenerima i zdravstvenim radnicima da osmisle efikasne planove za hidraciju.

Prva smernica glasi: "Budi siguran da si dobro hidriran pre početka vežbanja". Istraživanja su pokazala da započinjanje vežbanja sa manje od optimalne telesne mase posledično pogoršava aerobne performanse vežbanja (45, 46). Sportisti stoga treba da nastoje da započnu vežbanje u dobro hidriranom stanju, obraćajući pažnju na sopstveni osećaj žeđi, koji treba da bude što je moguće manji poslednjih sati pred početak vežbanja. Štaviše, 2 sata pre vežbanja sportisti treba da budu sigurni da su imali 2 mikcije veoma bledežute do bledežute boje, koje ukazuju da je njihova telesna masa unutar 1% od njihove telesne mase pri optimalnoj hidraciji (47).

Sledeća preporuka sportistima je da piju u skladu sa svojim osećajem žeđi, ni manje, ni više od toga. Studije su pokazale da dolazi do pada izdržljivosti ukoliko su sportisti pili manje ili više od unosa tečnosti koji je bio diktiran žeđu (47). U jednoj od laboratorijskih studija, sprovedenoj na utreniranim polumaratoncima, poređen je efekat unosa tečnosti diktiran žeđu sa programiranim unosom tečnosti, koji je za cilj imao održavanje dehidracije $< 2\%$ telesne mase. Pokazano je da, iako postoji neznatno poboljšanje u kardiovaskularnom sistemu i termoregulaciji, programiran unos tečnosti nema nikakve prednosti nad unosom tečnosti diktiranim žeđu (48). Ovi rezultati su u potpunoj kontradikciji sa ranijom teorijom, u kojoj je od presudne važnosti bilo da se u toku dugotrajnog vežbanja unosi tečnost pre nego što se oseti žeđ, inače će biti prekasno i izdržljivost sportista će početi da pada.

Poslednja Guleova smernica iz 2012. godine je da unos tečnosti treba da bude limitiran u toku jednog vežbanja visokog intenziteta. Pokušaji da se u potpunosti nadoknadi tečnost, izgubljena tokom aktivnosti visokog intenziteta, mogu dovesti do gastrointestinalnih

problema i time pre pogoršati nego pospešiti sportske performanse.

Prema Američkom koledžu za sportsku medicinu, za fizičke aktivnosti kraće od 3 sata preporučuju se izotonični napici (0,5 - 0,7 g/L Na⁺), dok se za fizičke aktivnosti duže od 3 sata preporučuju koncentrovanija pića (0,7 - 1 g/L Na⁺) (12). U današnje vreme u hidraciji, nadoknadi elektrolita, ugljenih hidrata i drugih hranljivih materija, minimizaciji umora i poboljšanju sportskih performansi posebnu ulogu igraju funkcionalni sportski napici (49, 50).

Nijedna pojedinačna preporuka nije idealna za sve sportiste u svakoj situaciji već je razvoj strategija individualne hidracije od suštinskog značaja za zaštitu zdravlja sportista i poboljšanje njihovih rezultata.

Zaključak

Dehidracija, naročito većeg stepena, može narušiti fizičke i mentalne performanse sportista. Faktori koji utiču na stepen dehidracije, kako u timskim, tako i u individualnim sportovima, jesu dužina i intenzitet vežbanja, okruženje, kao i dostupnost napitaka, tj. mogućnost njihovog konzumiranja. Pogoršanje performansi je izraženije u toplijim sredinama i pri dugotrajnijem vežbanju. Tokom aktivnosti visokog intenziteta, usled kompromitovanog pražnjenja želuca, apsorpcija unete tečnosti može biti smanjena. U određenim sportovima upotreba prekomerne dehidracije u cilju upravljanja telesnom masom može imati i ozbiljne zdravstvene posledice, zbog čega je neophodno da sportisti razviju personalizovane strategije hidracije uzimajući u obzir vrstu sporta, okruženje, kao i lične potrebe i ciljeve.

Literatura

1. Sawka M, Pandolf KB. Effects of body water loss on physiological function and exercise performance. In: Gisolfi C, Lamb DR, editors. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. 3rd ed. Carmel, CA, USA: Benchmark Press; 1990. p. 1-38.
2. Kleiner SM. Water: an essential but overlooked nutrient. J Am Diet Assoc. 1999; 99(2):200-6.
3. Vanderlei FM, Moreno IL, Vanderlei LC, Pastre CM, de Abreu LC, Ferreira C. Comparison of the effects of hydration with water or isotonic solution on the recovery of cardiac autonomic modulation. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2015; 25(2):145-53.
4. Bergeron MF, Laird MD, Marinik EL, Brenner JS, Waller JL. Repeated-bout exercise in the heat in young athletes: physiological strain and perceptual responses. J Appl Physiol. 2009; 106(2):476-85.
5. Edwards A, Mann ME, Marfell-Jones MJ, Rankin DM, Noakes TD, Shillington DP. Influence of moderate dehydration on soccer performance: Physiological responses to 45 min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. Br J Sports Med. 2007; 41(6):385-91.
6. Baker LB, Dougherty KA, Chow M, Kenney WL. Progressive dehydration causes a progressive decline in basketball skill performance. Med Sci Sports Exerc. 2007; 39(7):1114-23.
7. Ceylan B, Aydos L, Šimenko J. Effect of Rapid Weight Loss on Hydration Status and Performance in Elite Judo Athletes. Biology. 2022; 11(4):500.
8. Goldman RF. Introduction to heat-related problems in military operations. In: Pandolf KB, Burr RE, editors. Medical Aspects of

- Harsh Environments. Washington, D.C.: Office of The Surgeon General; 2001. p. 3-42.
9. McDermott BP, Anderson SA, Armstrong LE, Casa DJ, Cheuvront SN, Cooper L, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. *J Athl Train*. 2017; 52(9):877-95.
 10. Stolwijk JA, Saltin B, Gage AP. Physiological factors associated with sweating during exercise. *Aerosp Med*. 1968; 39(10):1101-5.
 11. Carter R III, Cheuvront SN, Williams JO, Kolka MA, Stephenson LA, Sawka MN, et al. Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(8):1338-44.
 12. Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, Stachenfeld NS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39(2):377-90.
 13. Adams WM, Ferraro EM, Huggins RA, Casa DJ. Influence of body mass loss on changes in heart rate during exercise in the heat: a systematic review. *J Strength Cond Res*. 2014; 28(8):2380-9.
 14. Gonza'lez-Alonso J, Mora-Rodr'iguez R, Below PR, Coyle EF. Dehydration reduces cardiac output and increases systemic and cutaneous vascular resistance during exercise. *J Appl Physiol*. 1995; 79(5):1487-96.
 15. Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA. Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2001; 128(4):679-90.
 16. Buck E, McAllister R, Schroeder JD. Exercise-Associated Hyponatremia. [Updated 2023 Jun 12]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK572128/>
 17. Noakes TD, Goodwin N, Rayner BL, Branken T, Taylor RK. Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1985; 17(3):370-5.
 18. Frizzell RT, Lang GH, Lowance DC, Lathan SR. Hyponatremia and ultramarathon running. *JAMA*. 1986; 255(6):772-4.
 19. Kipps C, Sharma S, Pedoe DT. The incidence of exercise associated hyponatraemia in the London marathon. *Br J Sports Med*. 2011; 45(1):14-9.
 20. Hew TD, Chorley JN, Cianca JC, Divine JG. The incidence, risk factors, and clinical manifestations of hyponatremia in marathon runners. *Clin J Sport Med*. 2003; 13(1):41-7.
 21. Hoffman MD, Fogard K, Winger J, Hew-Butler T, Stuempfle KJ. Characteristics of 161-km ultramarathon finishers developing exercise-associated hyponatremia. *Res Sports Med*. 2013; 21(2):164-75.
 22. Cheuvront SN, Kenefick RW. Dehydration: Physiology, Assessment, and Performance Effects. *Compr Physiol*. 2014; 4(1):257-85.
 23. Craig EN, Cummings EG. Dehydration and muscular work. *J Appl Physiol*. 1966; 21(2):670-4.
 24. Frey MA, Lathers C, Davis J, Fortney S, Charles JB. Cardiovascular responses to standing: Effect of hydration. *J Clin Pharmacol*. 1994; 34(5):387-93.
 25. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J Appl Physiol*. 2010; 109(6):1989-95.
 26. Wingo JE, Ganio MS, Cureton KJ. Cardiovascular drift during heat stress: Implications for exercise prescription. *Exerc Sport Sci Rev*. 2012; 40(2):88-94.
 27. Logan-Sprenger HM, Heigenhauser GJ, Killian KJ, Spriet LL. Effects of dehydration during cycling on skeletal muscle metabolism in females. *Med Sci Sports Exerc*. 2012; 44(10):1949-57.
 28. Holland JJ, Skinner TL, Irwin CG, Leveritt MD, Goulet EDB. The Influence of Drinking Fluid on Endurance Cycling Performance: A Meta-Analysis. *Sports Med*. 2017; 47(11):2269-84.
 29. Mitchell JB, Voss KW. The influence of volume on gastric emptying and fluid balance during prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1991; 23(3):314-9.
 30. Zouhal H, Groussard C, Minter G, Vincent S, Cretual A, Gratas-Delamarche A, et al. Inverse relationship between percentage body weight change and finishing time in 643 forty-two-kilometre marathon runners. *Br J Sports Med*. 2011; 45(14):1101-5.
 31. Kao WF, Shyu CL, Yang XW, Hsu TF, Chen JJ, Kao WC, et al. Athletic performance and serial weight changes during 12- and 24-hour ultra-marathons. *Clin J Sport Med*. 2008; 18(2):155-8.
 32. Beis LY, Wright-Whyte M, Fudge B, Noakes T, Pitsiladis YP. Drinking behaviors of elite male runners during marathon competition. *Clin J Sport Med*. 2012; 22(3):254-61.
 33. Dion T, Savoie FA, Asselin A, Garipey C, Goulet EDB. Half-marathon running performance is not improved by a rate of fluid intake above that dictated by thirst sensation in trained distance runners. *Eur J Appl Physiol*. 2013; 113(12):3011-20.
 34. Bigard AX, Sanchez H, Claveyrolas G, Martin S, Thimonier B, Arnaud MJ. Effects of dehydration and rehydration on EMG changes during fatiguing contractions. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33(10):1694-700.
 35. Costill DL, Cote R, Fink W. Muscle water and electrolytes following varied levels of dehydration in man. *J Appl Physiol*. 1976; 40(1):6-11.
 36. Bennett AF. Thermal dependence of muscle function. *Am J Physiol* 1984; 247(2 Pt 2):R217-R229.
 37. Evetovich TK, Boyd JC, Drake SM, Eschbach LC, Magal M, Soukup JT, et al. Effect of moderate dehydration on torque, electromyography, and mechanomyography. *Muscle Nerve*. 2002; 26(2):225-31.
 38. Rapoport SI. Osmotic opening of the blood-brain barrier: Principles, mechanism, and therapeutic applications. *Cell Mol Neurobiol*. 2000; 20(2):217-30.
 39. Boulant JA, Silva NL. Neuronal sensitivities in preoptic tissue slices: Interactions among homeostatic systems. *Brain Res Bull*. 1988; 20(6):871-8.
 40. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol*. 1992; 72(5):1631-48.
 41. Barley OR, Chapman DW, Blazeovich AJ, Abbiss CR. Acute dehydration impairs endurance without modulating neuromuscular function. *Front Physiol*. 2018; 9:1562.
 42. Ely BR, Sollanek KJ, Cheuvront SN, Lieberman HR, Kenefick RW. Hypohydration and acute thermal stress affect mood state but not cognition or dynamic postural balance. *Eur J Appl Physiol*. 2013; 113(4):1027-34.
 43. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34(11):1801-32.
 44. Convertino VA, Armstrong LE, Coyle EF, Mack GW, Sawka MN, Senay Jr LC, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 1996; 28(1):i-vii.
 45. Gigou PY, Lamontagne-Lacasse M, Goulet EDB. Meta-analysis of the effects of pre-exercise hypohydration on endurance performance, lactate threshold and VO₂max. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(5):361-2.
 46. Casa DJ, Stearns RL, Lopez RM, Ganio MS, McDermott BP, Yeargin SW, et al. Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. *J Athl Train*. 2010; 45(2):147-56.
 47. Eric DB Goulet. Dehydration and endurance performance in competitive athletes. *Nutr Rev*. 2012; 70(2):S132-S136.
 48. Montain SJ, Smith SA, Mattot RP, Zientara GP, Jolesz FA, Sawka MN. Hypohydration effects on skeletal muscle performance and metabolism: a 31P-MRS study. *J Appl Physiol*. 1998; 84(6):1889-94.
 49. Evans GH, James LJ, Shirreffs SM, Maughan RJ. Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *J Appl Physiol*. 2017; 122(4): 945-51.
 50. Orrù S, Imperlini E, Nigro E, Alfieri A, Cevenini A, Polito R, et al. Role of functional beverages on Sport Performance and Recovery. *Nutrients*. 2018; 10(10):1470.