

Tim Podlogar



Pregled literature: Kako se hidrirati, da preprečimo padec zmogljivosti in nastanek z vadbo povezane hiponatremije

Izvleček

V zadnjih nekaj desetletjih je prevladalo mnenje, da izguba telesne mase, večja od 2 % kot posledica hipohidracije, negativno vpliva na zmogljivost. Opažanja iz športnih prireditev kažejo, da velik delež športnikov v cilj pride tudi do 10 % lažjih, ne da bi imeli vidne znake zmanjšanja zmogljivosti in/ali vročinskega stresa. Novejše raziskave kažejo, da človek večjo hipohidracijo (≤ -4 % spremembe telesne mase) dobro tolerira in ta ne zmanjša posameznikove zmogljivosti v primeru, da ne čuti žeje in pije ad-libitum. Priporočila vadečim morajo biti takšna, da preprečijo nastanek nevarne hiponatremije in drastične hipohidracije. Videti je, da je pitje ad-libitum zadostno v primeru, ko ima posameznik ves čas na voljo tekočino in ko okoljski vročinski stres ni previsok. V nasprotnem primeru se priporoča uporabo osebnega hidracijskega načrta. Dodatek elektrolitov najbrž nima vpliva na zmogljivost, a je priporočljiv za tiste, katerih znoj vsebuje veliko elektrolitov, ter osebe, ki imajo poslabšan občutek žeje.

Ključne besede: hipohidracija, dehidracija, žeja, hiponatremija, športna zmogljivost.



Foto: <http://i.huffpost.com/gen/2660490/images/o-DRINKING-WATER-HYDRATION-facebook.jpg>

Literature review: how to hydrate during exercise in order to prevent performance decrease and exercise associated hyponatremia

Abstract

Over the past few decades a notion that a loss of at least 2% of body weight, as a result of hypohydration, impairs exercise performance has been established, although observations from real sports events show that a large number of very good athletes finish lighter by as much as 10% without indices of deterioration of performance and/or heat stress. More recent research shows that larger hypohydration ($\leq -4\%$ BW) is well tolerated by humans and it does not impair performance provided that one is not thirsty and drinks ad-libitum. Hydration recommendation need to prevent dangerous hyponatremia and drastic reductions in body weight as a result of hypohydration. It appears that ad-libitum drinking strategy is sufficient for events where fluids are available at all times and when the heat stress is not too high, whereas in cases these criteria are not met, use of personalised hydration plan is recommended. Addition of electrolytes appears not to affect performance but is recommended for those with high electrolyte concentrations in the sweat and those whose thirst sensation is impaired.

Keywords: hypohydration, dehydration, thirst, hyponatremia, exercise performance.

■ Uvod

Voda predstavlja približno 60 % skupne telesne mase povprečnega odraslega in variira v razponu 45–75 % v odvisnosti od sestave telesa, spola ter starosti (Altman, 1961). Voda je porazdeljena v znotrajcelične in zunajcelične prostore, pri čemer znotrajcelični prostor predstavlja nekoliko večji delež (Baker in Jeukendrup, 2014).

Sprememba količine vode v telesu predstavlja možnost za motnjo homeostaze in posledične motnje delovanja človeškega organizma, predvsem termoregulatornih mehanizmov in delovanja krvotoknega sistema. Dejstvo je, da zmanjšana prostornina krvne plazme vodi v zmanjšanje utripne prostornine srca ter posledičnega zvišanja frekvence srca. Lahko se zmanjša tudi dovod krvi do mišic in/ali kože, s čimer se zmanjša zmožnost opravljanja dela ali omeji odvajanje toplote, kar lahko vodi v povišanje temperature telesnega jedra. Podrobnejše informacije bralec lahko najde v drugih pregledih raziskav (González-Alonso, Crandall in Johnson, 2008; Nybo, Rasmussen in Sawka, 2014; Sawka idr., 2007).

Zaradi telesne aktivnosti ali različnih okoljskih dejavnikov lahko pride do dviga temperature telesnega jedra. Človek odvečno toploto izgublja predvsem z izločanjem znoja, ki na površini kože izhlapi, s čimer telo izgublja odvečno toploto in znižuje vročinski stres, ki v določenem trenutku deluje na telo. Zaradi znojenja telo izgublja vodo, kar vodi v hipohidracijo. Stopnja znojenja med aktivnostjo, ki poteka v okolju, ko telo z mišičnim delom proizvede več toplote, kot jo je potrebno za ohranjanje normalne temperature jedra, se razlikuje od posameznikovih značilnosti in z ozirom na intenzivnost, trajanje, aklimatizacijo, na vročino, višino in okoljske razmere (temperatura, vlaga, hitrost gibanja zraka ...) in se pri večini giblje v razponu od 0,3 do 2,4 litra na uro (Sawka idr., 2007).

Človek se na motnje balance vode odzove z občutkom žeje, ki predstavlja dražljaj za vnos tekočine v telo. Spremembe balance vode zaznavajo osmoreceptorji v hipotalamusu in arterijski baroreceptorji, že majhne spremembe v osmotskem pritisku (1–2 %) pa imajo sposobnost vzdraženja občutka za žejo (McKinley in Johnson, 2004). Žeja se običajno pojavi, ko osmolalnost plazme preseže vrednost 288 mOsmol/kg H₂O (Verbalis, 2003), kar pa je sicer še vedno v normalnem fiziološkem območju 275–295 mOsmol/kg H₂O, a je potrebno poudariti,

da ta meja ni enotna pri vseh posameznikih, kar velja tako za občutek žeje kot za sproščanje antiidiuretičnega hormona (Robertson idr., 1984). Na drugi strani baroreceptorji stimulirajo žejo, ko se prostornina plazme zmanjša za 10–15 % (Verbalis, 2003). Eksperimentalne študije sicer nedvomno kažejo, da posameznik, v kolikor pije po občutku žeje (*ad libitum*), nepopolno nadomesti izgubljeno tekočino, čemur pravimo tudi prostovoljna hipohidracija (»voluntary hypohydration«) (Cheuvront in Haymes, 2001), ki pa ni prisotna v času, ko posameznik ni telesno aktiven (Baker in Jeukendrup, 2014). Raziskave kažejo, da imajo starostniki lahko motnje pri zaznavi hipohidracije med telesno aktivnostjo (Leaf, 1984; Phillips, Bretherton, Johnston in Gray, 1991) in žejo občutijo kasneje.

Cilj tega prispevka je najprej ovrednotiti trenutno znanje o hidraciji med telesno aktivnostjo; ugotoviti, če obstajajo dokazi za spremembo dogmatičnih trditev s področja hidracije, in na koncu podati na podlagi zadnjih raziskav temeljujoče smernice o hidraciji med telesno aktivnostjo. Članek se ukvarja tudi z vprašanjem preprečevanja z vadbo povezane hiponatremije, športnikovo zmogljivostjo ter novejšimi idejami, da je žeja zadosten dražljaj za vnos tekočin in da kljub določeni stopnji hipohidracije ne predstavlja tveganja za padec zmogljivosti ali vzpostavitev nevarnega temperaturnega neravnovesja v telesu.

■ Razprava

O pomembnosti hidracije se govori že desetletja. Ene izmed prvih objavljenih smernic priprave na tekaško prireditev, ki so vključevale tudi hidracijo („American College of Sports Medicine position stand on prevention of thermal injuries during distance running“, 1984), so tekačem narekovale redno pitje (100–200 ml vsake 2–3 kilometrov) z namenom preprečitve hipohidracije in posledičnega vročinskega stresa. Smernice American College of Sports Medicine (v nadaljevanju ACSM) so se skozi čas dopolnjevale (Convertino idr., 1996; Sawka idr., 2007), v zadnjih se priporoča, da vadeči stremi k temu, da ne izgubi več kot 2 % telesne mase, saj naj bi večja hipohidracija pomenila padec zmogljivosti. Vendarle pa zaradi problema hiponatremije tekačem na maratonih priporočajo pitje *ad libitum* (po občutku, z ozirom na občutek žeje) oziroma 0,4–0,8 l/h, višji vnos pa priporočajo težjim in večjim tekačem

v toplem vremenu in lažjim tekačem, ki tekmujejo v hladnem okolju. Nekoliko drugače priporočajo smernice Mednarodne zveze maratonskih medicinskih direktorjev (»International Marathon Medical Directors Association«) (Noakes, 2002). Te priporočajo pitje *ad libitum* ne glede na odstotek izgubljene telesne mase zaradi izgube vode.

V starejši svetovni športni literaturi je prevladovalo mnenje, da je potrebno izgubo telesne mase zmanjšati na < 2 %. Takšen pogled je prevzela tudi večina slovenskih avtorjev (Dervišević in Vidmar, 2011; Rotovnik Kozjek, 2004). Dervišević in Vidmar (2011) navajata celo, da obstaja linearna povezanost med hidracijo in športno zmogljivostjo, v kateri 2 % izguba telesne mase pomeni že 20 % zmanjšano zmogljivost.

Metode določanja stopnje hidriranosti

Najenostavnejša in največkrat uporabljena metoda določanja statusa hidriranosti je odklon telesne mase od osnovnih vrednosti, pri čemer o hipohidraciji (dehidraciji) govorimo, kadar je telesna masa nižja od običajne (stanja evhidriranosti), o hiperhidraciji pa, kadar je telesna masa višja od stanja evhidriranosti. Četudi ima ta metoda pomanjkljivosti (obrazložene kasneje), se zaradi enostavnosti najpogosteje uporablja in bo uporabljena tudi v nadaljevanju tega prispevka, torej odstotek hipohidriranosti pomeni odstotek zmanjšanja telesne mase, 1 g izgube telesne mase pomeni 1 ml izgubljene vode iz telesa.

Med športno aktivnostjo se porablja glikogen, s porabo katerega se »sprosti« tudi voda, ki se veže ob shrambi le tega in te ni zanemarljivo malo – z vsakim gramom glikogena se veže 3–4 grame vode (Olsson in Saltin, 1970). Poleg tega med oksidacijo maščob, ogljikovih hidratov in beljakovin nastaja voda, ki se »sprosti« v krvni obtok, del izgube telesne mase pa je tudi posledica porabe energije (maščobne in glikogenske zaloge) (Maughan, Shirreffs in Leiper, 2007). Merjenje spremembe telesne mase pred in po aktivnosti, navadno uporabljena metoda za merjenje hidriranosti, teh sprememb ni sposobna zaznati, zato ni najbolj natančna metoda za določanje stopnje hidriranosti, kar kažejo tudi raziskave iz športnega okolja, ki dokazujejo, da je sprememba količine vode v telesu znatno manjša od izgube telesne mase (Nolte, Noakes in van Vuuren, 2011; Tam, Nolte in Noakes, 2011).

Ob že omenjeni metodi tehtanja obstajajo še druge metode, ki so sicer manj praktične ali dostopne, a bolj natančne. Najzanesljivejši in natančni sta metodi merjenja osmolalnosti krvne plazme oziroma seruma in merjenje količine vode v telesu (najmanj praktična metoda), medtem ko sta merjenje specifične teže ter osmolalnosti urina neinvazivni in bolj praktični metodi, a nista sposobni meriti akutnega stanja hidriranosti (Sawka idr., 2007). V športu se kljub vsem pomanjkljivostim najpogosteje uporablja metoda tehtanja, saj je najenostavnejša in za potrebe športa dovolj natančna (za potrebe raziskav je metoda zaradi pomanjkljivosti najbrž premalo natančna), v profesionalnih športnih ekipah pa je poleg tehtanja vedno bolj pogosta uporaba prenosnih osmometrov za analizo urina.

Zgodovinski pregled raziskav

Vpliv hipohidracije v primerjavi z evhidracijo na zmogljivost so začeli preučevati že v prvi polovici 20. stoletja, predvsem za potrebe ameriške vojske. Do sredine prve polovice dvajsetega stoletja je sicer veljalo prepričanje, da so tisti, ki med vadbo pijejo, šibki in neprimerni. Ena izmed prvih študij je preučevala temperaturo telesnega jedra in nekatere ostale fiziološke parametre v treh scenarijih – s pitjem, ki nadomešča izgubljeno tekočino, pitjem *ad libitum* (približno dvotretjinsko nadomeščanje) in brez pitja. Temperatura jedra je v primeru, ko tekočina ni bila popolnoma nadomeščena, med vadbo počasi, a vztrajno naraščala in na koncu dosegla nevarno visoke vrednosti. Avtorji zaključijo, da je najboljša zmogljivost človeka v vročini v primeru, ko sproti nadomešča vso izgubljeno tekočino sproti da dodatek soli ni potreben in da ima dodatek ogljikovih hidratov (OH-jev) ali zelo majhen ali nikakršen vpliv na zmogljivost (Pitts, Johnson in Consolazio, 1944).

Kasneje so raziskovalci dveh različnih laboratorijev ugotovili, da obstaja povezanost med stopnjo hipohidracije in telesno zmogljivostjo (Craig in Cummings, 1966; Pichan, Gauttam, Tomar in Bajaj, 1988). Ti dve raziskavi po vsej verjetnosti predstavljata temelj teoriji o obstoju linearne povezanosti med stopnjo hidriranosti in zmogljivostjo. Četudi so bili rezultati precej jasni, ima metodologija obeh raziskav velike pomanjkljivosti. Pred začetkom aktivnosti so morali udeleženci v poskusih hipohidriranosti sedeti v vročem okolju brez možnosti pitja, vse dokler niso izgubili želene telesne mase. Temu je sledila vadba do utrujenosti, čas do nje pa predstavljal zmogljivost. Ude-

leženci so tako v vročini presedeli različno časovno obdobje, obenem pa ni jasno, če so ob tem čutili žejo ali ne. Poleg tega velja pripomniti, da takšen način hipohidracije ni podoben telesni aktivnosti, saj med slednjo pride do porabe energije in sprostitve določene količine vode iz glikogena, iz česar bi lahko sklepali, da odstotek hipohidriranosti ni najbolj reprezentativen za primere športa.

Skozi leta je bilo narejenih mnogo študij, ki so preučevale vpliv hipohidriranosti na različne telesne funkcije in pri katerih so merili zmogljivost. V Tabeli 1 so predstavljene klasične študije, ki kažejo, da hipohidriranost poslabša športni rezultat, in so navadno citirane s strani strokovnjakov, ki trdijo, da hipohidracija, večja od 2 %, poslabša športnikovo zmogljivost.

Rezultati študij so jasni. Pitje tekočin med vadbo v vročini in toplem okolju izboljša zmogljivost ter pomaga ohranjati temperaturo jedra v običajnih vrednostih. Iz rezultatov teh študij se je razvila tudi teza, ki pravi, da 2 % dehidracija poslabša športnikovo zmogljivost. V kolikor upoštevamo te rezultate, lahko nedvomno potrdimo, da ta teza drži.

Četudi so rezultati izredno jasni, se nekateri sprašujejo o kvaliteti izvedenih študij (Sawka in Noakes, 2007), saj je večina študij uporabljala nerealne protokole dehidracije (odvajala, večurna izpostavljenost vročini); udeležencem v večini primerov ni dovoljevala pitja v eksperimentalnem poskusu (v scenarijih hipohidracije); ni upoštevala subjektivnega občutka žeje in morebitnega padca zmogljivosti zaradi vplivov slednjega; vadba je potekala v nerealnih laboratorijskih pogojih s slabim zračenjem v ekstremnih temperaturnih pogojih; nobena izmed študij ni bila »slepa« študija in tako ni mogoče izključiti vpliva placeba; če naštejemo le glavne pomisleke. Upoštevajoč vse te pomisleke, lahko še vedno zaključimo, da je pitje med vadbo nujno predvsem v toplem in vročem okolju. Z ozirom na vse pomanjkljivosti bi lahko sicer postavili hipotezo in pozvali k nadaljnjim raziskavam, a težko bi zaključili, da predstavlja hipohidracija, večja od 2 %, tveganje za padec zmogljivosti in nevaren dvig temperature telesnega jedra, saj imajo eksperimentalni pogoji v navedenih raziskavah preveč pomanjkljivosti in razlik v primerjavi z realnimi pogoji, sploh z ozirom na observativne študije iz športnih prireditev. Podatki o izgubi telesne mase na tekaških maratonih, ultramaratonih in triatletskih tekmovanjih

(Hoffman, Hew-Butler in Stuempfle, 2013; Sharwood, Collins, Goedecke, Wilson in Noakes, 2004, 2002; Traiperm, Gatterer in Burtcher, 2013; Zouhal idr., 2011) kažejo, da športniki tekmovanja končajo tudi 4–10 % lažji, večina izmed teh raziskav pa pokaže celo obratno odvisnost od časa maratona in izgubo telesne mase. Prav tako študije, ki so preučevale temperaturo telesnega jedra, ne ugotavljajo povezanosti med stopnjo izgube telesne mase in temperaturo jedra. A ker iz asociacij ne smemo sklepati o vzročnosti, lahko iz teh študij zaključimo le, da: a) veliko število športnikov v cilj priteče močno hipohidriranih in brez stranskih učinkov, o katerih so poročale zgoraj navedene eksperimentalne študije in b) ali bi bili športniki še hitrejši, če bi pili več in je zato potrebno javnost ozavestiti o pomembnosti pitja, ali pa da obstaja razlika med realnim športnim okoljem in laboratorijskim ter da laboratorijske študije niso nujno veljavne. Eden glavnih očitkov pravi, da je vadba do utrujenosti, ki se jo navadno uporablja v raziskavah, drugačna od vadbe na vnaprej določeni razdalji (Mündel, 2011).

A ni le zmogljivost tista, ki vzbuja skrb, temveč tudi višja temperatura telesnega jedra, ki se pojavi zaradi zmanjšane stopnje znojenja kot posledice velike hipohidracije, kar potrjujejo mnoge študije. Zaradi spoznanj, da je temperatura jedra višja med aktivnostjo, ki poteka v stanju večje hipohidriranosti, se je sklepalo, da dehidracija predstavlja tudi veliko tveganje za razvoj vročinskega stresa. Zaradi medicinske etike ta sklep eksperimentalno najbrž ne bo nikdar potrjen. Hipotezo na nek način sicer potrjujejo observativne raziskave, ki kažejo, da je velik delež hospitaliziranih zaradi vročinskega stresa tudi hipohidriranih (povišana osmolalnost seruma) (Carter idr., 2005). Četudi se na prvi pogled zdi, da ti podatki potrjujejo hipotezo, iz asociacije ne moremo in ne smemo sklepati o vzročnosti. Podatki neke druge raziskave ponudijo nekaj več informacij o etiologiji pojavnosti vročinskega stresa, in sicer da je večina primerov vročinskega stresa nastala spomladi, ko ljudje še niso prilagojeni na vročino; da je pojavnost večja pri debelih in tistih slabše kondicijsko pripravljenih; da do stresa pride v prvem delu aktivnosti, ko bi bil potencialen vpliv hipohidracije še relativno majhen ter da je prevelika motiviranost lahko eden izmed vzrokov (Epstein, Moran, Shapiro, Sohar in Shemer, 1999). Iz teh podatkov gre tako sklepati, da je relativna intenzivnost aktivnosti pomemben dejavnik za razvoj

Tabela 1: Pregled klasičnih študij, ki potrjujejo, da hipohidracija negativno vpliva na zmogljivost

Raziskava	Protokol	Ugotovitev
(Barr, Costill in Fink, 1991)	6 urna aktivnost pri intenzivnosti 55 % VO_{2max} . Dvakrat s pitjem, ki je nadomeščalo izgubo tekočine (voda ali voda z dodatkom soli), in enkrat brez vnosa tekočin.	Aktivnost so morali vadeči med protokolom, ki ni dovoljeval vnosa vode, prekiniti 1,5 ure pred dopolnitvijo šestih ur in ob tem izgubili 6,4 % telesne mase.
(Below, Mora-Rodríguez, González-Alonso in Coyle, 1995)	50 minut aktivnosti pri 80% VO_{2max} , sledil je test do utrujenosti pri višji intenzivnosti. Zaužili so 1330 ml 6 % OH napitka ali iste količine vode ali le 200 ml vode.	Najhitreje so se odrezali v protokolu, kjer so pili vodo z dodatkom OH-jev, slabše samo s 1330 ml vode in najslabše z le 200 ml vode.
(Cheuvront, Carter, Castellani in Sawka, 2005)	Udeležence so najprej hipohidrirali, da so izgubili 3 % telesne mase ob izpostavljenosti vročini, sledila je 30 minutna dirka na čas. Rezultati so bili primerjani s protokolom, kjer so bili udeleženci evhidrirani in predhodno niso bili izpostavljeni vročini.	Hipohidracija je poslabšala zmogljivost.
(Fallowfield, Williams, Booth, Choo in Growns, 1996)	70 % VO_{2max} do utrujenosti. Enkrat brez dostopa do vode in enkrat z vnosom 3 ml/kg TM tik pred začetkom in potem vsakih 15 minut še 2 ml/kg TM.	Pitje je izboljšalo zmogljivost.
(McConell, Burge, Skinner in Hargreaves, 1997)	2 uri vadbe pri 70 % VO_{2max} , sledil je napor do utrujenosti pri 90 % VO_{2max} , enkrat s pitjem, ki preprečuje izgubo telesne mase, enkrat s polovičnim nadomeščanjem tekočine in tretjič brez tekočine.	Več nadomeščene tekočine, boljša zmogljivost.
(Saltin, 1964)	3 različni tipi dehidracije (vadba pri 36–38,5°C ali 17–20 °C ali brez vadbe v savni). Trajanje dehidracije je bilo različno (2,5–4 h). Vsem protokolom je sledilo 1,5 ure počitka brez pitja in potem test zmogljivosti. Rezultate so primerjali z rezultati testa, ko so nadomeščali vso izgubljeno tekočino.	Dehidracija zmanjša zmogljivost ne glede na tip dehidracije.
(Ladell, 1955)	Primerjava zmogljivosti brez pitja in s pitjem, ki nadomešča izgubo tekočine.	Protokol, ki je omogočal pitje, je bil superioren.
(Walsh, Noakes, Hawley in Dennis, 1994)	60 minut vadbe pri 70 % VO_{2max} , potem sprint na 90 % VO_{2max} do utrujenosti. En poskus brez pitja, drug s pitjem, in sicer 400 ml pred aktivnostjo in vsakih 10 minut 120 ml.	Že 1,8 % dehidracija zmanjša zmogljivost.
(Armstrong, Costill in Fink, 1985)	Udeleženci so bili dehidrirani z diuretiki. Primerjava zmogljivosti med dehidriranim stanjem in stanjem evhidriranosti.	Dehidriranost zmanjša zmogljivost.
(Wästerlund, Chaseling in Burström, 2004)	Primerjava delovne sposobnosti koscev med protokolom, ko so pili 0,17 l oziroma 0,6 l vsake pol ure.	Tisti z nižjim vnosom so potrebovali več časa, da so opravili zadano delo.
(Mudambo, Leese in Rennie, 1997)	16 km hoja, pitje 400 ml vsakih 20 minut ali brez pitja.	Protokol brez pitja je zmanjšal zmogljivost.
(Smith, Dyson, Hale, Harrison in McManus, 2000)	Predhodna dehidracija boksarjev za 3–4 % oziroma brez dehidracije. Test zmogljivosti v boksu.	Dehidracija je pri večini poslabšala rezultate testov.
(Ali in Williams, 2013)	90 minut nogometne vadbe z rehidracijo (5 ml/kg TM pred in 2 ml/kg TM vsakih 15 minut) ali brez vnosa tekočin.	Protokol, ki je omogočal pitje, je prinesel boljše rezultate.

vročinskega stresa, saj nenazadnje pri večji intenzivnosti nastaja več toplote, znojenje pa je posledično večje, kar se odraža v večji izgubi telesne mase in tako vročinskega stresa ne moremo pripisati (le) hipohidraciji.

2 % hipohidracija ne zmanjša športnikove zmogljivosti

Nedavno je bilo objavljenih kar nekaj študij, ki kažejo, da 2 % dehidracija ne poslabša športnikove zmogljivosti. Študije se od prej

omenjenih razlikujejo predvsem po bolj napredni metodologiji, kar dela rezultate veljavnejše in verodostojnejše ter omogoča izločitev določenih dejavnikov, ki bi lahko poleg samega stanja hidriranosti vplivali na zmogljivost.

Avstralska raziskovalna ekipa pod vodstvom Laursena (Wall idr., 2013) je kot prva izpolnila pogoj sleposti študije in preučevala razlike v zmogljivosti kolesarjev pri 0 %, 2 % in 3 % hipohidraciji. Rezultati jasno kažejo, da niti dvoodstotna niti triodstotna hipohidracija ne zmanjšata športnikove zmogljivosti. Udeležencem raziskave so med prvim testiranjem izmerili stopnjo potenja, čemur so v naslednjih dneh sledila še tri eksperimentalna testiranja, v katerih so udeleženci zmogljivost na 25 km dolgi simulirani kolesarski dirki na čas preverjali v evhidriranem, 2 % in 3 % dehidriranem stanju. V prvem delu testiranja so vadili v vročini in postali 3 % hipohidrirani. Sledilo je obdobje rehidracije, ki je bila izvedena intravenozno in prikrito udeležencem tako, da niso mogli ugotoviti, do kakšne stopnje hidriranosti so jih rehidrirali (randomizacija časa rehidracije, mrzel obkladek na mestu infuzije in očem skrita vrečka z rehidracijsko tekočino). Po standardiziranem obroku je sledila 25 km simulirana dirka na čas, med katero so na podlagi podatkov iz uvodnega testiranja stopnje potenja nadaljevali z intravenozno rehidracijo (merjenci zopet niso vedeli, koliko tekočine so dobili). Rezultati so pokazali, da razlik med vsemi tremi protokoli z ozirom na zmogljivost ni bilo. Občutek napora ali žeje je bil prav tako enak. Temperatura jedra je bila značilno višja le v 3 % dehidriranem stanju v primerjavi z evhidriranim stanjem, a je bila še vedno v območju normalnih vrednosti. Višina srčnega utripa se med protokoli ni razlikovala. Ta študija najbrž kot prva kaže, da 2 % hipohidracija nima negativnega vpliva na zmogljivost, negativni učinki pa niso vidni niti pri treh odstotkih hipohidriranosti.

V Kanadi so delo Walla in sodelavcev (2013) nadgradili (Cheung idr., 2015) v študiji, kjer so poskušali ugotoviti, kakšen vpliv ima občutek žeje na zmogljivost, saj prejšnja študija tega ni bila sposobna ugotoviti. Udeleženci so bili testirani štirikrat – v stanju dehidriranosti (2–3 %) z občutkom žeje in brez ter v stanju evhidriranosti z občutkom žeje in brez. Udeleženci so, tako kot v predhodno omenjeni raziskavi, intravenozno nadomeščali izgubljeno tekočino glede na eksperimentalni scenarij in imeli hkrati možnost, da namočijo usta s tekočino, segreto na laboratorijsko temperaturo (35°C), da potešijo žejo oziroma te možnosti niso imeli (nepotešena žeja). Razlik v zmogljivosti med vsemi štirimi protokoli ni bilo, s čimer se potrjuje teza, da 2 % dehidracija kot takšna ne zmanjša športnikove zmogljivosti. Zanimivo, občutek žeje ni imel nobe-

nega vpliva na zmogljivost, kar je lahko posledica več dejavnikov. Najverjetnejši je verjetno dejstvo, da tekočine niso pogoltnili, zato določeni receptorji niso bili vzdraženi. Požiranje vode namreč inhibira občutek žeje (Baker in Jeukendrup, 2014).

V zadnjem obdobju je bilo objavljenih tudi več raziskav, ki so preučevale pitje *ad libitum* in ga primerjale s pitjem, ki nadomešča izgube. Rezultati vseh novejših študij kažejo, da se športnikova zmogljivost ne zmanjša, v kolikor se športnik sam odloča, kdaj in koliko bo pil v primerjavi s pitjem, ki preprečuje, da pride do hipohidracije, ki je večja tudi od 2 % izgube telesne mase (Cheung idr., 2015; Dion, Savoye, Asselin, Garipey in Goulet, 2013; Dugas, Oosthuizen, Tucker in Noakes, 2009; Lee idr., 2014; Lopez idr., 2016; Wall idr., 2013). Nedavno opravljena meta-analiza (Goulet, 2011) ugotavlja, da dehidracija zmanjša športnikovo zmogljivost le v primeru, da športnik občuti žejo, kar potrjuje tudi še novejša meta analiza (Goulet, 2013), ki dokazuje, da manj kot 4 % izguba vode v telesu z upoštevanjem žeje ne poslabša športnikove zmogljivosti, v kolikor vadba poteka v običajnem športnem oziroma laboratorijskem okolju, v katerih pogoji ter potek aktivnosti ustrezno replicirajo resnično športno okolje.

Videti je torej, da je žeja, četudi se pojavi ob precejšnji hipohidraciji, dovoljšen dražljaj za vnos tekočine med večino telesnih aktivnostih.

Problem zastrupitve z vodo

V zadnjih desetletjih je v znanstveni literaturi viden porast poročil o hiponatremiji, ki ima lahko tudi smrten izid (Hew-butler idr., 2015; Myers in Hoffman, 2015). Pojav so poimenovali z *vadbo povezana hiponatremija* (»exercise associated hyponatremia«), o razlogih zanj pa se je v zadnjih letih večkrat razpravljalo. Trenutna definicija pravi, da je to pojav, ko koncentracija natrija v serumu ali plazmi pade pod 135 mmol/l (Hew-Butler idr., 2008). Simp-tomi med drugim vključujejo glavobol, bruhanje, zmedenost ter izgubo zavesti, razlog pa je navadno v otekanju možganov (Hew-butler idr., 2015). Glavobol je sicer lahko tudi posledica hipohidracije (Shirreffs, Merson, Fraser in Archer, 2004). Sprva so trdili, da je za pojav odgovorna rehidracija s tekočino, ki ne vsebuje elektrolitov. Ta pogled je prevladal tudi v slovenskem prostoru (Dervišević in Vidmar, 2011; Rotovnik Kozjek, 2004). A zadnji kon-

senz znanstvenikov (Hew-butler idr., 2015) ugotavlja, da ta trditev ni popolna in da je glavni razlog za ta pojav prevelik vnos hipotoničnih tekočin z ozirom na osmotsko aktiven natrij v kombinaciji z neosmotsko sekrecijo antidiuretičnega hormona (Hew-butler idr., 2015). Glavni dejavniki, ki botrujejo k nastanku hiponatremije, so predstavljeni v Tabeli 2.

Tabela 2: Dejavniki, ki prispevajo k pojavnosti z vadbo povezane hiponatremije (Hew-Butler idr., 2008)

■ Prevelik vnos vode, športnih napitkov in ostalih hipotoničnih napitkov
■ Pridobivanje telesne mase med vadbo
■ Trajanje aktivnosti > 4 ure
■ Neizkušenosť in nepripravljenost na tekmovanje
■ Počasen tek oziroma ritem
■ Visok ali nizek ITM
■ Velika dostopnost tekočin med vadbo

Izguba soli

Znoj vsebuje manj natrija kot kri (~40 mmol/l; razpon: 15–90 mmol/l) (Baker, Stofan, Hamilton in Horswill, 2009), zato krvna plazma zaradi potenja postaja hipertonična. Količina natrija v znoju pa je odvisna od mnogih dejavnikov. Adaptacija na vročino lahko zmanjša količino NaCl v znoju za več kot 50 % (Allan in Wilson, 1971). Eksperimentalni podatki kažejo, da imajo ljudje, ki uživajo v svoji vsakodnevni prehrani več soli, tudi v znoju večjo koncentracijo soli, tisti z nižjim vnosom pa manj (Hargreaves, Morgan, Snow in Guerin, 1989). Prilagoditev je vidna že po enem samem dnevu spremenjenega vnosa soli (Armstrong, Costill, Fink idr., 1985). Poleg tega, bolj kot smo dehidrirani, večja bo izguba natrija (Morgan, Patterson in Nimmo, 2004).

V javnosti velikokrat slišimo, da je potrebno med vadbo piti izotonične napitke, saj »z njimi nadomeščamo izgubljeno sol«, poleg tega naj bi takšni napitki preprečili nastanek hiponatremije. Zaradi nepoznavanja fizikalnega ozadja so takšne trditve nepopolne in zavajajoče. Četudi je večina športnih napitkov izotoničnih (Mettler, Rusch in Colombani, 2006), to ne pomeni, da vsebujejo enako natrija kakor krvna plazma, saj napitki navadno vsebujejo velik delež ogljikovih hidratov, torej osmotsko aktivnih delcev, ki ne igrajo vidne vloge tudi v krvni plazmi. Z drugimi besedami povedano, natrija (najpomembnejše soli) je v izotoničnih napitkih navadno veliko manj kot v krvni plazmi. To pomeni, da bi v hipotetičnem

scenariju, v katerem bi oseba pila tak napitek in sproti ne izgubljala tekočine, le-ta postala hiponatremična.

V praksi je situacija nekoliko spremenjena. Znoj vsebuje nižjo koncentracijo natrija kot kri, zaradi česar kri sčasoma postaja hipertonična. V kolikor bi oseba nadomeščala tekočino s koncentracijo natrija, ki je enaka znoju, v idealnem scenariju ne bi prišlo do hiponatremije. Napitki navadno vsebujejo natrij v koncentraciji, manjši od 30 mmol/l (Manthey, 2010), znoj pa pri večini nekoliko več, zato vendarle lahko pride do hiponatremije. To kažejo tudi eksperimentalni podatki raziskave, ki je primerjala hidracijo z vodo in športnim napitkom (Gatorade) in ni ugotovila razlik v osmolalnosti krvi po pitju vode ali športnega napitka (Dugas, 2006). Študija, ki je bila izvedena na starejši populaciji (Baker, Munce in Kenney, 2005), je ugotovila, da je tako pri nadomeščanju z vodo kot tudi s športnim napitkom z elektroliti (18 mmol/l NaCl) po stopnji, ki nadomešča izgubo (ohranjanje evhidriranosti) in pri nekoliko večjem vnosu (hiperhidriranost) prišlo do padca koncentracije natrija v krvi, kar na dolgi rok vodi v hiponatremijo. Podobno kažejo rezultati študije (Twerenbold idr., 2003), v kateri je bil dodatek natrija v napitku večji (30 mmol/l). Med štiriurno vadbo v hladnem okolju in nadomeščanjem tekočine po stopnji litra na uro, so udeleženci pridobili nekaj telesne mase (~1,9 kg). Dodatek soli v napitku ni preprečil padca koncentracije natrija v krvi in ob koncu so bili udeleženci hiponatremični ne glede na vrsto napitka, ki so ga uživali. Vendarle pa velja pripomniti, da je bil padec natrija občutno večji v skupini, ki je pila le vodo (-2,5 mmol/l oziroma -6,2 mmol/l).

Iz dostopnih podatkov lahko zaključimo, da dodatek soli v napitku ne bo preprečil možnosti nastanka hiponatremije, v kolikor posameznik med telesno aktivnostjo pije v količinah, ki so večje ali podobne izgubi telesne mase. Glavni razlog za to je, da je koncentracija natrija v večini napitkov veliko nižja od koncentracije v krvni plazmi ter da ima večina napitkov nižjo vsebnost natrija kot znoj. V idealnem scenariju bi tako morali vsakemu posamezniku izmeriti koncentracijo natrija v znoju in mu na podlagi tega predpisati koncentracijo natrija v športnem napitku. A tudi ta teorija ima pomanjkljivosti, saj – kot že omenjeno – količina soli v prehrani vpliva tudi na vsebnost natrija v znoju, se z višanjem dehidracije povečuje izločanje natrija v znoju in morada najpomembnejše, visoke koncentracije

solí (≥ 50 mmol/l) zmanjšajo željo po pitju (Wemple, Morocco in Mack, 1997), kar bi lahko zmanjšalo vnos tekočin in posledično večjo stopnjo hipohidriranosti.

Z ozirom na zmogljivost nedavna raziskava (Hoffman in Stuempfle, 2016) sicer ugotavlja, da dodatek soli v napitku pri dolgotrajni vadbi poveča uživanje tekočin in s tem zmanjša vodni deficit, a hkrati zaključí, da dodatek soli nima vpliva na zmogljivost. To potrjuje rezultate preteklih raziskav (Sharwood idr., 2002).

Tisti, katerih znoj vsebuje visoke koncentracije soli, naj bi v športne napitke dodajali elektrolite, s čimer bi zmanjšali izgubo le-teh (Montain, Cheuvront in Sawka, 2006). Po naših podatkih študije, ki bi ugotavljale, če višji vnos soli med vadbo poveča izločanje soli v znoju, kakor se to zgodi z vsakodnevno prehrano, ni na voljo, zato je na tem področju potrebno dodatno raziskovanje. Poleg tega ni jasno, če bi imela izpostavljenost prehrani z nizko vsebnostjo soli kot del priprav na tekmovanje pozitiven vpliv na bilanco elektrolitov med tekmovanjem.

Koliko pijejo najboljši športniki?

Pregled literature (Garth in Burke, 2013) ugotavlja, da obstajajo velike interindividualne razlike v tem, do kakšne mere športniki pridejo v cilj hipohidrirani/hiperhidrirani. Veliko vrhunskih športnikov v cilj pride hipohidriranih do stopnje, ki je višja od doslej priporočenih 2 %. Večina študij na žalost ni preučevala vrhunskih športnikov, temveč sub-vrhunske in rekreativne. Poleg tega podatki o teži pred in po tekmovanju ne morejo govoriti o učinkovitosti posameznega hidrationskega plana. Študije ugotavljajo, da najboljši tekači na maratonih pijejo nekje okoli 0,550 l (Beis, Wright-Whyte, Fudge, Noakes in Pitsiladis, 2012) oziroma 0,604 litra na uro (Stellingwerff, 2012), kar je v skladu s trenutnimi smernicami ACSM (Sawka idr., 2007) v delu, ki se nanaša na količino, a ne na odstotek izgubljene telesne mase, saj je izguba telesne mase navadno višja od 3 %. Podatki ene izmed ekip na dirki po Franciji v letu 2016 kažejo, da pridejo najboljši v cilj navadno več kot 3 % lažji (osebna korespondenca z ekipo), četudi imajo kolesarji tekočino skorajda ves čas na voljo (v primerjavi s tekači).

Glede na podatke študije (Costill in Saltin, 1974), ki je preučevala različne količine tekočine in hitrost absorpcije, je videti, da

obstaja omejitev, kolikšno količino vode je telo sposobno absorbirati, a da je ta precej visoka in znaša več kot 1500 ml/h, kar nakazuje, da je večino izgubljene tekočine možno nadomestiti. Poleg tega ista študija ugotavlja, da se absorpcija značilno upočasni, ko intenzivnost kolesarjenja preseže 70 % $\dot{V}O_{2max}$, ni pa navedeno, do kakšne mere. Upočasnjeno absorpcijo pri visokih intenzivnostih napora potrjujejo tudi ugotovitve nedavne meta-analize (Horner, Schubert, Desbrow, Byrne in King, 2015). Glede na to, da večina vrhunskih športnikov tekmuje pri intenzivnosti, višji od 70 % $\dot{V}O_{2max}$, je potrebno te okoliščine prav tako vzeti v zakup, saj zastajanje vode v prebavilih lahko povzroči gastrointestinalne motnje in z njimi povezano neprijetno občutje.

Dehidracija in mišični krči

Dehidracijo velikokrat povezujejo z nastankom mišičnih krčev in/ali pomanjkanju elektrolitov, a za to v literaturi ne obstaja trdnih dokazov. Nekateri starejši, a metodološko nepopolne študije namigujejo, da bi lahko dodatek soli v tekočini preprečil mišične krče (Talbot in Michelsen, 1932). Nasprotno, novejši eksperimentalni (Braulick, Miller, Albrecht, Tucker in Deal, 2013; Miller idr., 2010) kot tudi kohortne študije (Schwellnus, Allie, Derman in Collins, 2011; Sulzer, Schwellnus in Noakes, 2005) kažejo, da so krči najverjetneje povezani z nevrološkimi spremembami in ne hipohidracijo ali premajhnim nadomeščanjem elektrolitov (pri hipohidraciji se koncentracija elektrolitov v krvi pravzaprav poveča). Zadnja raziskava, ki je ugotavljala, kakšne so razlike med posamezniki, ki se jim krči pojavljajo, in tistimi, ki se jim ne (Hoffman in Stuempfle, 2015), je ugotovila veliko povezanost s poškodbo mišic zaradi vadbe, kar namiguje na to, da je nastanek krčev povezan s stopnjo napora. Pojavnost dehidracije ali količina nadomeščanja elektrolitov ni bila povezana z nastankom mišičnih krčev.

Osebni hidrationski načrt

Poleg pitja *ad libitum* je v športu prisotna tudi uporaba osebnega hidrationskega načrta. Ta je navadno sestavljen na podlagi meritve stopnje potenja, torej tehtanja pred vadbo in po njej ter izračuna izgube telesne mase v določenem časovnem intervalu. Na podlagi tega naj bi športnik med tekmovanjem spil toliko oziroma nekoliko manj, kolikor naj bi tekočino izgubil s tem preprečil tako visoko stopnjo hipohidracije in preprečil nastanek hiponatremije.

Nedavno objavljena raziskava je primerjala športno zmogljivost med takšnim protokolom in pitjem *ad libitum* med 20 km tekom v vročini v naravi (Lopez idr., 2016). Četudi je osebni hidracijski načrt preprečil izgubo telesne mase, večje od 2 % (1.3 %) v primerjavi z intervencijo *ad libitum* (2.6 % hipohidracija), razlik v času teka ni bilo. To potrjuje podatke nekoliko starejše, a podobne raziskave na polmaratonski razdalji (Dion idr., 2013). Žal primerjave med pitjem *ad libitum* in osebnim hidracijskim načrtom med daljšo aktivnostjo ni.

Osebnih hidracijskih načrte športniki uporabljajo predvsem na pomembnih tekmovanjih, ki potekajo v ekstremnih okoljskih pogojih in ko je vročinski stres izjemno velik z namenom, da omejijo stopnjo hipohidriranosti, navadno do okoli 5–6 % in predvsem na prireditvah, kjer je dostopnost tekočin omejena (vsakih nekaj kilometrov, odmori ...). Tako visoka stopnja hipohidriranosti je posledica visoke stopnje znojenja (navadno več kot 1,5 l/h pri vrhunskih športnikih). Priporočila o vadbi in tekmovanju v vročini (Racinais idr., 2015) sicer ugotavljajo, da novejša raziskava dokazuje, da < 4 % hipohidracija ne poslabša športnega rezultata, a hkrati priporočajo, da naj v izogib preveliki stopnji hipohidracije, ki bi nastala zaradi zelo velike stopnje potenja, in morebitnim posledicam vročinskega stresa športniki poskušajo čim bolj minimizirati izgubo telesne mase, kar je najlažje doseči z osebnim hidracijskim načrtom.

V kolikor se športnik ali športna ekipa odloči za hidracijski načrt, je potrebno upoštevati, da se stopnja znojenja spreminja glede na okoljske pogoje in da je v primeru spremembe vremena (ohladitev, bolj suh zrak, več vetra) tak načrt lahko neuporaben in predstavlja tveganje za hiponatremijo.

■ Zaključek

Smernice morajo biti sestavljene tako, da zadostijo naslednjim zahtevam:

1. Glede na dejstvo, da so si znanstveniki trenutno enotni, da je navkljub večji prevalenci hipohidracije (povišanje koncentracije natrija v serumu) v primerjavi s hiperhidracijo (padec koncentracije natrija v serumu) hiponatremija večje zdravstveno tveganje (Hew-butler idr., 2015; „Nutrition and Athletic Performance.“, 2016; Sawka idr., 2007) in zahteva takojšnje medicinsko ukrepanje ter da je najpomembnejše,

da z uporabo smernic posameznik prepreči to stanje.

2. Preprečiti je potrebno padec športne zmogljivosti ter preprečiti nastanek vročinskega stresa, ki bi lahko potencialno nastal zaradi prevelike stopnje hipohidriranosti.

Na podlagi raziskav lahko zaključimo, da:

- je nemogoče kvantificirati količine tekočine, ki naj bi jih posameznik spil med telesno vadbo, saj je stopnja potenja različna od posameznika do posameznika in se razlikuje tudi od okoljskih pogojev. Priporočljive količine bi tako predstavljale tveganje za nastanek prekomerne dehidracije, vročinskega stresa, hiponatremije in padca zmogljivosti;
- nadomeščanje tekočin ne sme presegati izgube zaradi velike možnosti nastanka hiponatremije;
- je pitje *ad libitum* zadostno v hladnem in toplem okolju (do vključno srednje stopnje tveganja za vročinski stres (Racinais idr., 2015)) v primeru, da ima športnik ves čas dostop do tekočine in da hipohidracija do < 4 % ne bo poslabšala športne zmogljivosti (Goulet, 2014; Hew-Butler, Verbalis in Noakes, 2006; Hoffman, Cotter, Goulet in Laursen, 2016; Maharam idr., 2010), poleg tega pa tak način pitja preprečuje nastanek z vadbo povezane hiponatremije,
- je v visoki vročinski izpostavljenosti (od vključno visoke stopnje tveganja za razvoj vročinskega stresa (Racinais idr., 2015)) in v primeru aktivnosti, kjer je dostop do tekočin omejen na določeno časovno (odmor, polčas ...) enoto ali razdaljo (vsakih 5 km ...), priporočljivo narediti hidracijski načrt, ki bo preprečil hipohidracijo večjo od 4–5 %,
- je dodatek elektrolitov priporočljiv predvsem za športnike z visoko stopnjo potenja in visoko koncentracijo elektrolitov v znoju ter za posameznike, ki slabo občutijo žejo (starostniki), saj dodatek soli med drugim stimulira občutek žeje, a velja poudariti, da uživanje dodatnih elektrolitov ne bo preprečilo nastanka hiponatremije v primeru prevelikega vnosa tekočin. Elektroliti v napitku naj bodo podobni koncentraciji znoja, in sicer: ~30 mmol/l (~0,69 g/l) natrija in ~5 mmol/l (~0,2 g/l) kalija.

■ Literatura

1. Ali, A. in Williams, C. (2013). Isokinetic and isometric muscle function of the knee extensors and flexors during simulated soccer activity: effect of exercise and dehydration. *Journal of sports sciences*, 31, 907–16.
2. Allan, J. R., in Wilson, C. G. (1971). Influence of acclimatization on sweat sodium concentration. *Journal of Applied Physiology*, 30, 708–712.
3. Altman, P. (1961). *Blood and other body fluids : analysis and compilation*. Washington DC: Fed. of American Societies for Experimental Biology.
4. American College of Sports Medicine position stand on prevention of thermal injuries during distance running. (1984). *Medicine and science in sports and exercise*, 16, ix–xiv.
5. Armstrong, L. E., Costill, D. L., in Fink, W. J. (1985). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 17, 456–61.
6. Armstrong, L. E., Costill, D. L., Fink, W. J., Bassett, D., Hargreaves, M., Nishibata, I., in King, D. S. (1985). Effects of dietary sodium on body and muscle potassium content during heat acclimation. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 54, 391–7.
7. Baker, L. B., in Jeukendrup, A. E. (2014). Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Comprehensive Physiology*, 4, 575–620.
8. Baker, L. B., Munce, T. A., in Kenney, W. L. (2005). Sex differences in voluntary fluid intake by older adults during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 789–796.
9. Baker, L. B., Stofan, J. R., Hamilton, A. A., in Horswill, C. A. (2009). Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 107, 887–95.
10. Barr, S. I., Costill, D. L., in Fink, W. J. (1991). Fluid replacement during prolonged exercise: effects of water, saline, or no fluid. *Medicine and science in sports and exercise*, 23, 811–7.
11. Beis, L. Y., Wright-Whyte, M., Fudge, B., Noakes, T., in Pitsiladis, Y. P. (2012). Drinking behaviors of elite male runners during marathon competition. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 22, 254–61.
12. Below, P. R., Mora-Rodríguez, R., González-Alonso, J., in Coyle, E. F. (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 27, 200–10.
13. Braulick, K. W., Miller, K. C., Albrecht, J. M., Tucker, J. M., in Deal, J. E. (2013). Significant and serious dehydration does not affect

- skeletal muscle cramp threshold frequency. *British journal of sports medicine*, 47, 710–4.
14. Carter, R., Cheuvront, S. N., Williams, J. O., Kolka, M. A., Stephenson, L. A., Sawka, M. N., in Amoroso, P. J. (2005). Epidemiology of hospitalizations and deaths from heat illness in soldiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1338–1344.
 15. Cheung, S. S., McGarr, G. W., Mallette, M. M., Wallace, P. J., Watson, C. L., Kim, I. M., in Greenway, M. J. (2015). Separate and combined effects of dehydration and thirst sensation on exercise performance in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25, 104–111.
 16. Cheuvront, S. N., Carter, R., Castellani, J. W., in Sawka, M. N. (2005). Hypohydration impairs endurance exercise performance in temperate but not cold air. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 99, 1972–6.
 17. Cheuvront, S. N., in Haymes, E. M. (2001). Ad libitum fluid intakes and thermoregulatory responses of female distance runners in three environments. *Journal of sports sciences*, 19, 845–854.
 18. Convertino, V. A., Armstrong, L. E., Coyle, E. F., Mack, G. W., Sawka, M. N., Senay, L. C., in Sherman, W. M. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*, 28, i–vii.
 19. Costill, D. L., in Saltin, B. (1974). Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *Journal of Applied Physiology*, 37.
 20. Craig, E. N., in Cummings, E. G. (1966). Dehydration and muscular work. *Journal of Applied Physiology*, 21.
 21. Dervišević, E., in Vidmar, J. (2011). Tekočina - voda in športna aktivnost. V *Vodič športne prehrane* (str. 56–64). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
 22. Dion, T., Savoie, F. A., Asselin, A., Gariépy, C., in Goulet, E. D. B. (2013). Half-marathon running performance is not improved by a rate of fluid intake above that dictated by thirst sensation in trained distance runners. *European journal of applied physiology*, 113, 3011–20.
 23. Dugas, J. P. (2006). Sodium ingestion and hyponatremia: sports drinks do not prevent a fall in serum sodium concentration during exercise. *British journal of sports medicine*, 40, 372.
 24. Dugas, J. P., Oosthuizen, U., Tucker, R., in Noakes, T. D. (2009). Rates of fluid ingestion alter pacing but not thermoregulatory responses during prolonged exercise in hot and humid conditions with appropriate convective cooling. *European journal of applied physiology*, 105, 69–80.
 25. Epstein, Y., Moran, D. S., Shapiro, Y., Sohar, E., in Shemer, J. (1999). Exertional heat stroke: a case series. *Medicine and science in sports and exercise*, 31, 224–8.
 26. Fallowfield, J. L., Williams, C., Booth, J., Choo, B. H., in Growns, S. (1996). Effect of water ingestion on endurance capacity during prolonged running. *Journal of sports sciences*, 14, 497–502.
 27. Garth, A. K., in Burke, L. M. (2013). What do athletes drink during competitive sporting activities? *Sports Medicine*, 43, 539–564.
 28. González-Alonso, J., Crandall, C. G., in Johnson, J. M. (2008). The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *The Journal of physiology*, 586, 45–53.
 29. Goulet, E. D. B. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 45, 1149–56.
 30. Goulet, E. D. B. (2013). Effect of exercise-induced dehydration on endurance performance: evaluating the impact of exercise protocols on outcomes using a meta-analytic procedure. *British journal of sports medicine*, 47, 679–86.
 31. Goulet, E. D. B. (2014). Performance effects of dehydration. V R. J. Maughan (Ur.), *Sports Nutrition* (str. 185–198). Wiley-Blackwell.
 32. Hargreaves, M., Morgan, T. O., Snow, R., in Guerin, M. (1989). Exercise tolerance in the heat on low and normal salt intakes. *Clinical Science*, 76, 553–557.
 33. Hew-Butler, T., Ayus, J. C., Kipps, C., Maughan, R. J., Mettler, S., Meeuwisse, W. H., ... Wharam, P. (2008). Statement of the Second International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, New Zealand, 2007. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 18, 111–21.
 34. Hew-butler, T., Rosner, M. H., Fowkes-godek, S., Dugas, J. P., Hoffman, M. D., Lewis, D. P., ... Verbalis, J. G. (2015). Statement of the Third International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, California, 2015. *Clinical journal of sport medicine*, 25, 303–320.
 35. Hew-Butler, T., Verbalis, J. G., in Noakes, T. D. (2006). Updated Fluid Recommendation: Position Statement From the International Marathon Medical Directors Association (IMMDA). *Clin J Sport Med*, 16, 283–292.
 36. Hoffman, M. D., Cotter, J. D., Goulet, É. D., in Laursen, P. B. (2016). VIEW: Is Drinking to Thirst Adequate to Appropriately Maintain Hydration Status During Prolonged Endurance Exercise? Yes. *Wilderness in environmental medicine*, 27, 192–5.
 37. Hoffman, M. D., Hew-Butler, T., in Stuempfle, K. J. (2013). Exercise-associated hyponatremia and hydration status in 161-km ultramarathoners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45, 784–791.
 38. Hoffman, M. D., in Stuempfle, K. J. (2015). Muscle Cramping During a 161-km Ultramarathon: Comparison of Characteristics of Those With and Without Cramping. *Sports Medicine - Open*, 1, 24.
 39. Hoffman, M. D., in Stuempfle, K. J. (2016). Is Sodium Supplementation Necessary to Avoid Dehydration During Prolonged Exercise in the Heat? *Journal of strength and conditioning research / National Strength in Conditioning Association*, 30, 615–20.
 40. Horner, K. M., Schubert, M. M., Desbrow, B., Byrne, N. M., in King, N. A. (2015). Acute Exercise and Gastric Emptying: A Meta-Analysis and Implications for Appetite Control. *Sports Medicine*, 45, 659–678.
 41. Ladell, W. (1955). The effects of water and salt intake upon the performance of men working in hot and humid environments. *Journal of Physiology*, 127, 11–46.
 42. Leaf, A. (1984). Dehydration in the Elderly. *New England Journal of Medicine*, 311, 791–792.
 43. Lee, M. J. C., Hammond, K. M., Vasdev, A., Poole, K. L., Impey, S. G., Close, G. L., in Morton, J. P. (2014). Self-selecting fluid intake while maintaining high carbohydrate availability does not impair half-marathon performance. *International journal of sports medicine*, 35, 1216–22.
 44. Lopez, R. M., Casa, D. J., Jensen, K. A., Stearns, R. L., DeMartini, J. K., Pagnotta, K. D., ... Maresch, C. M. (2016). Comparison of Two Fluid Replacement Protocols During a 20-km Trail Running Race in the Heat. *Journal of strength and conditioning research / National Strength in Conditioning Association*, 30, 2609–2616.
 45. Maharam, L. G., Siegel, A., Siegel, S., Adams, B., Pujol, P., in Lourega De Menezes, P. A. (2010). IMMDA's health recommendations for runners inamp; walkers. Pridobljeno 26. september 2016., od <http://immda.org/wp-content/uploads/2015/08/Spring-2010-Health-Recommendations-for-Runners-Walkers.pdf>
 46. Manthey, E. K. (2010). *Electrolyte (Na⁺, K⁺, Cl⁻) Concentrations in Assorted Sports Drinks and Milk*. Drake University.
 47. Maughan, R. J., Shirreffs, S. M., in Leiper, J. B. (2007). Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J Sports Sci*, 25, 797–804.
 48. McConell, G. K., Burge, C. M., Skinner, S. L., in Hargreaves, M. (1997). Influence of ingested fluid volume on physiological responses during prolonged exercise. *Acta physiologica Scandinavica*, 160, 149–56.
 49. McKinley, M. J., in Johnson, A. K. (2004). The Physiological Regulation of Thirst and Fluid Intake. *News in Physiological Sciences*, 19, 1–6.
 50. Mettler, S., Rusch, C., in Colombani, P. C. (2006). Osmolality and pH of sport and other drinks available in Switzerland. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*.
 51. Miller, K. C., Mack, G. W., Knight, K. L., Hopkins, J. T., Draper, D. O., Fields, P. J., in Hunter,

- I. (2010). Three percent hypohydration does not affect threshold frequency of electrically induced cramps. *Medicine and science in sports and exercise*, 42, 2056–63.
52. Montain, S. J., Cheuvront, S. N., in Sawka, M. N. (2006). Exercise associated hyponatraemia: quantitative analysis to understand the aetiology. *British journal of sports medicine*, 40, 98–105–105.
53. Morgan, R. M., Patterson, M. J., in Nimmo, M. A. (2004). Acute effects of dehydration on sweat composition in men during prolonged exercise in the heat. *Acta physiologica Scandinavica*, 182, 37–43.
54. Mudambo, K. S., Leese, G. P., in Rennie, M. J. (1997). Dehydration in soldiers during walking/running exercise in the heat and the effects of fluid ingestion during and after exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76, 517–24.
55. Mündel, T. (2011). To drink or not to drink? Explaining „contradictory findings“ in fluid replacement and exercise performance: evidence from a more valid model for real-life competition. *British journal of sports medicine*, 45, 2.
56. Myers, T. M., in Hoffman, M. D. (2015). Hiker Fatality From Severe Hyponatremia in Grand Canyon National Park. *Wilderness in Environmental Medicine*, 26, 1–4.
57. Noakes, T. D. (2002). IMMADA Advisory statement on guidelines for fluid replacement during marathon running. *New Studies in Athletics*, 17, 15–24.
58. Nolte, H. W., Noakes, T. D., in van Vuuren, B. (2011). Protection of total body water content and absence of hyperthermia despite 2% body mass loss (‘voluntary dehydration’) in soldiers drinking ad libitum during prolonged exercise in cool environmental conditions. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 1106–1112.
59. Nutrition and Athletic Performance. (2016). *Medicine and science in sports and exercise*, 48, 543–68.
60. Nybo, L., Rasmussen, P., in Sawka, M. N. (2014). Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Comprehensive Physiology*, 4, 657–89.
61. Olsson, K. E., in Saltin, B. (1970). Variation in total body water with muscle glycogen changes in man. *Acta physiologica Scandinavica*, 80, 11–8.
62. Phillips, P. A., Bretherton, M., Johnston, C. I., in Gray, L. (1991). Reduced osmotic thirst in healthy elderly men. *The American journal of physiology*, 261, R166–71.
63. Pichan, G., Gauttam, R. K., Tomar, O. S., in Bajaj, A. C. (1988). Effect of primary hypohydration on physical work capacity. *International journal of biometeorology*, 32, 176–80.
64. Pitts, G. C., Johnson, R. E., in Consolazio, F. C. (1944). Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. *American Journal of Physiology*.
65. Racinais, S., Alonso, J. M., Coutts, A. J., Flouris, A. D., Girard, O., Gonzalez-Alonso, J., ... Pottier, J. D. (2015). Consensus Recommendations on Training and Competing in the Heat. *Sports Medicine*, 45, 925–938.
66. Robertson, G. L., Gary, D., Robertson, L., Cohen, J. J., Harrington, J. T., Kassirer, J. P., ... Zusan, C. J. (1984). Abnormalities of thirst regulation Discussion. *Kidney International*, 25, 460–469.
67. Rotovnik Kozjek, N. (2004). Prehrana, regeneracija, dehidracija - Gradivo za inštruktorje športnega plezanja.
68. Saltin, B. (1964). Aerobic and Anaerobic Work Capacity After Dehydration. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 19, 1114–1118.
69. Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., in Stachenfeld, N. S. (2007). Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 377–390.
70. Sawka, M. N., in Noakes, T. D. (2007). Does dehydration impair exercise performance? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1209–1217.
71. Schwellnus, M. P., Allie, S., Derman, W., in Collins, M. (2011). Increased running speed and pre-race muscle damage as risk factors for exercise-associated muscle cramps in a 56 km ultra-marathon: a prospective cohort study. *British journal of sports medicine*, 45, 1132–6.
72. Sharwood, K., Collins, M., Goedecke, J. H., Wilson, G., in Noakes, T. D. (2004). Weight changes, medical complications, and performance during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med*, 38, 718–724.
73. Sharwood, K., Collins, M., Goedecke, J., Wilson, G., in Noakes, T. (2002). Weight changes, sodium levels, and performance in the South African Ironman Triathlon. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 12, 391–399.
74. Shirreffs, S. M., Merson, S. J., Fraser, S. M., in Archer, D. T. (2004). The effects of fluid restriction on hydration status and subjective feelings in man. *The British journal of nutrition*, 91, 951–8.
75. Smith, M. S., Dyson, R., Hale, T., Harrison, J. H., in McManus, P. (2000). The effects in humans of rapid loss of body mass on a boxing-related task. *European journal of applied physiology*, 83, 34–9.
76. Stellingwerff, T. (2012). Case study: Nutrition and training periodization in three elite marathon runners. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22, 392–400.
77. Sulzer, N. U., Schwellnus, M. P., in Noakes, T. D. (2005). Serum electrolytes in ironman triathletes with exercise-associated muscle cramping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1081–1085.
78. Talbott, B. Y. J. H., in Michelsen, J. (1932). Heat cramps: a clinical and chemical study. *The Journal of Clinical Investigation*, 12, 533–549.
79. Tam, N., Nolte, H. W., in Noakes, T. D. (2011). Changes in Total Body Water Content During Running Races of 21.1 km and 56 km in Athletes Drinking Ad libitum, 218–225.
80. Traiperm, N., Gatterer, H., in Burtscher, M. (2013). Plasma electrolyte and hematological changes after marathon running in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45, 1182–1187.
81. Twerenbold, R., Knechtel, B., Kakebeeke, T. H., Eser, P., Müller, G., von Arx, P., ... Speedy, D. (2003). Effects of different sodium concentrations in replacement fluids during prolonged exercise in women. *British journal of sports medicine*, 37, 300–3; discussion 303.
82. Verbalis, J. G. (2003). Disorders of body water homeostasis. *Best practice in research. Clinical endocrinology in metabolism*, 17, 471–503.
83. Wall, B. A., Watson, G., Peiffer, J. J., Abbiss, C. R., Siegel, R., in Laursen, P. B. (2013). Current hydration guidelines are erroneous: dehydration does not impair exercise performance in the heat. *British journal of sports medicine*, 1–8.
84. Walsh, R. M., Noakes, T. D., Hawley, J. A., in Dennis, S. C. (1994). Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *International journal of sports medicine*, 15, 392–8.
85. Wästerlund, D. S., Chaseling, J., in Burström, L. (2004). The effect of fluid consumption on the forest workers’ performance strategy. *Applied ergonomics*, 35, 29–36.
86. Wemple, R. D., Morocco, T. S., in Mack, G. W. (1997). Influence of sodium replacement on fluid ingestion following exercise-induced dehydration. *International journal of sport nutrition*, 7, 104–16.
87. Zouhal, H., Groussard, C., Minter, G., Vincent, S., Cretual, A., Gratas-Delamarche, A., ... Noakes, T. D. (2011). Inverse relationship between percentage body weight change and finishing time in 643 forty-two-kilometre marathon runners. *British journal of sports medicine*, 45, 1101–5.

Tim Podlogar
Diplomant kineziologije
tim@kineziolog.si