

Primerjava dveh napitkov ob teku na dolge proge* Comparison of Two Isotonic Beverages Drunk During a Long-distance Run*

Mitja Lainščak**

Ključne besede
tek
pijače
telesne tekočine
izotonične raztopine
telesna teža
krvni pritisk
hematološki testi
urinska analiza

Key words
running
beverages
body fluids
isotonic solutions
body weight
body pressure
hematologic tests
urin analysis

Izvleček. Pitje tekočine ustrezne prostornine in sestave med naporom delno popravlja nenormalnosti v ravnovesju telesnih tekočin in tako izboljšuje človekovo fizično zmogljivost.

V prospektivni primerjalni raziskavi na 12 zdravih treniranih tekačih na dolge proge smo ob teku na 18 km preizkušali učinke pitja izotoničnega napitka (Izomaratonik, Krka) v primerjavi z vodo, obakrat ob enaki shemi pitja. Pitje izotoničnega napitka ustrežneje nadomešča izgubljeno tekočino ob teku na dolge proge kot pitje vode. Preiskovanci so v dveh zaporednih poskusih pretekli po 18 km in med vsakim poskusom popili 700 ml tekočine, prvič vode in drugič izotoničnega napitka. Pred tekom in po njem smo jih tehtali, jim izmerili krvni tlak leže in sede ter odvzeli vzorce krvi in seča.

Povprečna starost preiskovancev (11 moških in 1 ženska) je bila $34,9 \pm 9,1$ (povprečna vrednost \pm standardna deviacija) let, povprečna telesna višina $173,5 \pm 7,2$ cm in povprečna telesna masa $73,0 \pm 9,8$ kg. Med poskusoma ni bilo razlik v počutju in zmogljivosti preiskovancev, so pa preiskovanci boljše, čeprav ne značilno, prenašali izotonični napitek. Značilno bolj se je znižal sistolični krvni tlak, tako leže kot sede, pri pitju vode. Serumski koncentraciji natrijevega in kloridnega iona sta se značilno manj povečali pri pitju izotoničnega napitka.

Pitje izotoničnega napitka je v primerjavi s pitjem vode uravnovesilo krvni tlak in ublažilo spremembe v sestavi plazme in urina.

Abstract. Drinking adequate amounts of fluid of appropriate composition during exercise can partly normalize abnormalities in homeostasis of body fluids and improve physical performance.

The objective of this prospective comparative study was to test the effects of isotonic beverage (Izomaratonik, Krka) and water drunk during an 18 km run.

Isotonic beverage supplements fluid lost during long distance running more adequately than water.

Subjects ran 18 km in each of two consecutive trials. They drank 700 ml of water in the first trial and the same amount of isotonic beverage in the second. Before and after the run we measured their weight, blood pressure both in the sitting and supine position, and took the blood and urine samples. The study involved 11 men and one woman, all healthy and well trained long-distance runners, with a mean age of 34.9 ± 9.1 (SD) years, mean body height of 173.5 ± 7.2 (SD) cm and mean body mass of 73.0 ± 9.8 (SD) kg. No differences were found between the two beverages concerning their effects on the performance and general feeling of the runners. The subjects, however, reported better tolerance for the isotonic beverage; the difference being not significant. The decrease in the systolic blood pressure, both in the supine and sitting position, was significantly greater during the water trial. The increase in serum concentrations of sodium and chloride was significantly lesser during the isotonic beverage trial.

In conclusion, ingestion of the tested isotonic beverage stabilized blood pressure and minimized changes occurring in plasma and urine of the long-distance runners.

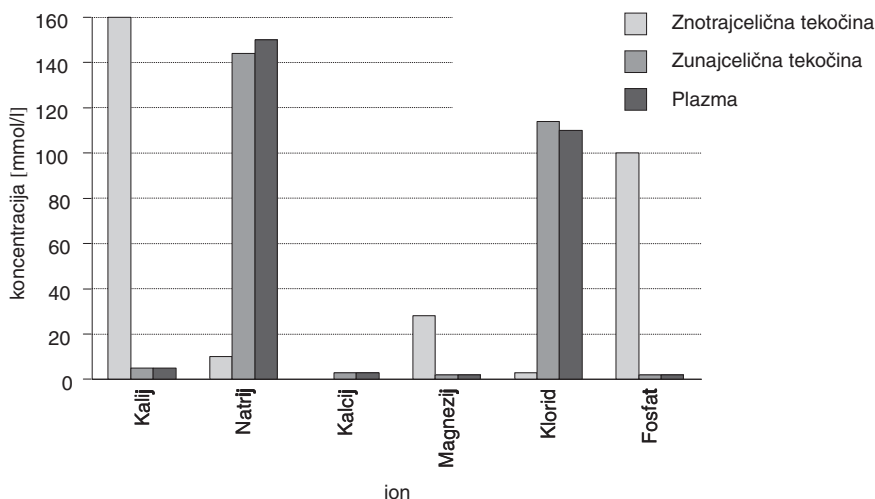
*Objavljeno delo je bilo nagrajeno s Prešernovim priznanjem študentom v letu 1998.

**Mitja Lainščak, dr. med., Zdravstveni dom Murska Sobota, Grajska ulica 22, 9000 Murska Sobota.

Uvod

Človeško telo je odprt sistem, ki mora vzdrževati stalno notranje okolje. Notranost telesa je sestavljena iz več predelkov, katerih sestava je različna. Posamezne vrednosti so s številnimi bolj ali manj zapletenimi mehanizmi na osnovi negativne povratne zveze vzdrževane v zelo ozkih mejah, ki omogočajo normalno delovanje organizma kot celote. Pravimo, da je organizem v ravnovesju (1).

Najpomembnejša sestavina vseh predelkov je voda, ki je osnovno topilo in omogoča procese izmenjave snovi (disociacija, filtracija, difuzija, osmoza; pasivni transport). V vodi so raztopljene organske in anorganske snovi, ki dajejo predelku njegove značilnosti. Predelke med seboj ločuje polprepustna membrana, ki omogoča pasivni transport snovi, medtem ko aktivni transport opravljajo posebni mehanizmi. Sestava predelkov je prikazana na sliki 1.



Slika 1. Elektrolitska sestava predelkov (2).

Elektroliti prehajajo med predelki na osnovi koncentracijskega gradienta in težijo k isti koncentraciji v vseh predelkih. Ravnovesne koncentracije vzpostavlja aktivni transport, ki je tako nujen za vse življenjske procese. Voda prehaja med predelki na osnovi hidrostatskega in osmotskega pritiska. Natrijeva črpalka je najbolj znana oblika aktivnega transporta in je obenem najpomembnejši mehanizem vzdrževanja prostornine celice (3, 4).

Prostornina telesnih tekočin in še posebej zunajcelične tekočine je najbolj odvisna od koncentracije natrija (5).

Vpliv fizične aktivnosti na organizem

Fizična aktivnost je dejavnost, med katero na človeški organizem deluje več motenj. Nanje organizem odgovori s pomočjo ravnovesnih sistemov. Najpomembnejše motnje so

pregrevanje (hipertermija), dehidracija (izsušitev), izguba mineralov (elektrolitov) in hipoglikemija (6–8).

Telo se pred pregrevanjem brani predvsem s potenjem, saj je za izhlapevanje vode potrebna energija, ki jo s toplotno energijo da telo in se tako hladi.

Izguba telesne tekočine s potenjem lahko doseže celo do 1 l/m²uro oz. 2–4 l/uro in lahko hitro pripelje do izsušitve (6, 7, 9, 10). Znojenje predstavlja hipoosmotično izgubo (vsebnosti elektrolitov v potu so prikazane v tabeli 1 (11–13)), zato pride do premika vode iz znotrajcelične tekočine (ICT) v zunajcelično tekočino (ECT). Prostornina obeh predelkov se zmanjša (6, 9). Pri izsušitvi pride do zmanjšanja volumna plazme, ki je posledica prehoda vode iz žil v ECT delujočih mišic (12, 14, 15). Športniki se temu prilagodijo in začnejo sčasoma izločati večje količine manj koncentriranega znoja (7, 16).

Čeprav telo izgublja tudi elektrolite, pride najprej do znižanja telesne zmogljivosti. Pri 2–3-odstotni izgubi telesne teže zaradi izgube telesne tekočine se telesna zmogljivost zniža za 10–15 % (6, 10, 17).

Z izgubo vode pride do izgube mineralov, kar lahko vodi do pojava specifičnih znakov, simptomov in v najhujšem primeru celo smrti.

Ob dolgotrajni fizični aktivnosti lahko pride do hipoglikemije. Športniki poznajo t. i. »glikogenski zid«, ob katerega »trčijo« po približno 120 minutah. Takrat se porabijo zaloge glikogena in telo mora najti druge vire energije (18).

Tabela 1. Vsebnost elektrolitov v znoju.

Elektrolit	Vsebnost [mg/l]
Natrij	920–1500
Kalij	155–400
Magnezij	20–60
Klor	165–1170
Kalcij	12–160

Telesu moramo zagotoviti zadostno količino vode in snovi, ki jih med naporom izgublja. Hitrost nadomeščanja je odvisna od hitrosti praznjenja želodca, ki v najboljšem primeru ne preseže 25 ml/min in tako v večini primerov ne dosega izgube s potenjem (40–50 ml/min) (6, 10, 12, 17, 19). Poleg vnosa je pomembna tudi absorpcija in izkoriščenost vnesenih snovi, ki lahko zelo niha in je odvisna od temperature in sestave tekočine, fiziološkega stanja športnika itn. (10, 16).

Občutek žeje je slab pokazatelj hidriranosti organizma, saj se pojavi prepozno, t. j., ko je organizem že dehidriran. Z nadomeščanjem tekočine in elektrolitov je treba začeti prej, pri čemer se lahko držimo osnovnih vodil (6–8, 12).

Vsem naštetim motnjam so med tekom na dolge proge najbolj podvrženi netrenirani in neosveščeni ljudje. Veliko in zelo tvegano skupino tvorijo rekreativci, ki svoje telo

premnogokrat obremenijo in izčrpajo do te mere, da utrpijo posledice za svoje fizično in psihično zdravje.

Dnevne potrebe in posledice pomanjkanja

Dnevne potrebe organizma po elektrolitih so prikazane v tabeli 2 (11, 20–22).

Tabela 2. Dnevne potrebe po elektrolitih.

Elektrolit	Potreba [g/dan]
Natrij	1,1–6
Kalij	1–6
Kalcij	0,8–2
Magnezij	0,35–0,6
Fosfor	0,8–2
Klor	0,5–5,1

V primeru nenadnega pomanjkanja posameznega iona pride do prerazporeditve le-tega med predelki. V primeru izsušitve je najhitrejši odgovor pomik iz ICT v ECT.

Ravnovesje je ob kroničnem pomanjkanju večinoma vzdrževano s pomočjo hormonov, prebavil in ledvic.

Natrijev in kloridni ion. Sta najpomembnejša kation in anion ECT in sodelujeta pri vzdrževanju osmotskega pritiska v telesnih tekočinah, vzdrževanju membranskega potenciala in pri vodnem ravnovesju. Do pomanjkanja pride pri močnem znojenju in driski. Opisani so primeri t. i. zastrupitve z vodo, ko veliko izgubo telesne tekočine nadomeščamo le z vodo in ne vnašamo dovolj natrijevega iona. Posledica pomanjkanja so apatija, znižan krvni tlak, mišični krči in celo koma (23, 24).

Kalijev ion. Je glavni kation ICT. Je glavni ion transmembranskega potenciala in je tako bistven dejavnik za delovanje mišic, živcev in transportnega epitela. Do pomanjkanja pride po močnem znojenju in dolgotrajni driski. Posledice pomanjkanja so alkalozna, motnje v vzdržljivosti srca in mišic, motnje ledvičnih funkcij (20).

Kalcijev ion. Se nahaja v celicah, kjer je vezan, in v plazmi, kjer je vezan na albumine. Telo ima največjo zalogo kalcija v kosteh in jo lahko v primeru zvišanih potreb tudi aktivira. Ioniziran kalcij je odgovoren za fiziološke procese. Sodeluje pri aktivaciji številnih encimov, uravnavanju napona srčne mišice, prenašanju živčnih impulzov in uravnavanju prepustnosti celične membrane. Do pomanjkanja pride pri ledvičnih okvarah in malabsorpciji. Posledica pomanjkanja je tetanija (20).

Fosfatni ion. Je glavni anion ICT. Je sestavni del mnogih koencimov in mnogih energetsko bogatih spojin; sodeluje pri vzdrževanju kislinsko-baznega ravnotežja v krvi. Do pomanjkanja pride zaradi malabsorpcije. Posledice nenadnega pomanjkanja so mišična slabost, hemolitična anemija in duševna zmedenost (20).

Magnezijev ion. Je kation ICT. Sodeluje v reakcijah presnove in je naravni kalcijev antagonist. Do pomanjkanja pride zaradi zmanjšanega vnosa, prevelike izgube, malabsorpcije. Posledice pomanjkanja so mišična slabost, tremor, fascikulacije in motnje v delovanju srca in ožilja (25–27).

Padeč telesne zmogljivosti in posledice pomanjkanja mineralov lahko preprečimo z uživanjem tekočine ob telesnem naporu. Z uživanjem izotoničnega napitka omilimo spremembe v sestavi telesnih tekočin in ohranimo telesno zmogljivost, medtem ko z uživanjem vode vplivamo predvsem na slednje (28).

Namen raziskave

Človek med fizično aktivnostjo in po njej uživa večje količine tekočine, največkrat vodo in/ali izotonične napitke.

Namen primerjalne prospektivne raziskave na zdravih treniranih prostovoljcih je bil ugotoviti razlike med učinki pitja vode in izotoničnega napitka med fizično aktivnostjo.

Rezultate smo presojali z oceno:

- počutja,
- zmogljivosti,
- vrednosti telesne mase in krvnega tlaka,
- laboratorijskih analiz krvi in seča.

Naša delovna hipoteza je bila, da je za nadomeščanje izgubljene tekočine ob teku na dolge proge ustrežnejši izotonični napitek.

Preiskovanci in metode

Preiskovanci

V raziskavi je sodelovalo 12 zdravih treniranih tekačev na dolge proge, 11 moških in 1 ženska, starih 20 do 52 let. Vsi se aktivno ukvarjajo s športom in so včlanjeni v Tekaško sekcijo Radenska. Preiskovanci so bili seznanjeni z namenom in potekom preiskave, v katero so prostovoljno privolili. Zbrali smo pisne privolitve vseh preiskovancev.

Prostovoljci v času raziskave niso uživali nobenih zdravil in energetskih ali izotoničnih napitkov. V tem času so trenirali redkeje in manj intenzivno.

Med načrtovanjem in v samem poteku raziskave smo upoštevali načela Helsinško-tokijske deklaracije za biomedicinske raziskave na ljudeh ter pridobili soglasje Komisije za medicinsko etiko pri Ministrstvu za zdravstvo Republike Slovenije.

Metodologija

Nekaj podobnih raziskav je že bilo opravljenih, kar nam je bilo v pomoč pri metodologiji.

Večina raziskav je bila izvedena s pomočjo cikloergometra ali tekalne preproge. Mi smo se odločili za tek na prostem, saj je to okolje, s katerim se srečuje tekač med tekom.

Med tekači so bile razlike v največji fizični zmogljivosti, vendar so bile dovolj majhne, da smo jih lahko zanemarili pri oblikovanju raziskave. Kilometrski čas tekačev pri teku na

21 km je bil med 3 min 50 s in 4 min 30 s, zato lahko zaključimo, da je hitrost teka 12 km/h za tekače predstavljala različno obremenitev, vendar je bila submaksimalna oz. pod laktatnim pragom. Dolžina proge 18 km je tako predstavljala 90-minutno submaksimalno obremenitev, ki je značilna za t. i. distančne tempo teke. Distančni tempo teki so poleg intervalnih tekov bistveni del priprav tekačev na dolge proge.

Čeprav smo s tekom na prostem tvegali neprimerljive vremenske pogoje, smo tako zagotovili homogenost skupine, ki je obenem bila sama sebi kontrola. Tako dobljeni rezultati so bolj verodostojni.

Prostornino zaužite tekočine in vmesne presledke smo določili na podlagi podobnih raziskav, lastnih izkušenj in vremenskih razmer. Temperatura napitka in presledek med vnosom sta bila izbrana tako, da je bilo praznjenje želodca čim bolj optimalno.

Metode

Preiskovanci so sodelovali v dveh poskusih, v katerih so zaužili različno tekočino, enkrat vodo in drugič izotonični napitek. Poskusa sta si sledila v razmaku 12 dni.

V poskusu, ki je trajal približno tri ure, so preiskovanci zaužili 700 ml napitka in pretekli 18 km v uri in pol. Med prvim poskusom so preiskovanci pili pitno vodo, med drugim pa izotonični napitek. Vsak izmed preiskovancev je užival tekočino iz svoje stekleničke, ki je bila skupaj z vnaprej pripravljeno tekočino shranjena v hladilni torbi na konstantni temperaturi 14°C. Vodo smo dobili iz vodovodnega omrežja v Murski Soboti, analizo zanj smo dobili na Zavodu za zdravstveno varstvo Novo mesto. Kot izotonični napitek smo uporabili Izomaratonik, Krka (29). Sestavi napitkov sta bistveno različni, predvsem v vsebnosti elektrolitov, ogljikovih hidratov in osmolalnosti.

Ravninska proga je potekala na prostem, z začetkom in koncem pred Splošno bolnišnico Murska Sobota, kjer so potekale vse meritve in laboratorijske analize. Hitrost teka je bila stalna (1 km/5 min) in je bila vzdrževana s pomočjo spremljevalca na kolesu z merilcem hitrosti.

Za varnost preiskovancev so med samim poskusom skrbeli zdravnik, medicinska sestra in študent medicine, vsi obenem tudi preiskovanci, ter spremljevalci na kolesu in v avtomobilu.

Protokol

Telesno višino smo preiskovancem izmerili le med prvim poskusom, medtem ko smo vse ostale meritve in preiskave opravili tako med prvim kot tudi med drugim poskusom.

Med poskusom so bili preiskovanci oblečeni in obuti v športno opremo.

Preiskovanca smo najprej stekali (TM), nakar je legel na mizo. Krvni tlak (RR) smo mu izmerili po dveh minutah. Preiskovanec je nato sedel na stol, kjer smo mu po dveh minutah spet izmerili krvni tlak. Medicinska sestra je preiskovancu odvzela dva vzorca krvi (iz komolčne jame in prstne jagodice). Na koncu je preiskovanec dal še vzorec urina, ki je skupaj z vzorcema krvi šel v nadaljnjo biokemično analizo.

Pol ure pred tekom so vsi preiskovanci naenkrat zaužili 200 ml tekočine. Čas do teka so porabili za ogrevanje in ostale priprave na tek. Med tekom so vsi preiskovanci tekli skupaj z enako hitrostjo. Vsakih 15 minut (prvič 15 minut po začetku in zadnjič 15 pred koncem teka) so zaužili 100 ml tekočine.

Takoj po koncu teka smo ponovili enake meritve (v enakem vrstnem redu) kot pred tekom. Naslednji dan so preiskovanci izpolnili vprašalnik po testu.

Analiza podatkov

Analiza subjektivnih podatkov

Prostovoljci so pred privolitvijo izpolnili vprašalnik za prostovoljca, s katerim smo dobili osnovne antropološke podatke. Po prvem in drugem poskusu so izpolnili vprašalnik po testu (slika 2), s katerim smo zbrali podatke o prostovoljčevih občutkih o počutju, zmogljivosti in zaužitih tekočini.

VPRAŠALNIK PO TESTU			
1. <i>Kako ste se počutili po testu?</i>			
a) zelo dobro	b) dobro	c) slabo	č) zelo slabo
2. <i>Kako bi opisali vašo utrujenost po teku?</i>			
a) huda	b) znatna	c) srednje huda	č) majhna
3. <i>Ste med testom ali po njem opazili omotičnost?</i>			
a) da	Kdaj? pred med po	b) ne	
4. <i>Kako bi ocenili zaužito tekočino?</i>			
a) prijetna	b) primerna	c) znosna	č) neprimerna
5. <i>Kako ste prenašali zaužito tekočino?</i>			
a) pil sem jo rad	b) dobro	c) pil sem jo z odporom	
Datum	Ime in priimek		

Slika 2. Vprašalnik po testu.

Analiza objektivnih podatkov

Vremenski podatki: temperatura zraka, relativna vlažnost, zračni tlak, smer in hitrost vetra. Podatke smo dobili pri Hidrometeorološki postaji Rakičan, ki se nahaja v neposredni bližini mesta izvajanja poskusa.

V krvi smo določali: pH venske krvi, koncentracijo bikarbonata v venski krvi, koncentracijo glukoze v serumu, aktivnost aspartat aminotransferaze (AST), aktivnost alanin aminotransferaze (ALT), aktivnost kreatin kinaze (CK), koncentracijo uratov v serumu, koncentracijo kalija v serumu, koncentracijo natrija v serumu, koncentracijo klorida v serumu, koncentracijo kalcija v serumu, koncentracijo fosfatov v serumu, koncentracijo magnezija v serumu, osmolalnost seruma, koncentracijo levkocitov v krvi in koncentracijo hemoglobina v krvi.

V seču smo določali koncentracijo kalija, koncentracijo natrija, koncentracijo klorida, koncentracijo sečnine, koncentracijo kreatinina, koncentracijo uratov, gostoto in osmolalnost. Laboratorijske analize vzorcev krvi in urina je opravil biokemični laboratorij Splošne bolnišnice Murska Sobota.

Statistična analiza

V statistični analizi smo izračunali naslednje številske značilnosti minimum, maksimum, povprečno vrednost (POP), standardno deviacijo (SD) in standardno napako poprečja.

Uporabljali smo statistično metodo dvostranski parni t-test za primerjanje poprečij dveh odvisnih vzorcev (30).

Izračunali smo tudi razlike podatkov po teku in pred njim. Dobljene spremembe smo analizirali s t-testom (31).

Z Wilcoxonovim testom predznačenih kategorij (32) smo obdelali odgovore na zadnji dve vprašanji v vprašalniku po testu.

Za računski del statistične analize smo uporabljali program Microsoft Excel, različica 5.0c.

Rezultati

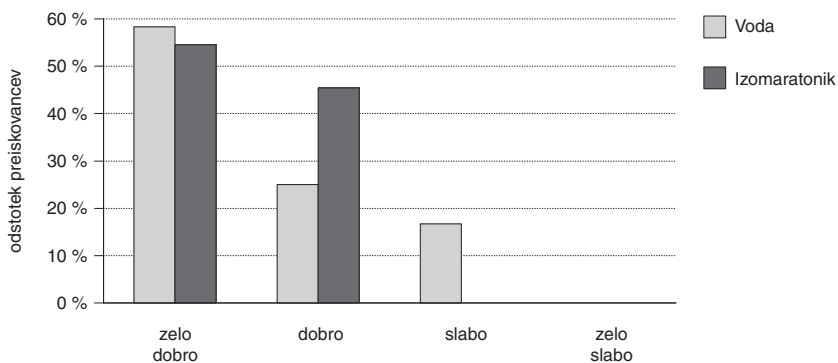
Rezultati, ki so predstavljeni na histogramih, so med testoma bodisi statistično pomembno različni bodisi kažejo trend, ki ga razlagamo v razpravi. Statistično pomembne rezultate smo zaznamovali z zvezdicami: * – statistično pomembno pri stopnji tveganja med 0,01 in 0,05, ** – statistično pomembno pri stopnji tveganja med 0,005 in 0,01, *** – statistično pomembno pri stopnji tveganja med 0,001 in 0,005, **** – statistično pomembno pri stopnji tveganja, manjši od 0,001.

Subjektivni podatki

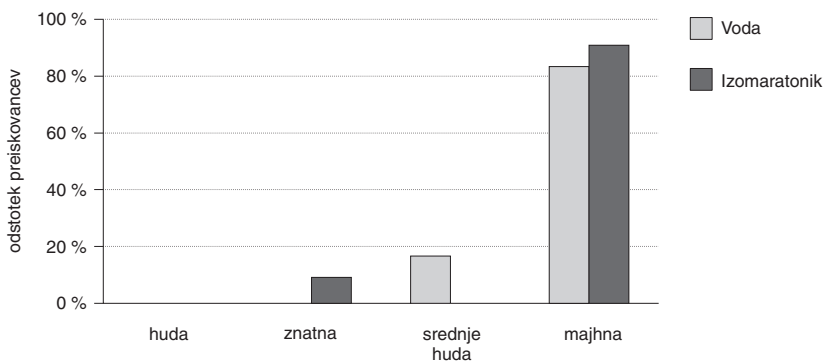
Slike 3–5 prikazujejo porazdelitev odgovorov na 1., 2. in 4. vprašanje iz vprašalnika po testu. Nihče od tekačev ni opazil omotičnosti ob prvem ali drugem teku, zato smo tretje vprašanje pri obdelavi rezultatov izpustili. Peto vprašanje je po pomenu in rezultatih precej podobno četrtemu, zato smo ga izpustili.

Z Wilcoxonovim testom predznačenih kategorij smo preskusili domnevo, da je vpliv primerjanih napitkov na oceno zaužite tekočine različen. Možne odgovore smo oštevilčili takole: prijetna – 3, primerna – 2, znosna – 1 in neprimerna – 0.

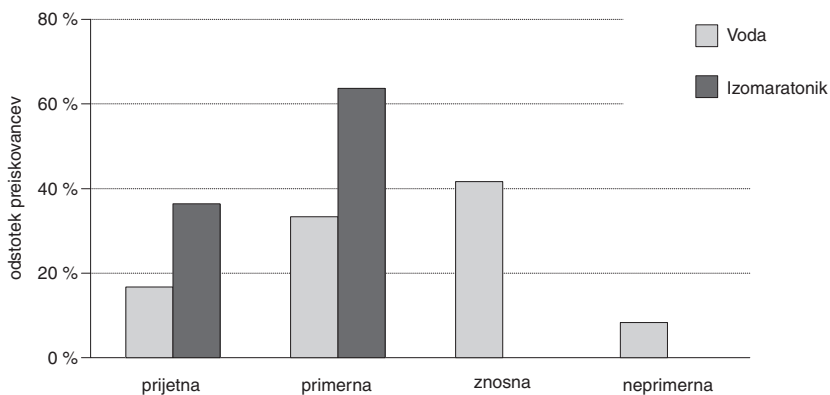
Wilcoxonova vsota predznačenih kategorij je bila $T = 2,5$, medtem ko je kritična vrednost za T pri 5-odstotnem tveganju $T = 2,1$.



Slika 3. Počutje po testu.



Slika 4. Utrujenost po teku.



Slika 5. Ocena zaužite tekočine.

Objektivni podatki

Vremenske razmere in čas dneva

V tabeli 4 so predstavljeni vremenski podatki v času obeh poskusov.

Tabela 4. Vremenski podatki v času poskusa.

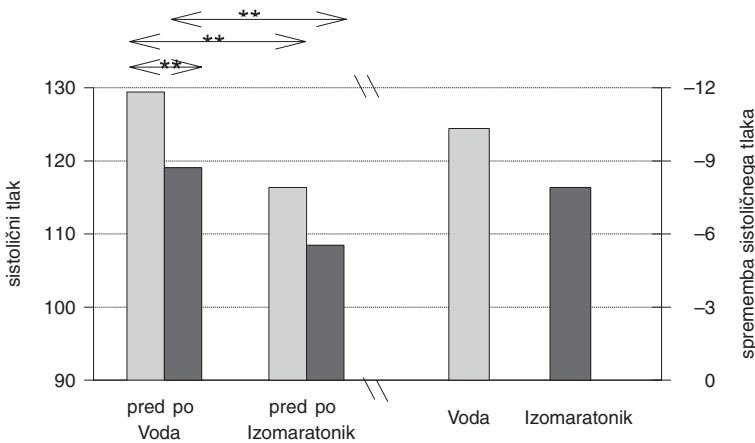
	Voda	Izotonični napitek
Datum	28. 4. 1997	10. 5. 1997
Ura	17.00	11.00
Temperatura	14,2°C	19,6°C
Relativna vlažnost	72 %	46 %
Zračni tlak	1015 mbar	1018 mbar
Veter	1–4 m/s, jugozahodni	6–9 m/s, jugozahodni

Antropološki podatki prostovoljcev

V raziskavi je sodelovalo 12 prostovoljcev (11 moških in ena ženska), eden je sodeloval le v prvem poskusu. Poprečna starost preiskovancev je bila $34,9 \pm 9,1$ let. V poprečju so v višino merili $173,5 \pm 7,2$ cm, tehtali pa $73,0 \pm 9,8$ kg.

Telesna masa in krvni tlak

Med obema poskusoma se je značilno znižala telesna masa (voda: $p < 0,001$; Izomaratonik: $p = 0,004$), med prvim poskusom pa sta se značilno znižala sistolični krvni tlak sede (slika 6; $p = 0,01$) in sistolični krvni tlak leže ($p = 0,029$). V primerjavi s prvim poskusom se je med drugim telesna masa manj znižala, diastolični krvni tlak se je znižal bolj, sistolični krvni tlak pa manj, vendar nobena od sprememb ni bila značilna.



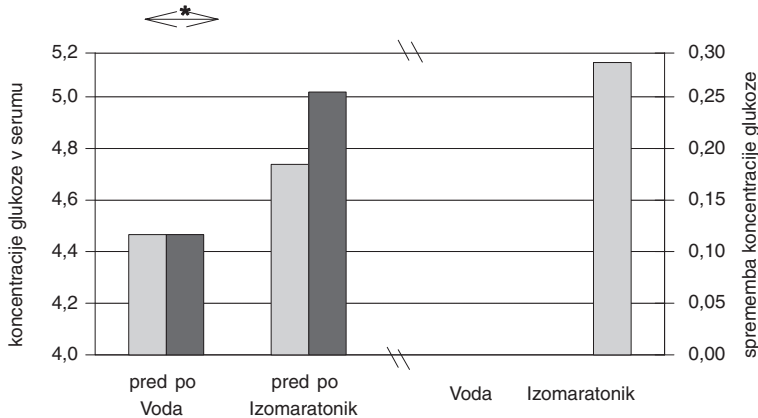
Slika 6. Sistolični krvni tlak sede pred tekom in po njem (mm Hg).

Analiza krvi

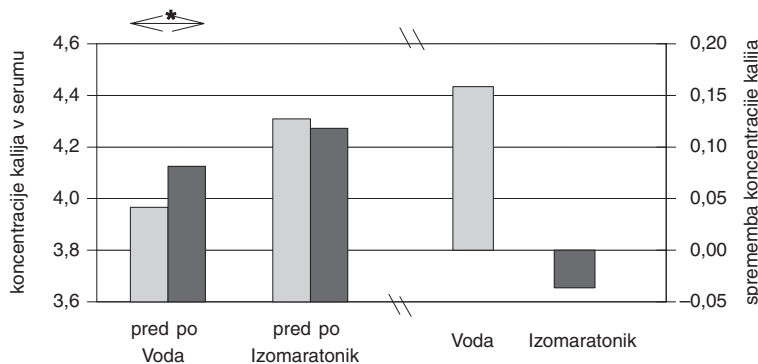
Količine, ki smo jih spremljali v krvi, so večinoma kazale isti trend spremembe. Med obeh poskusoma je značilno povečala vrednost aktivnosti AST, aktivnosti CPK, števila levkocitov in koncentracije kalcija, fosfata, magnezija, natrija (slika 9) in klorida (slika 10). Aktivnost ALT je značilno porasla le med drugim poskusom.

Med drugim poskusom je bila značilno večja sprememba vrednosti aktivnosti ALT, značilno manjša pa je bila sprememba vrednosti AST. Značilno manj sta se med drugim poskusom povečali koncentraciji natrija (slika 9) in klorida (slika 10).

Koncentracija glukoze je med prvim poskusom ostala ista, medtem ko se je med drugim celo povečala (slika 7). Koncentracija kalija se je med prvim poskusom zvišala, medtem ko se je med drugim znižala (slika 8).

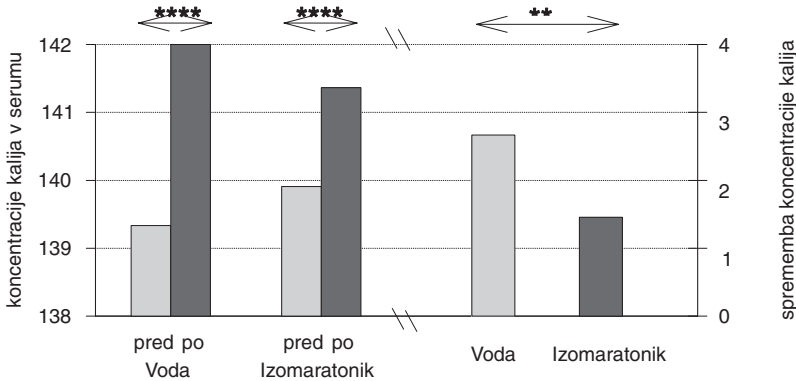


Slika 7. Koncentracija glukoze v serumu pred tekom in po njem (mmol/l).

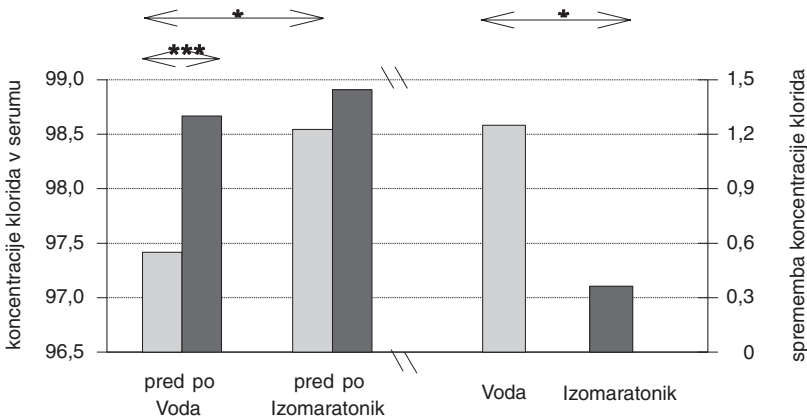


Slika 8. Koncentracija kalija v serumu pred tekom in po njem (mmol/l).

Vrednosti ostalih količin so se bodisi zvišale (osmolalnost seruma, hemoglobin in pH) bodisi znižale (bikarbonat), vendar njihove spremembe med poskusom ali spremembe vrednosti niso bile značilne.



Slika 9. Koncentracija natrija v serumu pred tekom in po njem (mmol/l).



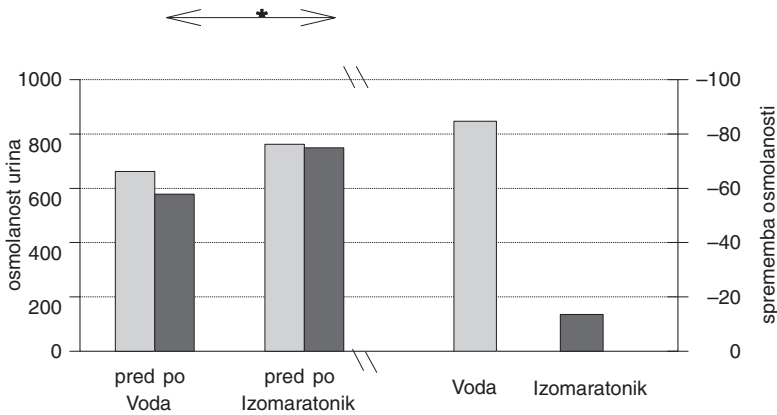
Slika 10. Koncentracija klorida v serumu pred tekom in po njem (mmol/l).

Analiza seča

Vrednosti analiziranih količin v urinu so se med obema poskusoma značilno znižale v primeru kalija in natrija. Med prvim poskusom smo značilno nižjo vrednost izmerili pri koncentraciji klorida, med drugim pa značilno višjo pri koncentraciji kreatinina.

Osmolalnost urina se je med obema poskusoma znižala, vendar sprememba vrednosti ni bila značilna (slika 11).

Sprememba vrednosti prav tako ni bila značilna za nobeno od ostalih merjenih količin.



Slika 11. Osmolalnost urina pred tekom in po njem [mOsm/l].

Razprava

Po statistični obdelavi podatkov smo dobili precej statistično pomembnih verjetnosti. Najpomembnejše so statistično pomembne verjetnosti sprememb posameznih vrednosti, ki smo jih dobili le pri analizi krvi. Ostale podatke moramo pazljivo preučiti, saj je zaradi neugodnih vremenskih razmer lahko kakšna vrednost lažno pozitivna in, kar je še slabše, lažno negativna. Zato bomo pozorni tudi na trend gibanja vsake posamezne spremenljivke.

Subjektivni podatki

Preiskovanci so dobro prenašali fizično obremenitev in niso bili posebej utrujeni po njej. Opisane so razlike v hitrosti teka in počutju (33), vendar sta bila dolžina in tempo teka v naši raziskavi neprimerno manjša, da bi lahko opazili podobno.

Po teku ni bilo razlik v počutju in utrujenosti preiskovancev med poskusoma. Nobeden od preiskovancev ni nikoli opazil omotičnosti.

Preiskovanci so bolje ocenili in prenašali izotonični napitek, vendar razlika tudi po nadaljnji statistični obdelavi ni bila značilna. Kot taka bi se verjetno izkazala, če bi zajeli večjo skupino preiskovancev.

Pri podobni raziskavi so preiskovanci popili značilno več mineralne kot pitne vode (16), po čemer sklepamo, da bi v *ad libitum* zastavljeni raziskavi preiskovanci popili značilno več izotoničnega napitka.

Objektivni podatki

Vremenske razmere in čas dneva

Vremenske razmere med poskusoma so bile toliko različne, da so lahko delno vplivale na rezultate naše raziskave. Temperatura, relativna vlažnost in veter so med poskusom z izotoničnim napitkom lahko povečali znojenje.

Poskusov zaradi tehničnih težav nismo opravili ob isti uri, zato moramo upoštevati vpliv cirkadianega ritma, predvsem pri začetnih vrednostih krvnega tlaka, ne pa pri njihovih spremembah.

Telesna masa

Opazili smo razliko v telesni masi pred poskusoma, ki je verjetno posledica cirkadianega ritma.

V obeh poskusih je prišlo do izgube telesne mase, vendar je bila izguba manjša v poskusu z izotoničnim napitkom. Do manjše izgube telesne mase je lahko prišlo zaradi manjše začetne mase ali zaradi manj obilnega potenja ob pitju izotoničnega napitka. Če je pravilna slednja trditev, potem izotonični napitek zavira potenje (vremenske razmere bi ga prej povečale) in že s tem bolje ohranja ravnovesje telesnih tekočin. Posledica manj obilnega potenja bi lahko bila hipertermija in posledično zmanjšanje telesnih zmogljivosti, vendar subjektivni rezultati tega ne kažejo.

Izguba telesne mase je bila pričakovana (14), saj bi tudi v primeru uravnoveženega vnosa in izgube tekočine praznjenje tekočine iz želodca, ki je omejitveni dejavnik, ne dohitelo izgube z znojenjem (10, 34).

Krvni tlak

Med fizično obremenitvijo se sistolični in diastolični krvni tlak obnašata različno: sistolični naraste, medtem ko diastolični ostane približno isti. Po obremenitvi pride do padca obeh, kar je posledica manjše minutne prostornine ob nadaljni vazodilataciji v mišicah (35). Pri športnikih so opazili ortostatsko intoleranco, ki je izrazitejša pri bolj treniranih športnikih (36).

Naši rezultati se niso skladali s cirkadianim ritmom (37), vendar se je sistolični krvni tlak leže in sede pri poskusu z vodo značilno znižal, kar govori v prid ugotovitvam, da ogljikohidratno-elektrolitni in izotonični napitki manj zmanjšujejo prostornino plazme in tako ustalijo krvni tlak med naporom (36, 38). Pri osebah, ki so dalj časa uživale velike količine tekočine (hiperhidracija), je prav tako prišlo do povečanja prostornine plazme in zvišanja krvnega tlaka (39).

Izotonični napitek bi po vsebnosti elektrolitov lahko primerjali z mineralno vodo Radin, ki v primerjavi s pitno vodo bolje ustali krvni tlak (16, 29, 40).

Diastolični tlak leže in sede je pri poskusu z vodo minimalno nihal, medtem ko se je pri poskusu z izotoničnim napitkom v obeh primerih znižal, kar je v skladu s prej povedanim.

Kri

Med fizično obremenitvijo lahko pride do znižanja vrednosti pH, če organizem obremenimo preko anaerobnega praga. Poskusa sta bila načrtovana pod to mejo, zato nismo opazili bistvenih sprememb vrednosti pH in bikarbonata, kar so pred nami ugotovili tudi drugi (15, 41).

Koncentracija glukoze ostane ves čas fizične obremenitve stalna ali se celo zviša, saj se sprošča iz telesnih rezerv, od katerih je odvisna telesna zmogljivost. Tekmovalci vzdržljivostnih športov poznajo pomen prehrane, bogate z ogljikovimi hidrati neposredno pred večjimi obremenitvami. Višja koncentracija glukoze ob pitju izotoničnega napitka je tako lahko posledica ogljikohidratne prehrane preiskovancev (42) ali samega napitka, ki vsebuje glukozo (15, 33, 42–44).

Aktivnosti obeh transaminaz sta se v obeh poskusih povečali, kar je glede na trajanje obremenitve tudi pričakovano. Transaminaze pripravijo amionokislino za vstop v biokemične procese (45), katerih končni produkt je lahko sečnina. Aktivnost AST se je bolj povečala ob pitju vode, aktivnost ALT bolj ob pitju izotoničnega napitka. Posledično je ob pitju izotoničnega napitka narasla vrednost uratov (anioni sečne kisline, nastanejo iz sečnine), medtem ko je ob pitju vode padla. Čeprav to ni v skladu s pričakovanji, pa so aktivnosti še vedno v fizioloških mejah in lahko sklepamo, da so taki rezultati posledica zunanjih dejavnikov (46).

Aktivnost CK se je bolj povečala ob pitju vode, kar se da razložiti z dejstvom, da izotonični napitek vsebuje ogljikove hidrate. Čeprav ima organizem na razpolago dovolj ogljikohidratnega goriva, pride do aktivacije drugih virov energije. CPK poskrbi za hiter porast ATP v mišicah, medtem ko transaminaze aktivirajo beljakovine (18).

Koncentraciji natrija in klorida sta v obeh poskusih narasli, vendar je ta sprememba pri izotoničnem napitku značilno manjša. V literaturi smo našli tako enake (43) kot tudi nasprotno (47) rezultate. Izotonični napitek lahko zviša serumsko koncentracijo vazopresina in aldosterona (38) ter zviša serumske koncentracije natrija in klorida. Možno je tudi, da je to posledica večje vsebnosti natrija in klorida v izotoničnem napitku, ki poleg tega manj zmanjša prostornino plazme.

Spremembe koncentracije kalcija so bile minimalne in jih lahko razložimo enako kot pri natriju in kloridu.

Koncentracija kalija v serumu se je ob pitju vode zvišala, ob pitju izotoničnega napitka pa celo znižala. Kalij se med fizično obremenitvijo ob razgradnji glikogena sprošča (6), kar je ob pitju vode lahko zvišalo njegovo serumsko koncentracijo. Kljub temu da je kalij sestavina našega izotoničnega napitka (29) in da se je v podobnih raziskavah serumska koncentracija kalija zvišala (43, 47), se naše rezultate da razložiti. Višja zunanja temperatura ob pitju izotoničnega napitka je lahko povzročila večje pregrevanje, ki povzroči premik kalija v celice. Enak učinek imajo ogljikovi hidrati v napitku, ki povzročijo izločanje insulina ter prehod glukoze in nanjo vezanega kalija v celice (48).

Pričakovali smo znižanje koncentracije magnezija (47), kar zmanjšuje fizično zmogljivost (25). Do znižanja koncentracije magnezija lahko pride zaradi velike izgube s potom ali zaradi prerazporeditve med predelki. Pri oceni laboratorijskih izvidov moramo biti predvsem pri magneziju zelo previdni, saj tudi normalna vrednost ne izključuje pomanjkanja (26).

Serumska koncentracija fosfata, ki je najvažnejši znotrajcelični pufer, se je v obeh poskusih zvišala (manj ob pitju vode), kar je lahko posledica prisotnosti fosfata v obeh zaužitih tekočinah.

Zelo nas je zanimala osmolalnost seruma, ki je bila v podobnih raziskavah večja pri elektrolitnih napitkih (34, 43). V pričujoči raziskavi sta bili tako začetna kot končna vrednost višji, vendar je bila sprememba mnogo manjša ob pitju izotoničnega napitka. Izotonični napitek manj zmanjša prostornino plazme in obenem ne vsebuje toliko več osmotsko aktivnih delcev, da bi bolj zvišal osmolalnost.

Hemokonzentracija krvi zviša koncentracijo hemoglobina, število levkocitov pa še dodatno poveča hitrejši tok krvi. Hemokonzentracija je bila manj izrazita ob pitju izotoničnega napitka, saj le-ti manj zmanjšajo prostornino plazme. Vzdrževanje redne fizične kondicije je eden od načinov krepitev imunske sposobnosti organizma.

Seč

Med fizično aktivnostjo pride do manjše tvorbe urina (9) in do nižje koncentracije natrija, kalija in klorida v urinu (6). Naši rezultati so odstopali le pri koncentraciji kalija, ki se je v obeh primerih zvišala, kar bi lahko pojasnilo znižanje koncentracije kalijevega iona v serumu ob pitju izotoničnega napitka.

Konzentracija sečnine se je v obeh primerih zvišala, kar je lahko odraz povečane aktivnosti transaminaz v serumu. Koncentracija uratov v urinu sovпада s koncentracijo v serumu.

Konzentracija kreatinina se je bolj zvišala ob pitju izotoničnega napitka, vendar je bila višja že na začetku. Glede na gibanje aktivnosti CPK v serumu bi pričakovali ravno obratno, vendar lahko tudi tu povemo, da verjetno gre za vpliv drugih dejavnikov, npr. prehrane. Znano je namreč, da povečan vnos mesa zelo poveča koncentracijo kreatinina v urinu (49).

Gostota urina se ni bistveno spremenila, kar smo pričakovali, saj pade tako volumen urina kot tudi koncentracije večine snovi, ki jih izločamo z urinom (6).

Osmolalnost urina je padla v obeh poskusih, vendar je ta sprememba manjša ob pitju izotoničnega napitka. Koncentraciji natrija in klorida v urinu sta se znižali, kar je znižalo osmolalnost urina ob predpostavljene padcu njegove prostornine. Oboje je pričakovano, saj telo s potom že izgublja vodo in elektrolite in jih manj izloča z urinom.

Zaključki

V prospektivni primerjalni raziskavi na 12 zdravih treniranih prostovoljcih smo primerjali razlike pri pitju vode in izotoničnega napitka med tekom na dolge proge.

V počutju in zmogljivosti prostovoljcev ni bilo bistvenih razlik. Prostovoljci so bolje, čeprav ne značilno, ocenili in prenašali izotonični napitek.

Sistolčni krvni tlak leže in sede se je po pitju vode, ne pa po pitju izotoničnega napitka, značilno zmanjšal.

Na koncu teka je bila ob pitju izotoničnega napitka sprememba serumske koncentracije natrija in klorida značilno manjša, kalija in kalcija neznačilno manjša, medtem ko sta bili spremembi serumskih koncentracij magnezija in fosfata neznačilno večji.

Izotonični napitek je bolje nadomeščal izgubljene elektrolite in manj zmanjšal prostornino plazme.

Koncentracija natrija in klorida v urinu se je med pitjem izotoničnega napitka manj znižala kot med pitjem vode.

Strnemo lahko, da je pitje izotoničnega napitka bolje vzdrževalo ravnovesje telesnih tekočin in krvni tlak v primerjavi s pitjem vode.

Rezultati usmerjajo nadaljnje raziskovanje v naslednjih smereh:

- pri drugačnem odmerjanju izotoničnega napitka,
- različni intenzivnosti in dolžini teka,
- različnih vremenskih pogojih (vlažnost, temperatura) – tako pri treniranih tekačih kot rekreativcih.

Zahvala

V prvi vrsti bi se rad zahvalil mentorju prof. dr. Jožetu Drinovcu, ki me je uvedel v raziskovalne vode ter mi pomagal takrat, ko je bilo najtežje.

Raziskave bi ne bilo brez pogumnih prostovoljcev, ki so skupaj pretekli 414 km, in Nives ter Sašota, ki sta skrbela za tehnično izvedbo.

Laboratorijske analize je opravil laboratorij Splošne bolnišnice Murska pod vodstvom Branka Miholiča, mr. pharm., za kar se jim najlepše zahvaljujem.

Zbrane podatke je obdelal in v berljivo obliko spravil doc. dr. Roman Drnovšek.

Sredstva za kritje materialnih stroškov sta prispevali Krka, d. d., Novo mesto in Mestna občina Murska Sobota.

Literatura

1. Kordaš M. Homeostaza. In: Ribarič S, et al. *Izbrana poglavja iz patološke fiziologije*. Ljubljana: Inštitut za patološko fiziologijo; 1994. pp. 1–11.
2. Despopulos A, Silbernagl S. *Color atlas of physiology*. New York: Thieme; 1991. p. 64.
3. Fanestil DD. Compartmentation of body water. In: Maxwell MH, Kleeman CR, Narins RG. *Clinical disorders of fluid and electrolyte metabolism*. New York: McGraw-Hill; 1987. pp. 1–13.
4. Kutchai HC. Ionic equilibria and resting membrane potentials. In: Berne RM, Levy MN. *Physiology*. St. Louis: Mosby; 1993. pp. 27–36.
5. Stanton BA, Koepfen BM. Control of body fluid osmolality and volume. In: Berne RM, Levy MN. *Physiology*. St. Louis: Mosby; 1993. pp. 754–83.
6. Bergström J, Hultman E. Nutrition for maximal sports performance. *JAMA* 1972; 221: 999–1006.
7. O'Neil FT, Hynak Hankinson MT, Gorman J. Research and application of current topics in sports nutrition. *J Am Diet Ass* 1986; 86: 1007–12.
8. Gisolfi CV, Duchman SM. Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 679–87.
9. Sawka MN, Francesconi RP, Young AJ, Pandolf KB. Influence of hydration level and body fluids on exercise performance in the heat. *JAMA* 1984; 252: 1165–9.
10. Pokorn D. *Prehrana športnika in rekreativca*. Ljubljana: Forma 7; 1991. pp. 76–9.

11. Schlemmer W, Schmitt WM. Sportmedizin und Pharmazie. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 1990. pp. 71–109.
12. Bothorel B, Gissinger R, Candas V. *The physiological consequences of drinking or not drinking during prolonged exercise*. Fruit procesing 1991; 1. pp. 160–2.
13. Reimann J. Elektrolytverluste bei Sportlern. *Sport-Pharmazie* 1992; 21: 38–9.
14. Maughan RJ, Fenn CE, Leiper JB. Effects of fluid, electrolyte and substrate ingestion on endurance capacity. *Eur J Appl Physiol* 1989; 58: 481–6.
15. Millard Stafford M, Sparling PB, Rosskopf LB, Hinson BT, Dicarolo LJ. Carbohydrate–electrolyte replacement during a simulated triathlon in the heat. *Med Sci Sports Excer* 1990; 22: 621–8.
16. Bagar Povše M, Bohar F, Drinovec J. Mineralna voda kot napitek za športnike. *Šport* 1991; 39: 30–3.
17. Pokorn D. Napitki za hitro nadomeščanje tekočin pri vrhunskih športnikih. *Telesna kultura* 1988; 36: 34–6.
18. Guyton A. Sports Physiology. In: Guyton AC. *Textbook of medical physiology*. Philadelphia: Saunders; 1991. pp. 940–6.
19. Brouns F. Pseudowissenschaftliche Irrmeinungen zu Sportler–Getraenken. *Leistungssport* 1991; 21: 9–12.
20. Rudman D, Feller A. Nutritional requirements of normal adults. In: Mitch WE, Klahr S. *Nutrition and the kidney*. Boston/Toronto: Little; 1988. pp. 1–28.
21. Pokorn D. *Prehrana športnika in rekreativca*. Ljubljana: Forma 7; 1991. pp. 84.
22. Guyton AC. *Textbook of medical physiology*. Philadelphia: Saunders; 1991. pp. 786.
23. Tyler Frizzel R, Lang GH, Lowance DC, Lathan SR. Hyponatremia and ultramarathon running. *JAMA* 1986; 255: 772–4.
24. Geist M, Barzilai N. Dilutional hyponatremia and convulsions after strenuous exercise. *Harefuah* 1992; 122: 421.
25. Smekal G, Bachl N, Prokop L. Magnesium und Sport. *Sport Pharmazie* 1991; 20: 67–71.
26. Anon. Vitamine, Elektrolyte und Spurenelemente. *Dtsch Apotheker* 1995; 47: 443–5
27. Grebe W. Magnesium und sport. *Sportpharmazie* 1994; 24: 38–40.
28. Fallowfield JL, Williams C, Booth J, Choo BH, Growsn S. Effect of water ingestion on endurance capacity during prolonged running. *J Sports Sci* 1996; 14: 497–502.
29. Tršar J. Izomaratoni granulat – informacija o preparatu. Ljubljana: Zelena zdravila SRR; 1995. pp. 3.
30. Moses LE, Emerson JD, Hosseini H. Analyzing data from ordered categories. In: Bailar JC, Mosteller F. *Medical uses of statistics*. Boston: NEJM Books; 1992: 265–7.
31. Godfrey K. Comparing the means of several groups. In: Bailar JC, Mosteller F. *Medical uses of statistics*. Boston: NEJM Books; 1992. pp. 247–51.
32. Moses LE, Emerson JD, Hosseini H. Analyzing data from ordered categories. In: Bailar JC, Mosteller F. *Medical uses of statistics*. Boston: NEJM Books; 1992. pp. 261–5.
33. Williams C, Nute MG, Broadbank L, Vinall S. Influence of fluid intake on endurance running performance: A comparison between water, glucose and fructose solutions. *Eur J Appl Physiol* 1990; 60: 112–9.
34. Candas V, Libert JP, Brandenberger G, Sagot JC, Amoros C, Kahn JM. Hydration during exercise; Effects on thermal and cardiovascular adjustments. *Eur J Appl Physiol* 1986; 55: 113–22.
35. Berne RM, Levy MN. Interplay of central and peripheral factors in the control of the circulation. In: Berne RM, Levy MN. *Physiology*. St. Louis: Mosby; 1993. pp. 532–43.
36. Levine BD, Buckley JC, Fritsch JM, et al. Physical fitness and cardiovascular regulation: mechanisms of orthostatic intolerance. *Appl Physiol* 1991; 70: 112–22.
37. Lemmer B. Chronopharmacology of hypertension. *Ann N Y Acad Sci* 1996; 783: 242–53.
38. Criswell D, Renshler K, Powers SK, Tulley R, Cicale M, Wheeler K. Fluid replacement beverages and maintenance of plasma volume during exercise: role of aldosterone and vasopressin. *Eur J Appl Physiol* 1992; 65: 445–51.
39. Zorbas YG, Federenko YF, Naexu KA. Effect of daily hyperhydration on fluid–electrolyte changes in endurance-trained volunteers during prolonged restriction of muscular activity. *Biol Trace Elem Res* 1995; 50: 57–78.

40. Bohar F, Bagar Povše M, Drinovec J. Vpliv mineralne vode »Miral« na športnike biatlonce. Raziskovalno poročilo za ministrstvo za znanost in tehnologijo. *Radenci: Radenska; 1991*. pp. 1–28.
41. Deuster PA, Singh A, Hofmann A, Moses FM, Chrousos GC. Hormonal responses to ingesting water or a carbohydrate beverage during a 2 h run. *Med Sci Sports Excer 1992; 24:72–9*.
42. Williams C. Diet and endurance fitness. *Am J Clin Nutr 1989; 49: 1077–83*.
43. Carter JE, Gisolfi CV. Fluid replacement during and after exercise. *Med Sci Sports Exerc 1989; 21: 532–9*.
44. Davis JM, Lamb DR, Pate RR, Slentz CA, Burgess WA, Bartoli WP. Carbohydrate-electrolyte drinks: effects on endurance cycling in the heat. *Am J Clin Nutr 1988; 48:1023–30*.
45. Stryer L. Razgradnja aminokiselina i ciklus uree. In: Stryer L. *Biokemija*. Zagreb: Školska knjiga; 1991. pp. 355–77.
46. Knežević S. Ciroza jetre. In: Hadžić N, Radonić M, Vrhovac B, Vucelić B: *Priručnik interne medicine*. Zagreb: JUMENA; 1985. pp. 506–10.
47. Deuster PA, Singh A. Responen of plasma magnesium and other cations to fluid replacement during exercise. *J Am Coll Nutr 1993; 12: 286–93*.
48. Despopulos A, Silbernagl S. *Color atlas of physiology*. New York: Thieme; 1991. p. 148.
49. Mitch WE. Nutritional therapy and the progression of renal insufficiency. In: Mitch WE, Klahr S. *Nutrition and the kidney*. Boston: Little; 1988. pp. 154–79.

Prispelo 22. 10. 1998