

Primjena magnezija pri tjelovježbi i pojačanom tjelesnom naporu

Use of Magnesium in Exercise and Increased Physical Activity

DARIJA VRANEŠIĆ BENDER^{1,2}, MIRJA ZUPČIĆ², PAVAO VLAHEK³

¹KBC Zagreb, Klinika za unutarnje bolesti, Odjel za kliničku prehranu, Zagreb; ²Vitaminoteka d. o. o., Zagreb;

³Poliklinika Medikol, Zagreb

SAŽETAK _____ Magnezij je bitan za brojne tjelesne funkcije u organizmu koje utječu na funkciju mišića poput sinteze ATP-a i ravnoteže elektrolita. Upravo zbog njegova doprinosa održavanju normalne funkcije mišića i razine glukoze u krvi magnezij se istražuje kao potencijalno ergogeno sredstvo. Tjelesna aktivnost i magnezij u uzajamnom su odnosu pri kojemu prva regulira distribuciju i iskoristivost magnezija, dok je on zaslužan za snagu i kardiorespiratornu funkciju. Osobe koje se aktivno bave tjelesnom aktivnošću i sportaši pod rizikom su od deficita magnezija zbog povećanih potreba za ovim elementom, a često i zbog njegova smanjenog unosa prehranom. Istraživanja pokazuju da tjelesno aktivne osobe koje imaju neadekvatan status magnezija u organizmu, neovisno o svojoj dobi, imaju koristi od unosa magnezija u obliku dodatka prehrani, jer on izravno utječe na funkcionalne sposobnosti bilo da se radi o aerobnim ili anaerobnim aktivnostima.

KLJUČNE RIJEČI: magnezij, tjelovježba, tjelesna izvedba, magnezijev oksid, magnezijev citrat

SUMMARY _____ Magnesium is an essential mineral that plays a critical role in a number of functions in the body that affect muscle function such as energy production and electrolyte balance. Given its role in maintaining normal muscle function and blood glucose level, magnesium is being studied as a potential ergogenic aid. Physical activity and magnesium are interrelated – physical activity regulates magnesium distribution and utilization, whereas magnesium improves strength and supports cardiovascular function. Due to increased magnesium needs, and often due to inadequate dietary intake, physically active individuals and athletes are at risk of magnesium deficiency. Research has shown that physically active individuals, regardless of their age, with inadequate magnesium status can benefit from magnesium supplementation, as this element directly affects functional performance during exercise, whether aerobic or anaerobic.

KEY WORDS: magnesium, exercise, physical performance, magnesium oxide, magnesium citrate

→ Uvod

Uloga magnezija u tjelesnim funkcijama

Magnezij je četvrti najzastupljeniji mineral u ljudskom organizmu, odmah nakon kalcija, natrija i kalija te drugi najzastupljeniji unutarstanični kation nakon kalija. Rezerve magnezija u organizmu kod osobe teške 70 kg iznose prosječno 25 g, a smještene su u kostima (53%), mišićima (27%), mekim tkivima (19%) i u serumu (< 1%). Razina magnezija u serumu strogo je kontrolirana i iznosi između 0,75 – 0,95 mmol/L, no neka istraživanja pokazuju da razina niža od 0,85 mmol/L upućuje na nedostatak magnezija u organizmu (1).

Magnezij sudjeluje kao kofaktor u više od 300 enzimskih reakcija i potreban je za važne procese poput sinteze ATP-a i nukleinskih kiselina. Ima važnu fiziološku ulogu pri održavanju normalne živčane i mišićne funkcije, srčanog ritma,

vazomotornog tonusa, krvnog tlaka, imunskog sustava, koštanog integriteta, razine glukoze u krvi i poticanja apsorpcije kalcija (2).

Dnevne potrebe

EFSA-in Panel za dijetetske proizvode, prehranu i alergije (engl. *European Food Safety Authority Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies* – EFSA NDA Panel) izdao je preporuke o prikladnom unosu magnezija za djecu i odrasle na temelju njegova prosječnog unosa procijenjenog s pomoću prehrambenih anketa provedenih u devet zemalja Europske unije (tablica 1.) (3). Prema Uredbi o informiranju potrošača o hrani, preporučeni dnevni unos magnezija iznosi 375 mg (4), a prema Pravilniku o tvarima koje se mogu dodavati hrani i rabiti u proizvodnji hrane te tvarima čija je upotreba u hrani zabranjena ili ograničena, najveće dopuštene količine magnezija u hrani i dodacima prehrani iznose 375 mg (5).

TABLICA 1. Prikladan unos magnezija (3)

Dob	Prikladan unos (mg/dan)	
	Muškarci	Žene
7 – 11 mjeseci	80	80
1 – < 3 godine	170	170
3 – < 10 godina	230	230
10 – < 18 godina	300	250
≥ 18 godina*	350	300

*uključuje trudnice i dojilje

Cristiana Hermes i suradnici u svojem su istraživanju pokazali da najmanje 42% odraslih osoba mlađe dobi ne zadovoljava dnevne potrebe za magnezijem, odnosno ima nedostatak magnezija u organizmu (6). Do toga može doći zbog smanjenog unosa prehranom, smanjene apsorpcije (crijevne bolesti, nedostatak vitamina D, lijekovi poput inhibitora protonske pumpe), gubitaka putem gastrointestinalnog sustava (proljevi, upotreba laksativa), povećanih gubitaka putem bubrega (diuretska terapija, dijabetes, alkohol), pretjeranog znojenja, povećanih potreba (trudnoća, stres). Od ukupnoga dnevnoga gubitka magnezija, prosječno 10 – 15% jest magnezij izgubljen znojenjem. Stoga su sportaši potencijalna skupina kojoj prijeti rizik od manjka magnezija u organizmu, posebice oni što se bave sportom u kojem je važna kontrola tjelesne mase poput hrvanja i gimnastike (1).

Izvori magnezija u hrani

Namirnice bogate magnezijem orašasti su plodovi, cjelovite žitarice i njihovi proizvodi, riba i plodovi mora, neke vrste povrća, mahunarke, bobičasto voće, banane te određene vrste kave i kaka. Također, voda iz slavine ili flaširana voda može znatno pridonijeti ukupnom unosu magnezija (3).

Oblici magnezija u hrani i dodacima prehrani

U hranu i dodatke prehrani mogu se dodati ovi oblici magnezija: magnezijev acetat, magnezijev karbonat, magnezijev klorid, magnezijeve soli citratne kiseline, magnezijev glukonat, magnezijev glicerofosfat, magnezijeve soli ortofosforne kiseline, magnezijev laktat, magnezijev hidroksid, magnezijev oksid, magnezijev kalij citrat i magnezijev sulfat. U dodatke prehrani mogu se dodati i ovi oblici: magnezijev L-askorbat, magnezijev bisglicinat, magnezijev L-lizinat, magnezijev malat, magnezijev L-pidolat, magnezijev piruvat, magnezijev sukcinat, magnezijev tartarat i magnezijev acetyl tartarat (3).

TABLICA 2. Sadržaj magnezija u određenim namirnicama (u mg po serviranju ili na 100 g)

Sjemenke	Sadržaj magnezija
Sjemenke konoplje (100 g)	700
Sjemenke bundeve (100 g)	535
Sjemenke lana (100 g)	392

Žitarice i škrobno povrće	Sadržaj magnezija
Kruh od integralnog brašna (2 kriške)	46
Pečeni krumpir (100 g)	43
Smeđa riža (1/2 šalice)	42

Voće i povrće	Sadržaj magnezija
Kuhani špinat (1/2 šalice)	78
Avokado (1 šalice)	44
Brokula – kuhana (1/2 šalice)	12

Ostalo	Sadržaj magnezija
Jogurt (240 g)	42
Losos (90 g)	26
Grožđice (1/2 šalice)	23

Izvor: Baza podataka o hranjivim tvarima Američkog ministarstva poljoprivrede (engl. *US Department of Agriculture's (USDA) – National Nutrient Database*)

Metabolizam i apsorpcija različitih oblika magnezija

Za homeostazu magnezija zaslužni su crijevo, koštana masa i bubrezi. Magnezij se apsorbira u crijevima, pohranjuje u kostima, a višak se izlučuje bubrezima i fecesom. Intestinalna apsorpcija magnezija zbiva se u najvećoj mjeri u tankom crijevu pasivnim paracelularnim putem koji prolazi tijesnim vezama između epitelnih stanica. Pokretačka snaga pasivnog prijenosa dobivena je visokom luminarnom koncentracijom magnezija i s pomoću maloga pozitivnog intraluminarnog napona. Manje količine apsorbiraju se u debelom crijevu, aktivnim transcelularnim putem, a transporteri su TRPM6 i TRPM7 (engl. *Transient receptor potential melastatin – TRPM*), transkripcijski receptori koji

pripadaju porodici melastatin kationskih (ionskih) kanala te imaju kinaznu domenu (7). Apsorpcija započinje otprilike 1 sat nakon oralnog unosa, a njezin vrhunac događa se 2 – 2,5 sati pa sve do 4 – 5 sati nakon unosa. Šest sati nakon unosa 80% magnezija već je apsorbirano. Pri dnevnom unosu od 370 mg, apsorbira se između 30 i 50% magnezija (8). Međutim, učinkovitost apsorpcije ovisi o statusu magnezija u organizmu. Kod niskoga prehranbenog unosa apsorpcija može dosegnuti 80%, no pri prekomjernom unosu ona se smanjuje na 20% (9). Magnezij se apsorbira kao Mg^{2+} , a nije poznato apsorbira li se zajedno s drugim nutrijentima ili kao magnezijev kompleks (10).

Magnezijev oksid najčešće je rabljena magnezijeva sol zbog pristupačnosti i cijene. Iako magnezijev oksid sadržava oko 60% elementarnog magnezija, apsorbira se samo oko 4% (11). Veliku bioraspoloživost imaju organske magnezijeve soli kao što su magnezijev citrat, glukonat, orotat ili aspartat, vjerojatno zbog njihove bolje topljivosti (12). Nekoliko je kliničkih istraživanja uspoređivalo apsorpciju magnezijeva oksida i magnezijeva citrata, a rezultati su pokazali da je bolja apsorpcija citrata nego oksida (13, 14). Boljoj apsorpciji magnezija pridonosi unos vitamina B6 jer on olakšava ulazak magnezija u stanicu, što dovodi do smanjenja izlučivanja magnezija i povećanja njegove učinkovitosti (15).

TABLICA 3. Biološka raspoloživost i farmakodinamička svojstva određenih oblika magnezijevih soli i njihova upotreba

1. Magnezijev oksid	Slaba biološka raspoloživost; bolja apsorpcija magnezija u praškastom obliku (8%) u usporedbi s tabletom (4%)
2. Magnezijev hidrokسيد	Slaba apsorpcija; primjenjuje se kao antacid i laksativ
3. Magnezijev klorid, laktat i aspartat	Veća biološka raspoloživost
4. Magnezijev citrat	Znatno bolja apsorpcija u usporedbi s oksidom; primjenjuje se u prevenciji apsorpcije oksalata i nastanka kamenaca

Prilagođeno prema ref. 1.

Mehanizam djelovanja magnezija pri tjelesnoj aktivnosti

U mitohondriju se nalaze znatne zalihe unutarstaničnog magnezija, a upravo se ondje zbivaju reakcije sinteze adenozin trifosfata (ATP) iz adenozin difosfata (ADP) i anorganskog fosfata. Također, magnezij se veže za ATP kako bi nastao biološki aktivan oblik Mg-ATP. Kompleks Mg-ATP primarni je izvor energije i nuždan je za mnoge fiziološke funkcije uključujući živčanu provodljivost, kontrakciju mišića i regulaciju krvnog tlaka (2).

Tjelesna aktivnost i magnezij u uzajamnom su odnosu pri kojemu prva regulira distribuciju i iskoristivost magnezija, dok je on zaslužan za snagu i kardiorespiratornu funkciju. Kao odgovor na tjelesnu aktivnost magnezij se transportira onamo gdje je najpotrebniji. Primjerice, tijekom dugotrajne vježbe izdržljivosti magnezij se iz seruma transportira u eritrocite ili mišiće, dok kratkotrajna tjelesna aktivnost može rezultirati povišenjem razine magnezija u plazmi zbog njezina smanjenog volumena (16). Tok ili fluks magnezija zbiva se za vrijeme aerobne tjelovježbe i nakon nje. Tijekom tjelesne aktivnosti magnezij prelazi iz plazme u adipocite i aktivne skeletne mišiće. Stupanj translokacije ekstracelularnog magnezija u te tjelesne odjeljke ovisi o razini proizvodnje ili potrošnje ATP-a. Neposredno nakon aerobne aktivnosti dolazi do redistribucije magnezija iz tkiva do cirkulacije. Magnezij se mobilizira iz kostiju, tkiva, mišića i masnog tkiva kako bi se njegova razina u plazmi vratila na onu prije tjelovježbe. Količina magnezija koji se oslobodi iz mišića ovisi o razini oštećenja mišića, odnosno o intenzitetu i trajanju tjelesne aktivnosti (17).

Nakon tjelesne aktivnosti raste izlučivanje magnezija urinom zbog povišene razine mliječne kiseline. Međutim, tjelovježba ne uzrokuje deficit magnezija u organizmu, već se radi o privremenoj redistribuciji magnezija iz ekstracelularne tekućine do tkiva gdje se iskorištava u fiziološkim procesima. No, zbog dugotrajne snižene koncentracije magnezija u plazmi, udružene s njegovom sniženom koncentracijom u eritrocitima tijekom dugotrajne naporene tjelesne aktivnosti, može se zaključiti da je tjelovježba povećala potrebe organizma za magnezijem. Ako povećan unos magnezija prehranom ili dodacima prehrani poboljša iskoristivost kisika i tjelesne *performances*, to znači da je u organizmu bio prisutan deficit magnezija (17).

Također, magnezij pomaže pri održavanju normalne kontrakcije mišića i njihove relaksacije. Njegov nedostatak u organizmu može dovesti do poremećaja funkcije neuromuskularnog sustava, što upućuje na moguću vezu između unosa magnezija i grčeva u mišićima. Zasad je povoljan učinak magnezija na ublažavanje grčeva u mišićima primijećen kod trudnica, ali nije i kod drugih skupina (2).

Znanstveni dokazi o utjecaju magnezija na sportske izvedbe

Zbog uloge magnezija u sintezi ATP-a te njegova doprinosa u održavanju normalne funkcije mišića i razine glukoze u krvi magnezij se istražuje kao potencijalno ergogeno sredstvo (2). Nekoliko je istraživanja pokazalo da je sportska izvedba povezana s razinom magnezija u serumu kod starijih osoba i sportaša. U randomizirano kliničko istraživanje iz 2006. godine bilo je uključeno 30 zdravih osoba dobi između 18 i 22 godine. Ispitanici su podijeljeni u tri skupine: prva je unosila magnezij u obliku dodatka prehrani (magnezijev sulfat u dozi od 10 mg/kg/dan), druga je skupina uz unos magnezija u obliku dodatka prehrani trenirala *taekwondo* (90 – 120 min 5 dana u tjednu), a treća je samo trenirala *taekwondo*. Istraživanje je trajalo 4 tjedna, a rezultat testa trčanja na 20 m (engl. *Shuttle-Run test*) pokazao je da unos magnezija u obliku dodatka prehrani poboljšava performance tako što smanjuje akumulaciju laktata, a to su prije pokazala i istraživanja na životinjama (18).

U jednom je istraživanju sudjelovalo 26 sportaša koji su vodili dnevnik prehrane tijekom 7 dana. Rezultati su pokazali da su sportaši unosili manje magnezija nego što je to preporučeno, što je u skladu s rezultatima drugih sličnih istraživanja. Također, u njihovoj je prehrani odnos kalcija i magnezija bio povećan, što može dovesti do smanjene apsorpcije magnezija. Dodatno je zabilježeno da je veći unos magnezija povezan s boljom fleksijom trupa, rotacijom, dinamometrijom šake, rezultatima skoka i svim rezultatima izokinetičkih testova snage (19). U randomiziranome, dvostruko slijepom, ukriženom istraživanju kontroliranom placebo, u kojem je sudjelovalo 13 sportaša, rezultati su pokazali da je unos magnezija u obliku dodatka prehrani povezan s boljom tjelesnom izvedbom. U tom se istraživanju ispitalo djelovanje akutnog i kroničnog unosa magnezija u usporedbi s placebo, a ispitanici su bili podijeljeni u 2 skupine. Prva skupina unosila je magnezij akutnim unosom (tijekom tjedan dana), a zatim je unosila placebo (kukuruzno brašno) s razmakom od tjedan dana (engl. *washout period*). Druga je skupina unosila magnezij kroničnim unosom (tijekom 4 tjedna), a placebo jednako kao i prva skupina. U drugom dijelu istraživanja grupe su zamijenjene. Ispitanici su unosili ukupno 300 mg magnezijeva citrata na dan podijeljeno u 4 kapsule. Na dane kada testiranje nije provedeno kapsule su unosili jednoliko raspoređene tijekom dana, no u dane testiranja unijeli su ukupnu dozu 3 sata prije testiranja. Rezultati su pokazali da akutni unos magnezija u obliku dodatka prehrani pridonosi snazi i sili pri dizanju utega na klupi (engl. *bench press*), što je u skladu s rezultatima prijašnjih istraživanja. Također, akutni unos magnezija rezultirao je sniženim sistoličkim i dijastoličkim krvnim tlakom u mirovanju. Ovo je istraživanje pokazalo da dugotrajni dodatni unos magnezija u obliku dodatka prehrani ne utječe na

tjelesnu izvedbu sportaša koji ga unose u odgovarajućim količinama. Međutim, uzmu li sportaši magnezij prije intenzivne tjelovježbe, on će povoljno djelovati na njihovu izvedbu (20). Ispitanici istraživanja o utjecaju magnezija na sportsku izvedbu uglavnom su bili mladi, aktivni ljudi. Međutim, postoji i nekoliko istraživanja na starijim osobama. Ono objavljeno 2006. godine u Italiji pokazalo je da je razina magnezija u serumu pozitivno povezana s radom mišića kod starijih osoba (21). Dobrobit primjene magnezija u obliku dodatka prehrani kod osoba starije dobi pokazalo je još jedno talijansko istraživanje u kojem je sudjelovalo 139 žena starijih od 65 godina. Ispitanice su podijeljene u dvije skupine. Prva je tijekom 12 tjedana jedanput na dan unosila magnezijev oksid u količini od 900 mg, što odgovara količini od 300 mg biološki iskoristivog magnezija. Druga skupina nije dobivala dodatak prehrani. Skupina koja je unosila magnezij postigla je dvostruko bolje rezultate na testovima tjelesne sposobnosti (engl. *Short Physical Performance Battery – SPPB*) u usporedbi s kontrolnom skupinom (22).

U literaturi su prisutni i neki oprečni rezultati utjecaja magnezija na sportsku izvedbu. Rezultate istraživanja u kojem dodatno uzimanje magnezija nije utjecalo na sportsku izvedbu možda valja pripisati različitim statusima magnezija u ispitanika. Mnoga istraživanja nisu procjenjivala početni status magnezija u organizmu. Stoga je moguće da unos magnezija u obliku dodatka prehrani pozitivno djeluje samo kod ispitanika s nedostatkom magnezija (17). Primjerice, istraživanje u kojem su sudjelovali trkači maratona s prikladnim statusom magnezija u organizmu pokazalo je da ispitanici nisu imali koristi od unosa 365 mg magnezija u obliku dodatka prehrani (23). No, možda su za poboljšanje tjelesne izvedbe pri ovako napornoj tjelesnoj aktivnosti potrebne više doze magnezija.

Praktične smjernice o primjeni magnezija u tjelesno aktivnih osoba

Zbog različitih dizajna istraživanja koja su se bavila proučavanjem utjecaja unosa magnezija u obliku dodatka prehrani na sportsku izvedbu zasad nema konačnih smjernica o njegovoj primjeni u tjelesno aktivnih osoba. Pozitivan učinak primijećen je pri primjeni različitih kemijskih oblika magnezija (magnezijeva oksida (22), citrata (20), sulfata (18), glukonata (24), apartata (25) i pikolinata (26)). Primijenjene doze kretale su se između 250 i 900 mg, a rijetko se davao magnezij s obzirom na tjelesnu masu ispitanika. U istraživanjima najčešće nije opisano vrijeme unosa, osim u istraživanju s magnezijevim glukonatom (24), gdje se magnezij unosio uz obroke (za doručak, ručak, večeru i večernji zalogaj) te istraživanju s magnezijevim citratom koji je pokazao pozitivan učinak na tjelesnu izvedbu unesen 3 sata prije testiranja (20).

Zaključak

Unatoč važnoj ulozi koju magnezij ima u sintezi ATP-a, o adekvatnoj razini magnezija kod sportaša često se ne vodi računa. Potrebe za magnezijem potencijalno rastu tijekom tjelesne aktivnosti, stoga pretpostavljamo da tjelesno aktivne osobe možda imaju povećane potrebe za magnezijem u usporedbi s tjelesno neaktivnim osobama kako bi zadržale optimalnu tjelesnu izvedbu.

Također, literatura pokazuje da sportaši često ne unose dovoljno magnezija prehranom. Rezultati nekih dosad objav-

ljenih istraživanja govore da neadekvatan status magnezija kod osoba koje sudjeluju u anaerobnim treninzima snage može dovesti do smanjene izdržljivosti, dok je pri aerobnoj tjelesnoj aktivnosti veći unos magnezija povezan s boljom kardiorespiratornom funkcijom. Zato je prijeko potrebno voditi računa o statusu magnezija u organizmu i, ovisno o potrebi, primijeniti ga u obliku dodatka prehrani. Kako bi se došlo do definitivnih zaključaka o mogućem utjecaju unosa preparata magnezija na sportsku izvedbu, potrebna su daljnja istraživanja s većim brojem ispitanika i prethodnim određivanjem statusa magnezija u organizmu sportaša.

LITERATURA

- Schwalfenberg GK, Genus SJ. The Importance of Magnesium in Clinical Healthcare. *Scientifica (Cairo)* 2017;2017:4179326. DOI: 10.1155/2017/4179326.
- Volpe SL. Magnesium in disease prevention and overall health. *Adv Nutr* 2013;4:378S–83S. DOI: 10.3945/an.112.003483.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2015. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for magnesium. *EFSA Journal* 2015;13:4186. Dostupno na: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4186>. Datum pristupa: 4. 7. 2019.
- Uredba (EU) br. 1169/2011 Europskog parlamenta i Vijeća od 25. listopada 2011. o informiranju potrošača o hrani, izmjeni uredbe (EZ) br. 1924/2006 i (EZ) br. 1925/2006 Europskog parlamenta i Vijeća te o stavljanju izvan snage Direktive Komisije 87/250/EEZ, Direktive Vijeća 90/496/EEZ, Direktive Komisije 1999/10/EZ, Direktive 2000/13/EZ Europskog parlamenta i Vijeća, direktiva Komisije 2002/67/EZ i 2008/5/EZ i Uredbe Komisije (EZ) br. 608/2004. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=CELEX%3A32011R1169>. Datum pristupa: 4. 7. 2019.
- Narodne novine. Pravilnik o tvarima koje se mogu dodavati hrani i koristiti u proizvodnji hrane te tvarima čije je korištenje u hrani zabranjeno ili ograničeno. Zagreb: Narodne novine br. 160/2013. Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_12_160_3359.html. Datum pristupa: 4. 7. 2019.
- Hermes Sales C, Azevedo Nascimento D, Queiroz Medeiros AC i sur. There is chronic latent magnesium deficiency in apparently healthy university students. *Nutr Hosp* 2014;30:200–4. DOI: 10.3305/nh.2014.30.1.7510.
- de Baaij JH, Hoenderop JG, Bindels RJ. Magnesium in man: Implications for health and disease. *Physiol Rev* 2015;95:1–46. DOI: 10.1152/physrev.00012.2014.
- Schuchardt JP, Hahn A. Intestinal Absorption and Factors Influencing Bioavailability of Magnesium—An Update. *Curr Nutr Food Sci* 2017;13:260–78. DOI: 10.2174/1573401313666170427162740.
- Quamme GA. Recent developments in intestinal magnesium absorption. *Curr Opin Gastroenterol* 2008;24:230–5. DOI: 10.1097/MOG.0b013e3282f37b59.
- Vormann J. Magnesium: Nutrition and metabolism. *Mol Aspects Med* 2003;24:27–37.
- Lindberg JS, Zobitz MM, Poindexter JR, Pak CY. Magnesium bioavailability from magnesium citrate and magnesium oxide. *J Am Coll Nutr* 1990;9:48–55.
- Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients* 2015;7:8199–226. DOI: 10.3390/nu7095388.
- Walker AF, Marakis G, Christie S, Byng M. Mg citrate found more bioavailable than other Mg preparations in a randomised, double-blind study. *Magnes Res* 2003;16:183–91.
- Kappeler D, Heimbeck I, Herpich C i sur. Higher bioavailability of magnesium citrate as compared to magnesium oxide shown by evaluation of urinary excretion and serum levels after single-dose administration in a randomized cross-over study. *BMC Nutr* 2017;3:7. DOI 10.1186/s40795-016-0121-3.
- Abraham GE, Schwartz UD, Lubran MM. Effect of vitamin B-6 on plasma and red blood cell magnesium levels in premenopausal women. *Ann Clin Lab Sci* 1981;11(4):333–6.
- Zhang Y, Xun P, Wang R, Mao L, He K. Can Magnesium Enhance Ex-

- ercise Performance? *Nutrients* 2017;9(9). DOI: 10.3390/nu9090946.
17. Nielsen FH, Lukaski HC. Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnes Res* 2006;19:180–9.
 18. Cinar V, Nizamlioğlu M, Moğulkoc R. The effect of magnesium supplementation on lactate levels of sportsmen and sedanter. *Acta Physiol Hung* 2006;93:137–44. DOI: 10.1556/APhysiol.93.2006.2-3.4.
 19. Santos DA, Matias CN, Monteiro CP i sur. Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players. *Magnes Res* 2011;24:215–9. DOI: 10.1684/mrh.2011.0290.
 20. Kass LS, Poeira F. The effect of acute vs chronic magnesium supplementation on exercise and recovery on resistance exercise, blood pressure and total peripheral resistance on normotensive adults. *J Int Soc Sports Nutr* 2015;12:19. DOI: 10.1186/s12970-015-0081-z. [Ispravak objavljen u: *J Int Soc Sports Nutr* 2018;15:36. DOI: 10.1186/s12970-018-0239-6.]
 21. Dominguez LJ, Barbagallo M, Lauretani F i sur. Magnesium and muscle performance in older persons: the InCHIANTI study. *Am J Clin Nutr* 2006;84:419–26. DOI: 10.1093/ajcn/84.1.419.
 22. Veronese N, Berton L, Carraro S i sur. Effect of oral magnesium supplementation on physical performance in healthy elderly women involved in a weekly exercise program: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2014;100:974–81. DOI: 10.3945/ajcn.113.080168.
 23. Terblanche S, Noakes TD, Dennis SC, Marais D, Eckert M. Failure of magnesium supplementation to influence marathon running performance or recovery in magnesium-replete subjects. *Int J Sports Nutr* 1992;2:154–64.
 24. Lukaski HC, Nielsen FH. Dietary magnesium depletion affects metabolic responses during submaximal exercise in postmenopausal women. *J Nutr* 2002;132:930–5. DOI: 10.1093/jn/132.5.930.
 25. Kawabe N, Suzuki M, Machida K, Shiota M. Magnesium metabolism after a full-marathon race. *Jap J Phys Fitness Sports Med* 1998;47:221–30. DOI: 10.7600/jspfsm1949.47.221.
 26. Westmoreland D, Porta S, Bacher H i sur. The effect of magnesium supplementation on exercise-induced plasma magnesium shifts and lactic acid accumulation in female youths. *Trace Elem Electro* 2004;21:95–8. DOI: 10.5414/TEP21095.

**ADRESA ZA DOPISIVANJE:**

Prof. dr. sc. Darija Vranešić Bender
KBC Zagreb
Klinika za unutarnje bolesti, Odjel za kliničku
prehranu
Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: dvranesi@kbc-zagreb.hr

PRIMLJENO/RECEIVED:

5. 5. 2019./May 5, 2019

PRIHVAĆENO/ACCEPTED:

3. 7. 2019./July 3, 2019

