



Nina Istenič,
Jure Kolar, Tim Podlogar

Uporaba kreatina kot dodatka k prehrani pri starostnikih

Izvleček

Kreatin sodi med enega izmed najbolj raziskanih in učinkovitih ergogenih prehranskih dopolnil. Njegovi učinki na kapaciteto za visoko-intenzivno vadbo in prirastek puste mišične mase so dobro raziskani in dokazani, zaradi česar se ga pogosto poslužujejo športniki. Glede na to, da je upad mišične mase ena izmed sprememb, ki spremlja proces staranja, je prehranska podpora z dodajanjem kreatina aktualna tudi za starostnike. Poleg vpliva na povečanje mišične mase in odziva na trening moči so potencialni učinki, relevantni za to populacijo, tudi zvišan anaerobni prag, povečanje aerobne kapacitete, povečanje delovne kapacitete, pospešeno okrevanje, večja zmožnost za vadbo in povečanje osteoblastne aktivnosti. Uživanje kreatina ima lahko potencialne pozitivne učinke tudi pri starostnikih, ki trpijo za kroničnimi boleznimi, kot so nevrodegenerativna obolenja, diabetes tipa II ali pri ljudeh s povečanim tveganjem za miokardno ishemijo ali kap. V pregledu podajamo pregled učinkov kreatina, aktualnih za starejšo populacijo, in smernice za njegovo uporabo.

Ključne besede: kreatin, starostniki, mišična masa, sarkopenija, prehranska dopolnila.



Creatine use among the elderly

Abstract

Creatine is one of the most studied ergogenic nutritional supplements. Its positive effects on the high-intensity exercise capacity and increase in lean muscle mass are well supported in the literature, which makes it very attractive for the athletes. Since decrease in muscle mass is a common issue of the ageing population, the use of creatine could also be attractive for the them. Effects of creatine that are the most relevant for the elderly are increased muscle mass, increased anaerobic threshold, enhanced recovery, increased exercise capacity and increased activation of osteoblasts. Supplementation of creatine may have positive effect also on the population with chronic diseases as are some neurodegenerative diseases, type II diabetes and patients at risk for myocardial ischemia and/or stroke. In the paper, the effects of creatine that are relevant for the ageing population and the guidelines for its use are presented.

Key words: creatine, elderly, muscle mass, sarcopenia, nutritional supplements.

■ Uvod

Starejši posamezniki se pogosto soočajo z zmanjšanimi kognitivnimi sposobnostmi, izgubo kostne in mišične mase in funkcionalne kapacitete. Vse to lahko vodi v zmanjšano kvaliteto življenja, zmanjšano zmožnost opravljanja vsakodnevnih opravil, povečano tveganje za padce in posledično večjo smrtnost (Ruiz idr., 2008). Telesna vadba predstavlja enega izmed pomembnih dejavnikov, s katerim lahko preventivno vplivamo na tovrsten upad sposobnosti in telesnih zmožnosti (Ferri idr., 2003). Na učinkovitost vadbe lahko pomembno vplivajo tudi povišan vnos beljakovin ter vnos prehranskih dopolnil, kot so nekatere aminokisliline (npr. levcin) in kreatin (Gualano idr., 2016), na vlogo in učinke katerega se bomo osredotočili v pričujočem prispevku.

Kreatin je eno izmed trenutno najbolj raziskanih in učinkovitih ergogenih prehranskih dopolnil, ki vpliva na kapaciteto za visokointenzivno vadbo in prirastek puste mase (Kreider idr., 2017). Ima številne akutne pozitivne učinke na zmožnost za vadbo in adaptacijo na vadbo pri populacijah različnih starosti in mnogi med njimi vplivajo tudi na proces staranja. Potencialni učinki dodajanja kreatina, relevantni za starejši populacijo, so predvsem povečanje mišične mase in odziva na trening moči, zvišan anaerobni prag, povečanje aerobne kapacitete, večja delovna kapaciteta, pospešeno okrevanje in večja zmožnost za vadbo (Kreider idr., 2017).

Povprečna vsakodnevna prehrana odraslega posameznika vsebuje 1–2 g kreatina dnevno, kar zadostuje za 60–80 % zapolnjene zaloge kreatina v mišicah. Pri starostnikih je zaradi uživanja manjše količine hrane posledično nižji tudi vnos kreatina. Dodatek le-tega v obliki prehranskega dopolnila torej prispeva k zapolnitvi mišičnih zalog kreatina in CrP v razponu 20–40 % (Hultman idr., 1996). Količina zaužitega kreatina dnevno je odvisna od cilja in se razlikuje, če je to polnjenje mišičnih zalog kreatina, njihovo ohranjanje, višanje koncentracije kreatina v možganih ali vplivanje na bolezen. Študije kažejo, da je uživanje kreatina v količini do 30 g dnevno v obdobju vsaj 5 let varno in da ga različno stare trenirane in netrenirane populacije dobro prenašajo (Kreider idr. 2017).

■ Mehanizmi delovanje kreatina kot dodatka k prehrani

Kreatin je organska nebeljakovinska aminokislina in je naravno prisotna v vseh vretenčarjih. Igra zelo pomembno vlogo v celičnih energetskih procesih, še posebej v mišicah in možganih (J. T. Brosnan, da Silva in Brosnan, 2011). Kreatin, shranjen v človeškem telesu, pridobimo z njegovo sintezo v jetrih in ledvicah (J. T. Brosnan idr., 2011) in/ali prehranskim vnosom (M. E. Brosnan in Brosnan, 2016). Med živila, naravno bogata s kreatinom, sodijo predvsem mesni izdelki (npr. rdeče meso ter ribe).

Približno 95 % kreatina se v ljudeh nahaja v skeletnih mišicah, preostanek pa se nahaja v možganih ter testisih (Kreider idr., 2017). Približno dve tretjini skeletno-mišičnega kreatina je vezanega v spojino, znano kot fosfokreatin oziroma kreatin fosfat (PCr), preostanek pa je v prosti obliki kreatina. Količina shranjenega PCr se v mišicah razlikuje predvsem z ozirom na tip mišičnih vlaken in njegov dnevni vnos. Povprečen človek ima tako shranjenega približno 120 mmol kreatina na kilogram suhe mišične mase, ta številka pa je lahko tudi do 40 % višja (Green, Hultman, Macdonald, Sewell in Greenhaff, 1996; Hultman, Söderlund, Timmons, Cederblad in Greenhaff, 1996).

Kreatin se iz telesa izloči z urinom v obliki kreatinina, vsakodnevno se izloči za približno 1–2 % shranjenega kreatina (Harris, Söderlund in Hultman, 1992), ki ga mora telo nadomestiti. Izločanje kreatina je sicer odvisno glede na spol (manjše izločanje pri ženskah) in količino mišične mase (več mišične mase pomeni večje izločanje) (J. T. Brosnan idr., 2011). Dnevne potrebe po kreatinu tako znašajo približno 1–3 grame, kar posamezniku omogoča vzdrževanje običajnih vrednostih kreatina (Kreider idr., 2017). Potrebe po dnevnem vnosu kreatina pa so lahko pri posameznikih z veliko mišično maso veliko višje (5–10 g na dan), v kolikor ti želijo vzdrževati relativno visoke koncentracije znotrajmišičnega kreatina (Kreider idr., 2003). Polovico te vrednosti človek navadno vnese s prehrano (M. E. Brosnan in Brosnan, 2016), druga polovica pa se proizvede v ledvicah oziroma jetrih, za kar so poleg določenih encimov potrebne tri aminokisliline (glicin, metionin in arginin) (J. T. Brosnan idr., 2011). Vegetarijanci in vegani, ki ne uživajo prehrane živalskega izvora, morajo dnevne potrebe po kreatinu

pokriti s sintezo ali z njegovo suplementacijo. Posamezniki, katerih vsakodnevna prehrana ne vsebuje hrane, bogate s kreatinom, imajo lahko 10–20 % nižje koncentracije kreatina (Kreider idr., 2017), kar pomeni, da imajo ti posamezniki večji potencial za povečanje koncentracije kreatina s suplementacijo.

Kreatin v telesu igra ključno vlogo pri nastanku ATP-ja pri kratkotrajnih in zelo intenzivnih naporih (npr. tek na 100 m), ki jim sicer pravimo tudi anaerobni alaktatni napori. Ob razpadu PCr na kreatin in fosfatno skupino (Pi) se sprosti energija, ki jo telo porabi za pretvorbo ADP nazaj v ATP, tako da PCr donira Pi ADP-ju, pri čemer je ključen encim kreatin kinaza. Ta proces je reverzibilen, kar pomeni, da se kreatin lahko zopet poveže s Pi v kreatin fosfat. To se zgodi v mitohondrijih, za kar je potreben kisik (MacLaren in Morton, 2012). Povišane vrednosti kreatina oziroma PCr-ja v telesu tako povečajo posameznikovo kapaciteto za proizvodnjo ATP-ja pri kratkih in intenzivnih naporih (Williams, 1999).

Kreatin v športnih dodatkih navadno prihaja v obliki kreatin monohidrata (Kreider idr., 2017). Obstajajo tudi drugi viri kreatina (kreatin citrat, kreatinski serum, kreatin etil ester, pufrske oblike kreatina, kreatin nitrat itd.), za katere proizvajalci prehranskih dodatkov trdijo, da so učinkovitejši od kreatin monohidrata, kar pa doslej ni bilo dokazano (Jäger, Purpura, Shao, Inoue in Kreider, 2011).

Kreatin se absorbira v kri, od koder preide v tkiva (Jäger idr., 2011). Vrednosti kreatina navadno dosežejo najvišje vrednosti eno uro po njegovem zaužitju (Hultman idr., 1996).

Kreatin poseduje osmotske lastnosti, ki pomagajo zadrževati vodo v telesu. Kreatinsko polnjenje tako lahko poveča količino vode v telesu (0,5–1 l), kar se odrazi tudi v povečani masi (Kreider idr., 2017).

■ Učinki kreatina na mišično tkivo, kostno tkivo in možgane

Jemanje kreatina kot dodatka k prehrani dokazano izboljšuje kvaliteto različnih človeških tkiv. Najbolje dokumentirane spremembe so zabeležene v mišičnem in kostnem tkivu ter možganih.

Mišično tkivo

Meta-analiza iz leta 2003 je v pregled vzela 67 študij, od tega jih je 43 zaključilo, da je dodatek kreatina vodil v višji delež puste ali telesne mase (Branch, 2003). Pomemben podatek je, da so v študije bile vključene mlade in odrasle osebe. Takratni pregled literature je pokazal, da je narejenih manj raziskav v povezavi s starostniki, kljub temu pa številne študije, predvsem novejše, poročajo o pozitivnih učinkih jemanja kreatina pri starejših osebah (Eijnde, 2003; Rawson, 2002; Chilibeck, 2015; Gualano, 2014; Lobo, 2015).

Znano je, da je sistematizirana telesna vadba učinkovito sredstvo proti neizogibnim procesom staranja in njihovim posledicam. Posebna oblika fizične vadbe je vadba z bremenom, ki povečuje mišični presek ter mišično moč (Schoenfeld, 2010). Vse več raziskav poudarja pomembnost takšnega treniranja tudi za starostnike (Breen in Philips, 2011).

Raziskave nakazujejo (Gotshalk, 2008; Rawson in Clarkson, 2000; Stout, 2007), da ima sama suplementacija kreatina (brez vadbe) prav tako ugodne učinke. Poveča se telesna masa (zaradi zadrževanja vode), mišična moč in funkcijska sposobnost vsakodnevne aktivnosti, utrujenost pa se pojavi kasneje. Do podobnih rezultatov je prišel tudi Bell (2017), ki je nedavno dokazal, da se je pri kontrolni skupini za malo povečal mišični prirastek.

Zdi se, da daje kombinacija obojega najboljše rezultate. Devries in Philips (2014) sta v svoji meta-analizi s 357 starostniki zaključila, da dodatek kreatina in vadba z bremenom izboljšujeta mišični prirastek, moč in funkcionalno zmogljivost bolj kakor samo vadba z bremenom. Gualano (2014) je prišel do rezultatov, da je incidenca sarkopenije nižja v skupini, v kateri so posamezniki jemali kreatin v primerjavi s kontrolno skupino.

Kljub številnim dokazom učinkovitosti kreatina pa nekaterim raziskovalcem ni uspelo najti prednosti kreatina.

Kostno tkivo

Telesu lasten kreatin ima pomembno vlogo pri pregradnji kosti. Le-ta poveča metabolno aktivnost, diferenciacijo in mineralizacijo osteoblastov, ki formirajo kost. Osteoblasti vsebujejo receptor aktivator jedrnega faktorja-kappa B (RANKL). Ta se veže na receptor receptor (RANK) prekur-

zorske osteoklastne celice, kar povzroči diferenciacijo prekurzorja v zrelo osteoklastno celico, ki sodeluje pri fazi resorpcije kosti. Pri povišani osteoblastni aktivnosti se poveča produkcija osteoprotegerina, ki preprečuje vezavo receptorja osteoblasta na osteoklast, kar inhibira osteoklastno aktivnost. Dodatek kreatina bi naj še povečal osteoblastno aktivnost in posledično inhibiral osteoklastogenezo (Gerber, 2005).

Tako eksperimentalne raziskave na podganah kot tudi raziskave na ljudeh dajejo nejasno sliko o vplivu kreatina na kosti. Številne skupine ljudi imajo težavo z manjšo gostoto kosti. Duchennova in Beckerjeva mišična distrofija posredno močno zmanjšata mineralizacijo kosti, prav tako pa je znano, da starejši ljudje (zlasti ženske) obolevajo za osteopenijo oziroma osteoporozo. V nadaljevanju so predstavljene nekatere raziskave, ki so preučevale vpliv učinkov kreatina na kosti.

Tabela 1

Prikaz raziskav in rezultatov o vplivu kreatina na kostno tkivo

| Raziskava | Testirana skupina | Pozitivni učinki |
|--------------------|-------------------|---|
| De Souza (2012) | Podgane | ↑ gostote ledvenih vretenc |
| Murai (2015) | Podgane | – |
| Louis (2003) | Distrofiki | 2–3 % ↑ mineralizacije kosti |
| Tarnopolsky (2004) | Distrofiki | – |
| Beck (2011) | Starostniki | ↑ širine pokostnice stegna (↑ trpežnosti upogibnih sil) |
| Chilibeck (2015) | Starostniki | ↑ širine pokostnice zgornjih udov |
| Lobo (2015) | Starostniki | – |

Možgani

V možganih je shranjenega le malo kreatina, saj se ga 95 % nahaja v mišičnem tkivu. Kljub tako majhnemu deležu kreatina v možganih pa le-ti porabijo do kar 20 % dnevne energije za svoje delovanje. Primanjkljaj kreatina v možganih lahko povzroči določena bolezenska stanja, kot so na primer depresija, shizofrenija in sindrome pomanjkanja kreatina.

Število raziskav v povezavi s kreatinom in možgani je bistveno manjše v primerjavi z mišicami in kostmi. Nekateri raziskave so prikazale vzpodbudne rezultate, kot so na primer izboljšanje spanca (McMorris, 2006) in zmanjšanje psihične utrujenosti (Watanabe, 2002). Valenzuela (2003) pravi, da je količina kreatina v možganih možno povečati s treningom spomina.

Večino raziskav, ki so bile narejene v povezavi z možgani, so v vzorec vzele mlade

in odrasle ljudi, ne pa tudi starostnikov. McMorris (2006) je ugotovil, da ima dodajanje kreatina vpliv na izboljšanje nekaterih kognitivnih sposobnosti. Alves (2013), na primer, ni zabeležil izboljšanja kognitivnih sposobnosti. Za boljše razumevanje vpliva kreatina na možgane so potrebne nadaljnje raziskave.

Vloga kreatina pri sarkopeniji

Sarkopenija je s starostjo povezana izguba mišične mase. Izgubljena je tako kvanti- kot kvaliteta (Thompson, 2009). Izguba mase je neločljivo povezana z izgubo mišične jakosti (dinapenija), kar v dobi visoke starosti predstavlja eno izmed tveganj za poškodbe mišično-skeletnega sistema. Pogost primer so predvsem padci, ki za sabo ptegnejo celotno verigo drugih komplikacij (zlomi kosti, posttravmatske nekroze, psevdoartroze ...). V primeru, da je poškodovan

kol, je posamezniku onemogočeno gibanje, kar lahko predstavlja tudi življenjsko ogrožujoče stanje zaradi kardiovaskularnih in pulmonalnih obolenj, ki jim lahko sledijo. Kar 25 % ljudi, starejših od 70 let, in 30–50 % starejših nad 80 let ima diagnosticirano sarkopenijo (Hepple, 2003). Zdravljenje predstavlja visok strošek, ki v ZDA znaša kar 300 milijard letno (Booth, 2000).

V veliko pomoč bi bila preventivna metoda. Oralna suplementacija kreatina se zdi učinkovita rešitev. Candow (2008) in Brose (2003) sta ugotovila, da se statistično značilno poveča mišična masa in moč pri dodajanju 5 g kreatina dnevno pri starostnikih. Tudi Gotshalk (2008) je ugotovil povečano moč in zvišanje puste mase pri merjenkah po le enem tednu jemanja kreatina. Seveda pa je potrebno dodati, da je za najučinkovitejše rezultate potrebno vpeljati tudi vadbo z bremenom.

■ Kreatin in starostniki

Količina

Glede na številne pozitivne učinke kreatina nekateri raziskovalci priporočajo uživanje 3 g kreatina dnevno med staranjem (Kreider idr., 2107).

Najbolj učinkovit način zapolnitve mišičnih zalog kreatina je uživanje 5 g (oz. približno 0,3 g/kg telesne mase) kreatin monohidrata 4-krat dnevno pet do sedem dni. Ko so mišične zaloge zapolnjene, za vzdrževanje zadostuje uživanje 3–5 g kreatina dnevno (Harris, Sonderlund in Hultman, 1992). Alternativen protokol predpisuje uživanje 3 g kreatina dnevno tekom 28 dni. Pri tem se mišične zaloge kreatina v primerjavi s prvim protokolom polnijo postopoma, zaradi česar je začetni učinek na zmogljivost in adaptacije na trening manjši (Hultman idr., 1996). Ko so mišične zaloge kreatina zapolnjene, traja 4–6 tednov, da se vrnejo nazaj na prvotno vrednost. Če želimo z zauživanjem kreatina zvišati koncentracijo kreatina v možganih, odložiti pomanjkljivo sintezo kreatina ali vplivati na bolezen, je potrebno uživanje večje količine kreatina tekom daljšega časovnega obdobja (Bender in Klopstock, 2016).

Študije so pokazale, da je jemanje kreatina v količini do 30 g dnevno v obdobju 5 let varno in da ga različne populacije dobro prenašajo, ter ne ponujajo nobenih znanstvenih dokazov, da bi imelo kratkotrajno ali dolgotrajno uživanje kreatina (od 0,3 do 0,8 g/kg/dan, torej do 30 g dnevno, v obdobju do 5 let) kakršnekoli škodljive učinke. Edini v literaturi zabeležen stranski učinek uživanja kreatina je povečanje telesne mase (Kreider idr., 2017). Dodajanje ogljikovih hidratov ali ogljikovih hidratov in beljakovin h kreatinu izboljša mišični privzem kreatina, vendar ni nujno, da poveča tudi zmogljivost. Kljub nekaterim znanstveno nepodprtih dvomom literatura ne ponuja nobenih dokazov, da uživanje kreatina poveča pojavnost mišičnoskeletnih poškodb, dehidracijo, mišične krče, prebavne težave, ledvične okvare ipd. (Kreider idr., 2017)

Kreatin in vadba

Kreatin ima mnogo pozitivnih učinkov, aktualnih za starejšo populacijo. Med njimi so večje povečanje pustne mišične mase in moči z vadbo z bremen, ohranjanje kostne gostote, povečanje funkcionalne kapacitete, izboljšanje kognitivnih funkcij, pospešena regeneracija po vadbi, zmanjšana atrofija ob imobilizaciji, poleg tega pa ima

tudi potencialne pozitivne učinke na posameznike z nekaterimi kroničnimi boleznimi (Kreider idr., 2017).

Glede na to, da postopna izguba mišične mase spremlja proces staranja, je učinek kreatina na povečanje mišične mase pomemben za tovrstno populacijo. Starostniki, ki ob vadbi z bremenom uživajo tudi kreatin, imajo večji prirastek v mišični moči, mišični masi in funkcionalni kapaciteti (Candow in Chilibeck, 2014 v Kreider, 2017) v primerjavi s posamezniki, ki ob vadbi ne uživajo kreatina. Raziskave kažejo na to, da uživanje kreatina lahko pomaga pri preprečevanju sarkopenije in izgube kostne mase pri starejši populaciji, kar bo poglobljeno razloženo v nadaljevanju. Lahko tudi zmanjša mišično atrofijo kot posledico imobilizacije in izboljša okrevanje med rehabilitacijo z vadbo, vendar so si rezultati študij heterogeni, tako da je potrebnih več raziskav na tem področju.

Pri starejših moških je dodajanje manjše količine kreatina (0,1 g/kg/dan) v kombinaciji z beljakovinami (0,3 g/kg/dan) povečalo pusto mišično maso in moč zgornjega dela telesa ter obenem zmanjšalo markerje, ki kažejo na razgradnjo mišičnih beljakovin (Candow idr., 2008). 12-mesečno uživanje kreatina (0,1 g/kg/dan) ob vadbi z bremenom je izboljšalo moč, pripomoglo k ohranjanju kostne gostote vratu stegenice pri ženskah v menopavzi (Chilibeck idr. 2015).

Poleg tega lahko dodajanje kreatina zmanjša tudi mišične poškodbe, ki nastanejo kot posledica vadbe, in/ali izboljša okrevanje po intenzivni vadbi. Glede na regeneracijo, ki se s staranjem upočasni, bi bil to lahko eden izmed pomembnih dejavnikov pri odločitvi za uporabo kreatina, sploh v začetnih fazah vadbe z bremenom. Poleg tega tudi pripomore k zmanjšanju mišično-skeletnih poškodb, dehidraciji in/ali mišičnim krčem (Kreider idr., 2017) ter zmanjša mentalno utrujenost (Candow idr., 2008) in/ali izboljša kognitivne funkcije (Rae idr., 2003; McMorris idr., 2007).

Kreatin in vadba pri kroničnih boleznih

Uživanje kreatina ob vadbi ima pozitivne učinke tudi pri posameznikih, ki trpijo za nekaterimi kroničnimi boleznimi, značilnimi za starejšo populacijo.

Dodajanje kreatina k prehrani lahko izboljša kapaciteto za vadbo pri pacientih z nevrodegenerativnimi boleznimi, kot so mišična distrofija, Huntingtonova bolezen,

Parkinsonova bolezen idr. Ker kreatin in kreatinfosfat igrata pomembno vlogo tudi pri ohranjanju miokardialne bioenergetike med ishemičnimi dogodki, je preventivno jemanje kreatina lahko koristno za paciente z večjim tveganjem za miokardno ishemijo in/ali kap (Kreider idr., 2017). Pri pacientih z diabetesom tipa 2 dodajanje kreatina (5 g/dan) v kombinaciji s programom vadbe izboljša glikemično kontrolo in uravnavanje glukoze (Gualano idr., 2011).

Kreatin monohidrat lahko nase veže manjšo količino vode. Posledično njegovo uživanje poveča količino intracelularne tekočine in zmanjša termoregulacijski in srčno-žilni odziv na daljšo telesno aktivnost ter s tem izboljša hidracijo in termoregulacijski odziv telesa med daljšo telesno aktivnostjo v vročini. Kreatin bi se lahko uporabljal kot hiperhidracijska strategija med športniki, ki izvajajo daljše telesne aktivnosti v vročih in vlažnih pogojih (Dalbo idr., 2008). Morda bi bil lahko zaradi teh lastnosti tudi zanimiva izbira za posameznike s srčno-žilnimi boleznimi, ki uživajo diuretike in imajo zaradi tega povečano tveganje za dehidracijo v toplejših in vlažnih pogojih (Piepoli idr., 2011).

■ Zaključek

Kreatin je v zadnjih dvajsetih letih prejel ogromno pozornosti. Tako gre brezdvomno za enega najbolj raziskanih prehranskih dopolnil na trgu. Pregled literature je pokazal zanesljivo in varno uporabo dodatka k prehrani (zlasti v povezavi z mišičnim tkivom), vendar so raziskave o učinkovitosti na določenih področjih (vpliv kreatina na možgane in kosti) še vedno neskladne. Razloge za to lahko iščemo v heterogenosti vzorca (velikost, starost, fizična aktivnost ...), ko-suplementaciji, dolžini trajanja raziskave idr. Obstajajo dokazi, da kreatin ni učinkovit le pri zdravi populaciji starostnikov, temveč tudi pri populaciji nevrodegenerativnih in kardialnih kroničnih boleznih. Sam dodatek kreatina vodi v manjše spremembe morfološkega statusa posameznika, toda za učinkovitejše rezultate priporočamo prilagojeno vadbo z bremenom.

■ Literatura

1. Alves, C.R. in drugi (2013). Creatine supplementation associated or not with strength training upon emotional and cognitive measures in older women: a randomized double-blind study. *Plos One*; 8 (10). Pridr.

- bljeno iz: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0076301>
2. Beck, T.J. in drugi (2011). Confounders in the association between exercise and femur bone in postmenopausal women. *Medicine in Science in Sports in Exercise*; 43, 80–89. Pridobljeno iz: <http://europepmc.org/abstract/med/20473223>
 3. Bender, A. in Klopstock, T. (2016). Creatine for neuroprotection in neurodegenerative disease: end of story? *Amino acids*, 48(8), 1929–1940. Pridobljeno iz www.researchgate.net.
 4. Bermon, S., Venembre, P., Sachet, C., Valour, S., in Dolisi C. (1998). Effects of creatine monohydrate ingestion in sedentary and weight-trained older adults. *Acta Physiologica*; 164 (2), 147–155. Pridobljeno iz: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-201X.1998.00427.x/full>
 5. Booth, F.W., Gordon, S.E., Carlson C.J. in Hamilton, M.T. (2000). Waging war on modern chronic diseases: primary prevention through exercise biology. *Journal of Applied Physiology*; 88 (2), 774–787. Pridobljeno iz: <http://jap.physiology.org/content/88/2/774.short>
 6. Branch, J.D. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*; 13 (2), 198–226. Pridobljeno iz: <http://journals.humankinetics.com/doi/abs/10.1123/ijsnem.13.2.198>
 7. Breen, L., in Philips, S.M. (2011). Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: Interventions to counteract the 'anabolic resistance' of ageing. *Nutrition in Metabolism*, 8, 68. Pridobljeno iz: <https://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-7075-8-68>
 8. Brose, A., Parise G., in Tarnapolsky M.A. (2003). Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. *The Journals of Gerontology*; 58 (1), B11–B19. Pridobljeno iz: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/58/1/B11/582346/Creatine-Supplementation-Enhances-Isometric>
 9. Brosnan, J. T., da Silva, R. P. in Brosnan, M. E. (2011). The metabolic burden of creatine synthesis. *Amino Acids*, 40, 1325–1331.
 10. Brosnan, M. E. in Brosnan, J. T. (2016). The role of dietary creatine. *Amino Acids*, 48, 1785–1791.
 11. Buford, T. W., Kreider, R. B., Stout, J. R., Greenwood, M., Campbell, B., Spano, M., ... in Antonio, J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4(1), 6. Pridobljeno iz www.biomedcentral.com.
 12. Candow, D. G., Little, J. P., Chilibeck, P. D., Abeysekera, S., Zello, G. A., Kazachkov, M., ... in Yu, P. H. (2008). Low-dose creatine combined with protein during resistance training in older men. *Medicine in Science in Sports in Exercise*, 40(9), 1645–1652. Pridobljeno iz www.academia.edu.
 13. Candow, D.G. in Chilibeck, P.D. (2008). Timing of creatine or protein supplementation and resistance training in the elderly. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*; 33 (1), 184–190. Pridobljeno iz: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/H07-139/apnm-vs.2015.01.issue-02#WduK7puKM8>
 14. Candow, D. G., Chilibeck, P. D. in Forbes, S. C. (2014). Creatine supplementation and aging musculoskeletal health. *Endocrine*, 45(3), 354–361.
 15. Chilibeck, P. D., Candow, D. G., Landeryou, T., Kaviani, M. in Paus-Jenssen, L. (2015). Effects of creatine and resistance training on bone health in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc*, 47(8), 1587–1595. Pridobljeno iz www.researchgate.net.
 16. Dalbo, V. J., Roberts, M., Kerksick, C. in Stout, J. (2008). Putting the myth of creatine supplementation leading to muscle cramps and dehydration to rest. *British journal of sports medicine*. Pridobljeno iz www.researchgate.net.
 17. De Souza, R.A. in drugi (2012). Lasers Influence of creatine supplementation on bone quality in the ovariectomized rat model: an FT-Raman spectroscopy study. *Lasers in Medical Science*; 27 (2), 487–495. Pridobljeno iz: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10103-011-0976-0>
 18. Devries M.C. in Philips, S.M. (2014). Creatine supplementation during resistance training in older adults – a meta-analysis. *Medicine in Science in Sports in Exercise*; 46, 1194–1203. Pridobljeno iz: https://www.researchgate.net/profile/Stuart_Phillips/publication/260430243_Creatine_Supplementation_during_Resistance_Training_in_Older_Adults-A_Meta-analysis/links/53df63c00cf2a768e49b9353.pdf
 19. Eijnde B.O. in drugi (2003). Effects of creatine supplementation and exercise training on fitness in men 55–75 years old. *Journal of Applied Physiology*; 95 (2), 818–828. Pridobljeno iz: <http://jap.physiology.org/content/95/2/818.short>
 20. Ferri, A., Scaglioni, G., Pousson, M., Capodaglio, P., Van Hoecke, J. in Narici, M. (2003). Strength and power changes of the human plantar flexors and knee extensors in response to resistance training in old age. *Acta Physiologica*, 177(1), 69–78. Pridobljeno iz www.researchgate.net.
 21. Gerber, I., Ap Gwynn I., Alini, M. (2005). Stimulatory effects of creatine on metabolic activity, differentiation and mineralization of primary osteoblast-like cells in monolayer and micromass cell cultures. *European Cell Marer*; 15: 108–122. Pridobljeno iz: https://www.researchgate.net/profile/Theo_Wallimann/publication/7720249_Stimulatory_effects_of_creatine_on_metabolic_activity_differentiation_and_mineralization_of_primary_osteoblast-like_cells_in_monolayer_and_micromass_cell_cultures/links/09e415072e635f1b92000000/Stimulatory-effects-of-creatine-on-metabolic-activity-differentiation-and-mineralization-of-primary-osteoblast-like-cells-in-monolayer-and-micromass-cell-cultures.pdf
 22. Gotshalk, L.A. in drugi (2008). Creatine supplementation improves muscular performance in older women. *European Journal of Applied Physiology*; 102, 223–231. Pridobljeno iz: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-007-0580-v>
 23. Green, A. L., Hultman, E., Macdonald, I. A., Sewell, D. A. in Greenhaff, P. L. (1996). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *The American Journal of Physiology*, 271, E821–6.
 24. Gualano, B., Painelli, V. D. S., Roschel, H., Artioli, G. G., MANOEL NEVES, J. R., Pinto, A. L. D. S., ... in Ferreira, J. C. (2011). Creatine in type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Medicine in Science in Sports in Exercise*, 43(5), 770–778. Pridobljeno iz www.academia.edu.
 25. Gualano, B. in drugi (2014). Creatine supplementation and resistance training in vulnerable older women: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Experimental Gerontology*; 53 (3), 7–15. Pridobljeno iz: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0531556514000515>
 26. Gualano, B., Rawson, E. S., Candow, D. G. in Chilibeck, P. D. (2016). Creatine supplementation in the aging population: effects on skeletal muscle, bone and brain. *Amino acids*, 48(8), 1793–1805. Pridobljeno iz www.researchgate.net.
 27. Harris, R. C., Söderlund, K. in Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science (London, England : 1979)*, 83, 367–74.
 28. Hepple, R.T. (2003). Sarcopenia – a critical perspective. *Science of Aging Knowledge Environ*; 46, 31. Pridobljeno iz: <http://sageke.sciencemag.org/cgi/content/full/sageke;2003/46/pe31>
 29. Hultman, E., Söderlund, K., Timmons, J. A., Cederblad, G. in Greenhaff, P. L. (1996). Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 81, 232–7.
 30. Jäger, R., Purpura, M., Shao, A., Inoue, T. in Kreider, R. B. (2011). Analysis of the efficacy, safety, and regulatory status of novel forms of creatine. *Amino Acids*, 40, 1369–83.

31. Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., ... Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 18.
32. Kreider, R. B., Melton, C., Rasmussen, C. J., Greenwood, M., Lancaster, S., Cantler, E. C., ... Almada, A. L. (2003). Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 244, 95–104.
33. Lobo, D.M. in drugi (2015). Effects of long-term low-dose dietary creatine supplementation in older women. *Experimental Gerontology*; 70; 97–104. Pridobljeno iz: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0531556515300206>
34. Louis, M. in drugi (2003). Beneficial effects of creatine supplementation in dystrophic patients. *Muscle Nerve*; 27 (5), 604–610. Pridobljeno iz: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mus.10355/full>
35. MacLaren, D. in Morton, J. P. (2012). *Biochemistry for sport and exercise metabolism* (1st ed.). John Wiley in Sons.
36. McMorris, T. in ostali (2006). Effect of creatine supplementation in sleep deprivation, with mild exercise, on cognitive and psychomotor performance, mood state and plasma concentrations of catecholamines and cortisol. *Psychopharmacology*; 185, 93–103. Pridobljeno iz: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00213-005-0269-z>
37. McMorris, T., Harris, R. C., Howard, A. N., Langridge, G., Hall, B., Corbett, J., ... in Hodgson, C. (2007). Creatine supplementation, sleep deprivation, cortisol, melatonin and behavior. *Physiology in behavior*, 90(1), 21–28. Pridobljeno iz www.sciencedirect.com.
38. Murai, I.H. in drugi (2015). Exercise training, creatine supplementation, and bone health in ovariectomized rats. *Osteoporosis International*; 26 (4), 1395–1404. Pridobljeno iz: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00198-014-3017-6>
39. Piepoli, M. F., Conraads, V., Corra, U., Dickstein, K., Francis, D. P., Jaarsma, T., ... in Anker, S. D. (2011). Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European journal of heart failure*, 13(4), 347–357. Pridobljeno iz <http://onlinelibrary.wiley.com>.
40. Rae, C., Digney, A. L., McEwan, S. R. in Bates, T. C. (2003). Oral creatine monohydrate supplementation improves brain performance: a double-blind, placebo-controlled, crossover trial. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270(1529), 2147–2150. Pridobljeno iz www.ncbi.nlm.nih.gov.
41. Rawson, E.S., Clarkson, P.M., Price, T.B. in Miles, M.P. (2002). Differential response of muscle phosphocreatine supplementation in young and old subjects. *Acta Physiologica*; 174 (1), 57–65. Pridobljeno iz: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-201x.2002.00924.x/full>
42. Rawson, E.S. in Clarkson, P.M. (2000). Acute creatine supplementation in older men. *International Journal of Sports Medicine*; 21, 71–75. Pridobljeno iz: <https://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2000-8859>
43. Ruiz, J. R., Sui, X., Lobelo, F., Morrow, J. R., Jackson, A. W., Sjöström, M. in Blair, S. N. (2008). Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *Bmj*, 337, a439. Pridobljeno iz www.ncbi.nlm.nih.gov.
44. Schoenfeld, B.J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 24 (10), 2857–2872. Pridobljeno iz: http://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2010/10000/The_Mechanisms_of_Muscle_Hypertrophy_and_Their40.aspx
45. Stout, J.R., Sue Graves, B., Cramer, J.T., Goldstein E.R., Costa, P.B., Smith, A.E. in Walter, A.A. (2007). Effects of creatine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue threshold and muscle strength in elderly men and women (64–86 years old). *Journal of Nutrition, Health in Ageing*; 11, 459–464. Pridobljeno iz: <https://search.proquest.com/openview/ae6e20dc3f5ce0108b864ce86ba56d41/1?pq-origsite=gscholarincbl=28850>
46. Tarnopolsky M.A., Mahoney, D.J. in Vajsar, J. (2004). Creatine monohydrate enhances strength and body composition in Duchenne muscular dystrophy. *Neurology*; 62 (10): 1771–1777. Pridobljeno iz: <http://www.neurology.org/content/62/10/1771.short>
47. Thompson, L.V. (2009). Age-related muscle dysfunction. *Experimental Gerontology*; 44, 106–111. Pridobljeno iz: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0531556508001320>
48. Valenzuela, M.J., Jones, M., Wen, W., Rae, C., Graham, S., Shiner, R. in Sachdev, P. (2003). Memory training alter hippocampal neurochemistry in health elderly. *Neuroreport*; 14 (10), 1333–1337. Pridobljeno iz: http://journals.lww.com/neuroreport/Abstract/2003/07180/Memory_training_alters_hippocampal_neurochemistry.10.aspx
49. Watanabe, a., Kato, N. in Kato, T. (2002). Effects of creatine on mental fatigue and cerebral hemoglobin oxydation. *Neuroscience Research*; 42 (4), 279–285. Pridobljeno iz: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016801020200007X>
50. Williams, M. H. (1999). Facts and fallacies of purported ergogenic amino acid supplements. *Clinics in Sports Medicine*, 18, 633–49.

Nina Istenič, diplomantka kineziologije
Triglavska 12, 4226 Žiri, Slovenija
ninaistenic2@gmail.com