

Utjecaj suplementacije različitih vrsta kreatina na akutnu jakost

Lamza, Matias

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:265:378596>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Kinesiology Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Kineziološki fakultet Osijek
Diplomski sveučilišni studij Kineziološka edukacija

Matias Lamza

**UTJECAJ SUPLEMENTACIJE RAZLIČITIH VRSTA
KREATINA NA AKUTNU JAKOST**

Diplomski rad

Osijek, 2022.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Kineziološki fakultet Osijek
Diplomski sveučilišni studij Kineziološka edukacija

Matias Lamza

**UTJECAJ SUPLEMENTACIJE RAZLIČITIH VRSTA
KREATINA NA AKUTNU JAKOST**

Diplomski rad

JMBAG: 0111132926

e-mail:

mlamza@kifos.hr

Mentor: izv. prof. dr. sc. Zvonimir Tomac

Sumentor: Marin Marinović, mag.cin.

Osijek, 2022.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Kinesiology Osijek
University graduate study of Kinesiology

Matias Lamza

**EFFECT OF SUPPLEMENTATION OF DIFFERENT TYPES
OF CREATINE ON ACUTE STRENGTH**

Master's Thesis

Osijek, 2022.

IZJAVA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI,
SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA
1 ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je DIPLOMSKI
(navesti vrstu rada: završni / diplomski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Kineziološkog fakulteta Osijek, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju „Narodne novine“ broj 123/03., 198/03. 105/04., 174/04., 2/07.-Odluka USRH, 46/07., 63/11., 94/13, 139/13., 101/14.-Odluka USRH, 60/15.-Odluka USRH i 131/17.).
3. Izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

Ime i prezime studenta/studentice: Matias Lamza

JMBAG: 0111132926

Službeni e-mail: mlamza@kifos.hr

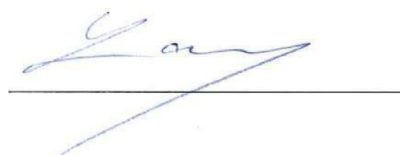
Naziv studija: Diplomski sveučilišni studij Kineziološka edukacija

Naslov rada: Utjecaj suplementacije različitih vrsta kreatina na akutnu jakost

Mentor/mentorica završnog / diplomskog rada: izv, prof. dr. sc. Zvonimir Tomac

U Osijeku 22.09.2022 godine

Potpis



Utjecaj suplementacije različitih vrsta kreatina na akutnu jakost

SAŽETAK

Dodaci u prehrani koriste se na svim razinama sporta, a njihov sastav čine minerali, vitamini, aminokiseline, tvari poput enzima i metabolita. Jedno od najučinkovitijih ergogenih pomagala je suplementacija kreatinom. Suplementacija dovodi do povećavanja mišićne mase i cjelokupnog kapaciteta treninga visokog intenziteta. Povećanje mišićne mase povezano je s uspješnijom izvedbom vježbi kao i adaptacijom sportaša na zahtjevnije treninge. Kreatin monohidrat je najčešći oblik kreatina korišten u istraživanjima. Sličan je ili identičan endogenom kreatinu, a popularan način suplementacije kreatina također je i njegova kombinacija s ugljikohidratima ili proteinima i ugljikohidratima. Primarni cilj ovog diplomskog rada bio je uz pomoć dinamometra utvrditi jakost u mišićima gornjih i donjih udova (*m. biceps brachii* i *m. quadriceps femoris*), te utvrditi utječe li konzumacija kreatina na akutnu jakost bez primjene treninga, te postoje li razlike u vrsti konzumiranog kreatina. U ovom istraživanju korištena su dva oblika kreatina: kreatin monohidrat i kreatin kompleks. Najdjelotvorniji učinak na akutnu jakost *m. biceps brachii* pokazao je protokol suplementacije kreatin kompleksom, dok se implementacija kreatin monohidratom pokazala najučinkovitijom pri djelovanju na *m. quadriceps femoris*. Konzumacija suplemenata u odabranim količinama i vremenu implementacije nije rezultirala statističkim značajnim povećanjem akutne jakosti mišića *m. biceps brachii* i *m. quadriceps femoris*.

Ključne riječi: kreatin monohidrat, kreatin kompleks, dinamometar, *m. biceps brachii*, *m. quadriceps femoris*

Effect of supplementation of different types of creatine on acute strength

ABSTRACT

Nutritional supplements are used at all levels of sports, and their composition consists of minerals, vitamins, amino acids, substances such as enzymes and metabolites. One of the most effective ergogenic aids is creatine supplementation. Supplementation leads to an increase in muscle mass and overall high-intensity training capacity. An increase in muscle mass is associated with a more successful performance of exercises as well as the adaptation of athletes to more demanding training. Creatine monohydrate is the most common form of creatine used in research. It is similar or identical to endogenous creatine, and a popular way of supplementing creatine is also its combination with carbohydrates or proteins and carbohydrates. The primary goal of this thesis was to determine, with the help of a dynamometer, the strength in the muscles of the upper and lower limbs (m. biceps brachii and m. quadriceps femoris), and to determine whether the consumption of creatine affects acute strength without the use of training, and whether there are differences in the type of consumed creatine. Two forms of creatine were used in this research: creatine monohydrate and creatine complex. The protocol of supplementation with creatine complex showed the most effective effect on the acute strength of the biceps brachii muscle, while the implementation of creatine monohydrate proved to be the most effective in acting on the quadriceps femoris muscle. The consumption of supplements in the selected amounts and time of implementation did not result in a statistically significant increase in the acute strength of the biceps brachii and quadriceps femoris muscles.

Keywords: creatine monohydrate, creatine complex, dynamometer, biceps brachii muscle, quadriceps femoris muscle

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 1.1. Kreatin | 1 |
| 1.1.1. Metaboličke uloge | 4 |
| 1.1.2. Energetski sustav ATP-CP | 6 |
| 1.2. Primjene kreatina | 7 |
| 1.2.1. Upotreba u sportu | 8 |
| 1.2.2. Sigurnost konzumacije kreatina | 10 |
| 1.2.3. Sindrom deficijencije kreatina | 10 |
| 1.2.4. Antitumorsko i antioksidativno djelovanje | 11 |
| 1.3. Dinamometrija | 12 |
| 1.4. Cilj i problem diplomskog rada | 14 |
| 2. Metode rada | 15 |
| 2.1. Uzorak ispitanika | 15 |
| 2.2. Mjerni instrumenti i varijable | 15 |
| 2.3. Opis protokola testiranja | 17 |
| 2.4. Statistička obrada podataka | 19 |
| 3. Rezultati | 20 |
| 3.1. Mjerenje maksimalne jakosti <i>m. biceps brachii</i> | 20 |
| 3.2. Mjerenje maksimalne jakosti <i>m. quadriceps femoris</i> | 23 |
| 4. Rasprava | 28 |
| 5. Zaključak | 31 |
| 6. Literatura | 32 |

1. Uvod

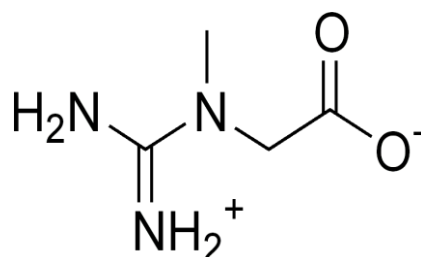
Određeni dodaci prehrani poboljšavaju izvedbu treninga, omogućuju brži oporavak i odgađaju pojavu umora usred vježbanja te u sportu dobivaju epitet ergogenih sredstava. Sportska populacija veliki interes pridaje svakoj prehranbenoj, farmakološkoj ili psihološkoj praksi te mehaničkim uređajima ili tehnikama koje pospješuju kapacitet izvedbe treninga. Dodaci u prehrani koriste se na svim razinama sporta, a njihov sastav čine minerali, vitamini, aminokiseline, tvari poput enzima i metabolita, te koncentrata ili ekstrakata iz hrane ili biljaka (Kreider i sur., 2004). Budući da specifični proizvodi s osobinama suplemenata ciljaju različite uloge unutar plana izvedbe treninga, njihov odabir i primjena razlikuje se kod svakog sportaša (Maughan i sur., 2018). Dodaci prehrani nisu zamjena za pravilnu prehranu, već je njihova primarna svrha pomoći osobi da uz pomoć suplemenata nadomjesti nutritivne potrebe koje ne uspijeva zadovoljiti svojom uobičajenom prehranom (Negro i sur., 2014). Maughan i suradnici (2018) u svom radu navode nekoliko motivacija koji stoje iza konzumacije suplemenata:

- reguliranje količine hranjivih tvari čiji nedostatak može potencijalno naštetiti zdravlju
- prilagodba zalihe hranjivih tvari i energije potrebne za vježbanje
- iskorištavanje učinka suplemenata radi pripreme za natjecanje
- postizanje željenih rezultata u vježbanju (smanjenje opasnosti od ozljeda i bolesti, kraći oporavak nakon treninga, odgoda pojave umora, adaptacija na treninge većeg intenziteta)
- konzumacija pod utjecajem ostalih sportaša koji koriste iste dodatke prehrani

1.1. Kreatin

Kreatin je dušični neproteinski spoj čiji sastav čine aminokiseline, a uglavnom se nalazi u sastavu crvenog mesa i plodova mora (Kreider i sur., 2017), te je njegova kemijska struktura prikazana je na Slici 1.

Slika 1. Kemijska struktura kreatina (preuzeto s mrežne stranice Web 1)

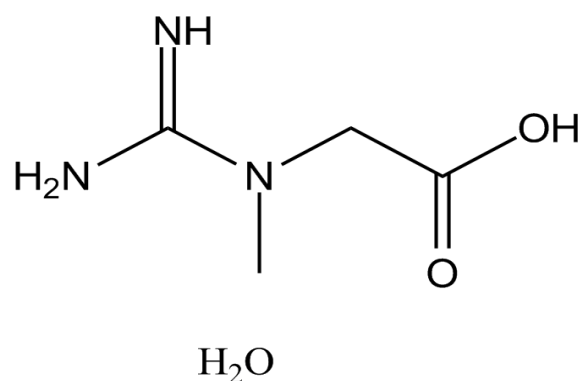


Jedno od najučinkovitijih i najistraživijih ergogenih pomagala je suplementacija kreatinom (Kreider i Stout, 2021). Suplementacija dovodi do povećavanja mišićne mase i cjelokupnog kapaciteta treninga visokog intenziteta (Antonio i sur., 2021; Kreider i Stout, 2021; Lanhers i sur., 2015; Zuniga i sur., 2012). Povećanje mišićne mase povezano je s uspješnijom izvedbom vježbi kao i adaptacijom sportaša na zahtjevnije treninge (Negro i sur., 2014). Suplementacija također omogućava akutno poboljšanje mišićnih pokreta u sportovima koji zahtijevaju izvedbu ponovljenih kretnih struktura bez narušavanja kvalitete pokreta (npr. timski sportovi), kao i kronično poboljšanje mišićne izvedbe u treninzima koji se temelje na spomenutim karakteristikama (npr. intervalni trening) (Rawson i Persky, 2007). Uz spomenute primjene u treningu, povećava se interes korištenja kreatina u liječenju i praćenju zdravstvenih stanja poput sarkopenije, raka, osteoporoze i kardiovaskularnog sustava (Kreider i Stout, 2021).

Istraživanjima je dokazano kako suplementacija kreatinom povećava njegovu intramuskularnu koncentraciju i time ga čini najpopularnijim ergogenim pomagalom kod sportaša. Svoj pozitivan učinak kreatin ispoljava povećavanjem anaerobnog energetskeg kapaciteta mišićnih stranica, te posljedičnim smanjenjem razgradnje proteina. U konačnici, dovodi do povećanja jakosti i mišićne mase kod sportaša. Također, dokazano je njegovo djelovanje u prevenciji ozljeda, oporavku nakon vježbanja, rehabilitaciji pa čak i primjena u liječenju neurodegenerativnih bolesti poput Huntingtonove i Parkinsonove bolesti, mišićne distrofije, osteoartritisa, dijabetesa i adolescentne depresije (Kreider i sur., 2017).

Kreatin monohidrat je najčešći oblik kreatina korišten u istraživanjima. Sličan je ili identičan endogenom kreatinu čija su matična mjesta sinteze gušterača, bubrezi i jetra. Predstavlja monohidratnu formu kreatina, a njegova kemijska struktura prikazana je na Slici 2 (Jager i sur., 2011).

Slika 2. Kemijska struktura kreatin monohidrata (preuzeto s mrežne stranice Web 2)



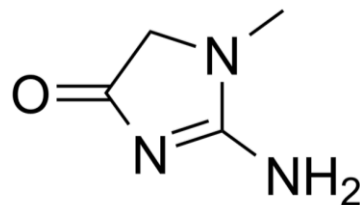
Popularan način suplementacije kreatina također je i njegova kombinacija s ugljikohidratima ili proteinima i ugljikohidratima (Kreider i sur., 2017). Na tržištu se uz kreatin monohidrat mogu pronaći razni oblici kreatina, a u Tablici 1 prikazane su najpoznatije kombinacije i formulacije kreatinske suplementacije. Buford i suradnici (2007) navode kako većina kombiniranih kreatinskih suplementacija ne nadmašuje kreatin monohidrat u pogledu rezultata povećanja snage i izvođenja treninga. U radu Stout i suradnika (2006) kombinirana je suplementacija kreatin monohidrata i aminokiseline β -alanina. Dokazano je kako pozitivno utječe na povećanje mišićne mase, snage, te kako odgađa pojavu umora tijekom vježbanja. Važnost kreatina u oporavku kod vježbanja naglasili su Green i suradnici (1996), a potvrdili i Nelson i suradnici (2001). Kombinirana konzumacija kreatina (5 g) i velikih količina glukoze (95 g) povećava stvaranje mišićnih zaliha ugljikohidrata i kreatina. Štoviše, dodatak proteina (50 g) povećava mogućnost zadržavanja kreatina u mišićnim stanicama. Budući da se tijekom treninga (posebice treninga visokog intenziteta) troše zalihe glikogena, njegova resinteza vrlo je važna za promicanje oporavka kod sportaša (Kreider i sur., 2010). Nelson i suradnici (2001) navode kako konzumacija kreatina i glikogena prije treninga visokog intenziteta uspješnije dovodi do resinteze glikogena nego kod konzumacije samih ugljikohidrata. Nekoliko autora je proučavalo utjecaj kreatina te su uočili njegovu uspješnu primjenu u rehabilitaciji nakon ozljeda. Autori Hespel i suradnici (2001) istraživali su utjecaj kreatina na mišićnu atrofiju i rehabilitaciju kod bolesnika čija je noga dva tjedna bila u gipsu. Suplementacija kreatinom (20 g/danu, zatim smanjenje količine na 5 g/danu) u 10. tjednu rehabilitacije pokazala je povećanje mišićnih vlakana za 10% i jakosti za 25%, u odnosu na grupu bez kreatina. U konačnici, suplementacija kreatinom smanjuje štetne utjecaje imobilizacije i razinu mišićne atrofije.

Tablica 1. Primjeri kombinirane kreatinske suplementacije (preuzeto i prilagođeno prema Kreider i sur., 2017)

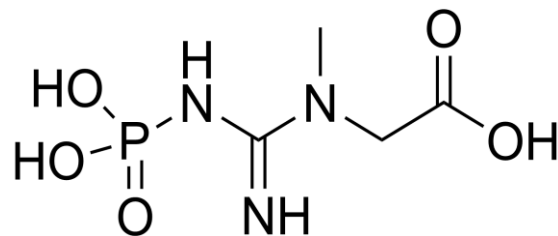
| |
|--|
| kreatin fosfat |
| kreatin + glutamin |
| kreatin + β -alanin |
| kreatin + glicerol |
| kreatin magnezij-kelat |
| kreatin + β -hidroksi- β -metilbutirat (HMB) |
| kreatin + natrijev bikarbonat |
| kreatin etil ester |
| kreatin s ekstraktom cinulina |

1.1.1. Metaboličke uloge

Najveći udio kreatina u tijelu (do 94%) nalazi se u mišićnom tkivu, dok se manje količine (oko 5%) pronalaze u mozgu i testisima. Samo jednu trećinu intramuskularnog kreatina čini slobodni kreatin (Cr), dok se preostale dvije trećine spajaju s anorganskim fosfatom i čine fosfokreatin (PCr) (Wyss i Kaddurah-Daouk, 2000). Polovicu dnevne potrebe za kreatinom tijelo zadovoljava endogenom sintezom kreatina, dok je ostatak nužno dobiti crijevnom apsorpcijom iz konzumirane hrane (Kreider i sur., 2017). Dnevno se 1-2 % mišićnog kreatina neenzimatski razgradi u kreatinin (Crn) i preko bubrega izluči mokraćom iz tijela, te se sama razgradnja proporcionalno povećava s razinom fizičke aktivnosti sportaša i njegove mišićne mase. Kemijske strukture spojeva kreatinina i fosfokreatina prikazane su na Slici 3 i Slici 4. **Slika 3.** Kemijska struktura kreatinina (preuzeto s mrežne stranice Web 3)



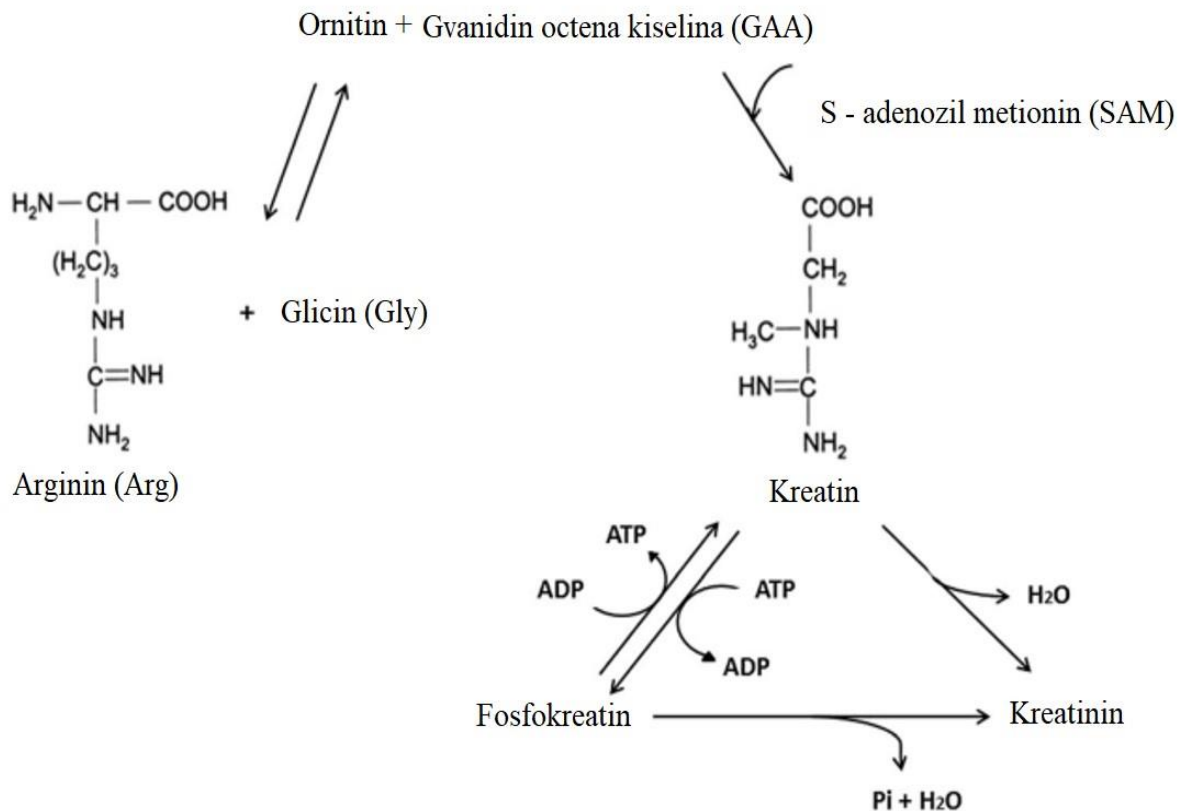
Slika 4. Kemijska struktura fosfokreatina (preuzeto s mrežne stranice Web 4)



Dnevna konzumacija od 2 – 3 g kreatina potrebna je za održavanje normalne razine u tijelu, ovisno o mišićnoj masi, fizičkoj aktivnosti i prehrani (Kreider i Stout, 2021). Kreider i suradnici (2017) navode kako kod osobe od 70 kg tjelesne mase ukupna zaliha kreatina u mišićima (Cr i PCr) u prosjeku iznosi 120 mmol/kg suhe mišićne mase, dok gornja granica kod većine pojedinaca iznosi 160 mmol/kg suhe mišićne mase. Endogena sinteza kreatina kreće iz aminokiselina arginina (Arg) i glicina (Gly), gdje pomoću ornitina i enzima arginin-glicinamidinotransferaze (AGAT) nastaje gvanidin octena kiselina (GAA). Nadalje se gvanidin octena kiselina metilira pomoću enzima gvanidinoacetat N-metiltransferaze (GAMT) sa Sadenozil metioninom (SAM) i nastaje kreatin (Kreider i sur., 2017). Bubrezi su mjesto na

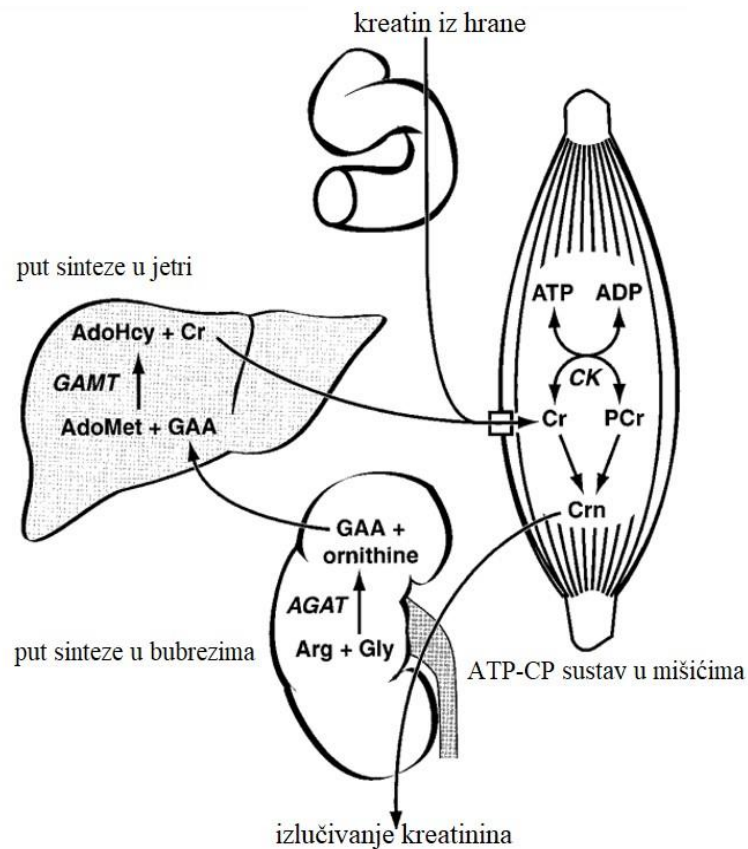
kojima se odvija prvi korak biosinteze kreatina, dok se nastavak sinteze vrši u jetri (Wyss i Kaddurah-Daouk, 2000). Metabolički put kreatina prikazan je na Slici 5.

Slika 5. Proces sinteze kreatina i razgradnje na kreatinin i fosfokreatin (preuzeto i prilagođeno prema Kreider i sur., 2017)



Vrlo važan korak u opskrbi mišića kreatinom zauzima njegov prijenos iz krvi u mišićne stanice. Budući da mišićno tkivo nema sposobnost sinteze kreatina, nužan je transport preko plazmatske membrane pomoću transportera kreatina ovisnog o ionima Na⁺ i Cl⁻ (CRTR transporter). Dakle, iako je sam metabolizam kreatina u tijelu relativno jednostavan, samu opskrbu tkiva komplicira činjenica da im izostaju glavni reakcijski enzimi. Stoga su, u nedostatku enzima, tkiva razvila čitav niz transportera koji se protežu duž plazmatske membrane stanica, omogućavajući prijenos kreatina iz krvi i započinjanje niza kaskadnih reakcija (Wyss i Kaddurah-Daouk, 2000). Glavni metabolički putevi prikazani su na Slici 6.

Slika 6. Glavni metabolički putevi kreatina u tijelu (preuzeto i prilagođeno prema Wyss i Kaddurah-Daouk, 2000)

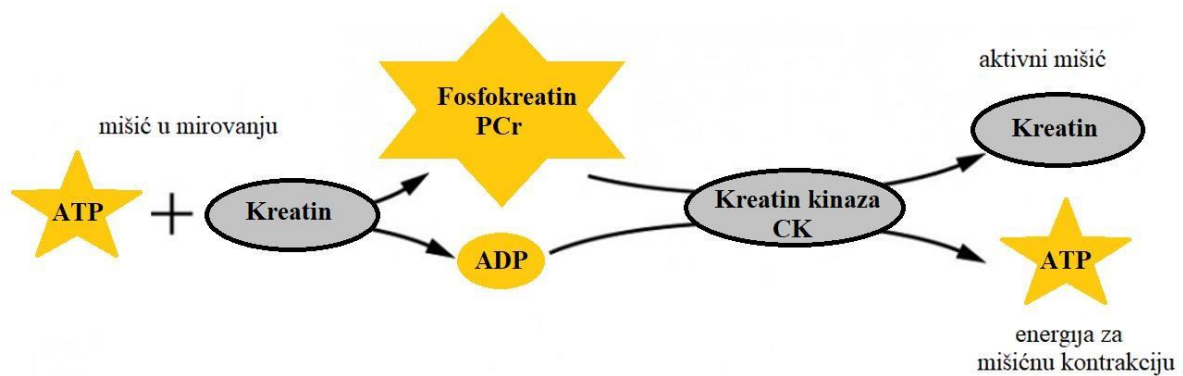


1.1.2. Energetski sustav ATP-CP

Dio intramuskularnog kreatina (Cr) veže se s anorganskim fosfatom (Pi) i skladišti se kao fosfokreatin (PCr). Stoga, suplementacija kreatinom povećava bioraspoloživost fosfokreatina (PCr). Uslijed intenzivnih napora dolazi do potrošnje zaliha ATP-a koji se razgrađuje na ADP i fosfatni ostatak te nastaje energija za rad mišića (energija potrebna za kontrakciju mišića). Enzim kreatin kinaza (CK) katalizira reakciju ponovnog nastanka kreatina iz fosfokreatina na način da refosforilira ADP i ubrzava sintezu molekule ATP. Proces pretvorbe kreatina u fosfokreatin prikazan je na Slici 7. Kreatin posjeduje ključnu ulogu u metabolizmu ATP-a, gdje njegov fosforilirani oblik olakšava resintezu molekule ATP služeći kao izvor energije. Reakcije se aktiviraju u mišićnim stanicama u anaerobnim uvjetima. Tijekom kratkih vježbi visokog intenziteta (trening maksimalnog mišićnog naprezanja) kreatin neposredno donosi energiju i poboljšava mišićne performanse (Kreider i Stous, 2021). Stoga, kako opada razina

fosfokreatina, proporcionalno dolazi do opadanja sposobnosti izvođenja vježbi visokog intenziteta. Postoje razna mišljenja o tome kada konzumirati kreatin, prije ili poslije treninga. Antonio i suradnici (2021) u svom radu navode kako trenutačni dokazi o utjecaju vremena konzumacije na učinkovitost vježbanja još nisu sasvim jasni. Iako određena saznanja idu na stranu konzumacije kreatina nakon treninga, autori navode kako nije utvrđen fiziološki mehanizam koji bi potvrdio ovu teoriju.

Slika 7. Proces resinteze molekule ATP iz fosfokreatina i molekule ADP (preuzeto s mrežne stranice Web 5)



1.2. Primjene kreatina

Budući da se kreatin nalazi u sastavu hrane, njegova konzumacija nije zabranjena niti od jedne sportske organizacije, a konzumira se u obliku praha (Slika 8). Jager i suradnici (2011) navode kako godišnja potrošnja kreatina u Sjedinjenim Američkim Državama doseže količine od 4 milijuna kilograma, dok je u ostalim državama potražnja čak i veća. Također, navode kako je konzumacija daleko popularnija kod muških sportaša.

Slika 8. Kreatin u obliku praha (preuzeto s mrežne stranice Web 6)



1.2.1. Upotreba u sportu

Kreider i suradnici (2017) navode nekoliko potencijalnih benefita suplementacije kreatinom: povećanje sinteze glikogena, povećanje anaerobnog praga u stanicama te potencijalno povećanje aerobnog kapaciteta, uspješnija izvedba serija maksimalne kontrakcije mišića, povećana mišićna masa, poboljšani oporavak i veća tolerancija na zahtjevne vježbe, te poboljšanje sprinta (ponavljajući ili pojedinačni). Budući da suplementacija kreatinom utječe na različite stavke funkcioniranja tijela sportaša, njegova primjena široko je rasprostranjena u brojnim aktivnostima sportske populacije, te je predočena u Tablici 2.

Tablica 2. Ciljani učinak suplemenata i primjena u sportu (preuzeto i prilagođeno prema Kreider i sur., 2017)

| |
|--|
| Količina fosfokreatina (PCr) |
| plivački sprintevi: 50m sprintevi na stazi: 60–200 m biciklizam |
| Resinteza fosfokreatina (PCr) |
| košarka odbojka američki nogomet |
| Smanjenje mišićne acidoze |
| borilački sportovi skijaški spust sportovi na vodi (kanu, veslanje) |
| Regulacija oksidativnog metabolizma |
| košarka nogomet tenis intervalni treninzi izdržljivosti |
| Povećanje mišićne mase |
| bodybuilding olimpijsko dizanje utega borilački sportovi (hrvanje, boks) |

U pravilnoj prehrani konzumira se 1 – 2 g kreatina po danu , a zalihe mišićnog kreatina iznose

60-80%. Suplementacija kreatinom omogućava povećanje zaliha kreatina i fosfokreatina za 2040%. Suplementacija je moguća izvan i tijekom sezone u kombinaciji s progresivnim treninzima s otporom. Primjena kreatina kod igrača američkog nogometa i bejzbola zabilježena je 3 – 5 mjeseci prije sezone. Povećanje zaliha kreatina i fosfokreatina u mišićima prije vježbanja i ubrzana resinteza fosfokreatina nakon vježbanja omogućava izvođenje više ponavljanja u treningu prije pojave umora (Volek i Rawson, 2004). U slučaju vježbanja mrtvog dizanja Rawson i Volek (2004) navode kako suplementacija pokazuje pozitivne učinke.

Konkretno, zabilježeno je povećanje od 20% u pogledu mišićne snage, što je za 8% veće u odnosu na ispitanike koji su konzumirali placebo. Osim mišićne mase, mjerenje je uključivalo i maksimalni broj ponavljanja. Kod ispitanika s dodatkom kreatina mjerenje je pokazalo 26% veći broj ponavljanja, u odnosu na placebo ispitanike s povećanjem od 12%.

Autori Kreider i suradnici (2017) navode najbolji način za povećanje razina mišićnog kreatina: suplementacija 5g kreatin monohidrata (CM) ili 0.3g/kg tjelesne mase, 4 puta dnevno tijekom 5-7 dana. Nakon stvaranja zaliha mišićnog kreatina, potrebno je održavanje dodatnom suplementacijom od 3 – 5 g po danu, dok je kod naprednijih sportaša potrebna povećana količina od 5 – 10 g po danu. Nakon početnog stvaranja zaliha kreatina potrebno je 4 – 6 tjedana kako bi se razine mišićnog kreatina vratile na normalnu razinu. Sat vremena nakon oralne konzumacije razina kreatina postiže svoj vrhunac u sastavu krvne plazme, nakon čega slijedi redukcija, indirektno ukazujući na apsorpciju u mišićno tkivo (Jager i sur., 2011).

Preporučena količina konzumiranog suplementa razlikuje se ovisno o istraživanju i željenom rezultatu. Autori Lanhers i suradnici (2015) navode kako količina konzumiranog kreatin monohidrata iznosi $20,9 \pm 4,5$ g po danu, najčešće u trajanju od 5 – 7 dana, uz dnevni broj konzumacija od 1 – 5 puta. Najčešći način konzumacije je od 3 – 4 puta u danu po 5g suplementa. Iako nisu zabilježena u svim istraživanjima, faze održavanja također su dio nekih protokola konzumacije gdje količina konzumiranog suplementa varira između 1,25 i 27 g po danu te se uzima jednom dnevno (Lanhers i sur., 2015).

1.2.2. Sigurnost konzumacije kreatina

Dokazano je kako nakon suplementacije ne dolazi do smanjenja sinteze endogenog kreatina, stoga ovaj dodatak u prehrani dugotrajno nema negativan učinak na tijelo sportaša. Budući da je suplementacija kreatinom postigla svoju popularnost još krajem 20. stoljeća, provedeno je na tisuće istraživanja kako bi se utvrdila njegova sigurnost korištenja (Kreider i sur., 2017). Jedini dokazani negativan učinak suplementacije je povećanje tjelesne mase, najčešće povezano s nakupljanjem vode. Schilling i suradnici (2001) u svom radu potvrđuju kako dugotrajna konzumacija kreatina (četiri godine) nema negativnih učinaka, ukoliko se prate upute same konzumacije. U radovima Sipila i suradnika (1981) i Vannas-Sulonen i suradnika (1985) praćena je suplementacija kreatinom još od 1981. godine u količini od 1,5 – 3 g po danu, te nisu uočeni negativni utjecaji suplementacije. Kako bi suplementacija bila sigurna, potrebno je pratiti upute za pravilnu konzumaciju. U radu Maughan i suradnici (2018) naveden je protokol konzumacije kreatina: 20 g kreatina po danu u četiri jednake doze u razdoblju od 5 – 7 dana, te održavanje razine kreatina s 3 – 5 g po danu jedne doze u vremenu trajanje suplementacije.

Utjecaj i sigurnost suplementacije kreatinom istražena je i tijekom intrauterine inseminacije. Medij s dodatkom kreatina pozitivno djeluje na mobilnost spermija i uspješnost potpomognute oplodnje. Mobilnost spermija ovisna je o energetskej razini stanice (količina ATP-a) te kreatin kinaza (CK) indirektno utječe na kvalitetnu i pokretljivost spermija (Froman i Feltmann, 2010).

1.2.3. Sindrom deficijencije kreatina

Skupina urođenih bolesti povezanih sa smanjenom ili nepostojećom sposobnosti endogene sinteze i transcelularnog transporta kreatina naziva se skupina sindroma deficijencije kreatina. Uključuje nedostatak enzima arginin-glicin-amidino-transferaze (AGAT) koji je potreban za nastanak važnog međuprodukta u sintezi kreatina (gvanidin octena kiselina, GAA), nedostatak enzima gvanidinoacetat N-metiltransferaze (GAMT) koji metilira GAA ili nedostatak CRTR transportera (Sykut-Cegielska i sur., 2004). Česte posljedice sindroma deficijencije uključuju razvoj kliničkih slučajeva poput poremećaja kretanja, autizma, mentalne retardacije, epilepsije, miopatije mišića i razvojnih problema, a povezane su s ukupnim smanjenjem količine kreatina i fosfokreatina u mozgu i mišićima (Braissant i sur., 2011). U radovima Braissant i suradnici

(2011), te Sykut-Cegielska i suradnici (2004) istražen je utjecaj veće količine kreatina na bolesnike sa sindromom deficijencije kreatina (0,3 – 0,8 g kreatina po kg tjelesne mase u danu), što je 1 – 2,7 puta veća količina nego ona preporučena kod rekreativne suplementacije kreatinom. Radovi su potvrdili poboljšanja u kliničkim slikama enzima AGAT i GAMT, te nešto manja poboljšanja kod transportera CRTR.

1.2.4. Antitumorsko i antioksidativno djelovanje

U prijašnjim istraživanjima dokazano je kako maligne stanice i T – stanice imunološkog sustava (stanice koje pokreću imunosni odgovor) pokazuju deficijencije u količini kreatina i energetskej razini. Kreatin ne posjeduje svojstva koja direktno letalno djeluju na maligne stanice, već se njegovo antitumorsko djelovanje očituje u održavanju energetske stabilnosti stanica. Metilglioksal (MG) koristi se u liječenju protiv raka, te se njegova učinkovitost povećava u kombinaciji s kreatinom i askorbinskom kiselinom, čime je potaknuta eliminacija rasta tumora. (Patra i sur., 2012).

Budući da kreatin regulira energetske stanje stanica, u mnogim istraživanjima proučavana su njegova antioksidativna djelovanja te utjecaj na zdravlje i starenje kože. Preuranjena oštećenja i starenje kože povezani su s smanjenom razinom aktivnosti enzima kreatin kinaze, koja nastaje kao posljedica stresa i UV zračenja (Lenz i sur., 2005). Autori Peirano i suradnici (2011) te Lenz i suradnici (2005) proučavali su utjecaj topikalne primjene kreatina na dermatološko energetske stanje stanica. Zaključeno je kako kreatin direktnom primjenom na kožu penetrira do stanica derme te ubrzava sintezu kolagena te promiče gensku ekspresiju i sintezu proteina.

1.3. Dinamometrija

Živčani sustav kontrolira svaki pokret ljudskog tijela, te vrlo specifično aktivira određene mišiće u određeno vrijeme. Kako bi se zadržala skladnost pokreta, živčani sustav koristi znanje o fiziološkim i biomehaničkim karakteristikama mišića (kojom brzinom mišić može generirati željenu snagu i koliko dugo je može zadržati, smjer u kojem mišić djeluje, kapacitet sile) (Enoka i Duchateau, 2019). Dinamometrija je biomehanička metoda kojom je moguće utvrditi parametre maksimalnih vršnih potencijala svake muskulature. Dvije sastavnice definiraju mišićnu funkciju, mišićna snaga i mišićna sila. Mišićna snaga je rezultat vršne sile određenog vremenskog intervala, dok je mišićna sila vršna sila koju određena muskulatura može proizvesti kontrakcijom (Mentiplay i sur., 2015). Skupina ručne dinamometrije (HHD, *handheld dynamometry*) je zbog svoje jednostavnosti korištenja i lake dostupnosti najpopularnija vrsta dinamometrije, a uključuje *push* i *pull* dinamometre. *Push* ili standardni prijenosni dinamometri (Slika 9) rade na principu prislanjanja na segment ispitanika (Slika 10), dok se *pull* ili fiksni dinamometri (Slika 11) jednim krajem fiksiraju za segment ispitanika, a drugim na nepomičnu podlogu (Slika 12). Izometrijske potencijale specifične muskulature svaki od navedenih uređaja pokazuje na zaslonu, a najčešće su to parametri poput: gradijenta sile, maksimalne izometrijske sile i maksimalno trajanje naprezanja, te relativna veličina mišićne snage. Čimbenici sile izražavaju se jedinicama u njutnima i kilogramima [N] i [kg], a vrijeme otpora u [s] sekundama (Dodig, 2004).

Slika 9. Ručni dinamometar (slika preuzeta s mrežne stranice Web 7)



Slika 10. Prikaz korištenja ručnog dinamometra (slika preuzeta s mrežne stranice Web 7)



Slika 11. Fiksni dinamometar (slika preuzeta s mrežne stranice Web 8)



Slika 12. Prikaz korištenja fiksnog dinamometra (slika preuzeta s mrežne stranice Web 8)



1.4. Cilj i problem diplomskog rada

Primarni cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi utječe li konzumacija kreatina na jakost u mišićima gornjih i donjih udova (*m. biceps brachii* i *m. quadriceps femoris*) bez primjene treninga. Ukoliko utječe, sekundarni cilj rada je utvrditi postoje li razlike u vrsti konzumiranog kreatina. Ovim istraživanjem nastoji se odrediti jakost mišića pomoću dinamometra i utvrditi ima li povećanje energetske spremnika (u vidu dodataka prehrani) utjecaja na maksimalnu jakost ispitanika.

2. Metode rada

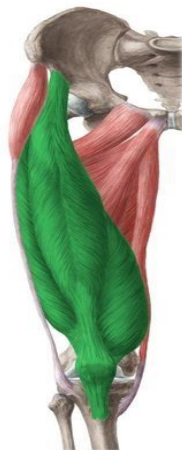
2.1. Uzorak ispitanika

Istraživanje je provedeno na 30 ispitanika podijeljenih u 3 grupe. Svaku od tri grupe činili su ispitanici nasumično razvrstani u kontrolnu ili jednu od dvije eksperimentalne grupe (muški i ženski spol u dobi od 21 – 26 godina). Svi ispitanici studenti su Kineziološkog fakulteta u Osijeku te su uključeni u neku vrstu treninga prije i nakon istraživanja, a neposredno prije mjerenja zabilježeni su njihovi osnovni podaci. Kriteriji za uvrštavanje ispitanika u istraživanje bio je izostanak bilo kakve lokomotorne ozljede u zadnjih godinu dana, te za vrijeme istraživanja nisu imali zdravstvenih problema. Budući da je cilj istraživanja ispitati jakost stečenu konzumacijom određene vrste suplemenata, spol, dob, tjelesna masa i utreniranost ispitanika nisu uzeti u obzir. Istraživanje je provedeno u skladu s aktualnom Helsinškom deklamacijom.

2.2. Mjerni instrumenti i varijable

Za potrebe mjerenja korišten standardni ručni ili *pull* microFet2 dinamometar (Microfet 2®, Hoggan – Health Industries, West Jordan, UT, USA) prikazan na Slici 9. Prije početka mjerenja utvrđena je pouzdanost ispitivača, njegova utreniranost i snaga potrebna za pravilno izvođenje mjerenja. Ispitivani segmenti uključuju dva mišića: biceps (*m. biceps brachii*) i kvadriceps (*m. quadriceps femoris*) čiji su anatomske položaji u tijelu prikazanim na Slikama 13 i 14, te primjeri mjerenja maksimalne jakosti na Slikama 15 i 16.

Slika 13. Područje ispitivanja maksimalne jakosti: *m. quadriceps femoris* (zeleno) (preuzeto s mrežne stranice Web 9)



Slika 14. Područje ispitivanja maksimalne jakosti: *m. biceps brachii* (zeleno) (preuzeto s mrežne stranice Web 10)



Slika 15 i 16. Primjer mjerenja maksimalne jakosti mišića *m. biceps brachii* (lijevo) i *m. quadriceps femoris* (desno) (slike preuzete s mrežne stranice Web 11)



Dinamometar se postavlja na ispitivane segmente dominantnog uda pri čemu ispitanik pruža otpor i dolazi do očitavanja mišićne jakosti na uređaju. Iako je vremensko trajanje otpora proizvoljno, uobičajeno trajanje iznosi 3 – 5 sekundi budući da ono omogućava pojavu maksimalne napetosti i maksimalne sile.

2.3. Opis protokola testiranja

Kako bi pouzdanost mjerenja bila na maksimalnoj razini, prije početka mjerenja osigurala se maksimalna stabilizacija ispitanika, čime je izbjegnuta mogućnost aktivacije drugog mišića u proces. Mjerenje se izvodilo u sjedećem položaju ispitanika, dok je mjeritelj bio naslonjen na zid kako bi se osigurala njegova ravnoteža. Ispitanici ni mjeritelji nisu bili upućeni u koju skupinu eksperimenta su svrstani. Prije konzumacije suplemenata ispitanici su bili tri puta uzastopno testirani, te se kod svakog posebno zabilježila maksimalna jakost. Nakon inicijalne provjere stanja jakosti ispitanika, uslijedila je konzumacije suplemenata. Radi izvedbe eksperimenta, ispitanici svake od tri grupe konzumirali su različiti suplement koji je bio pripremljen u vrećicama u jednakim količinama. Tijekom trajanja istraživanja nije im rečeno dobivaju li kao suplement jedan o kreatinskih oblika ili placebo. Jedna grupa ispitanika koristila je placebo (dekstrozu) (Slika 17), iste boje i strukture kao i ispitivani kreatin u prahu. Sljedeća grupa koristila je 100%-tni kreatin monohidrat (Slika 18), dok je posljednja grupa ispitanika konzumirala kreatin kompleks (Slika 19). Sastav korištenog kreatin kompleksa prikazan je u Tablici 3.

Slika 17. Prah dekstroze (slika preuzeta s mrežne stranice Web 12)



Slika 18. Kreatin monohidrat (slika preuzeta s mrežne stranice Web 13)



Slika 19. Kreatin kompleks (slika preuzeta s mrežne stranice Web 14)



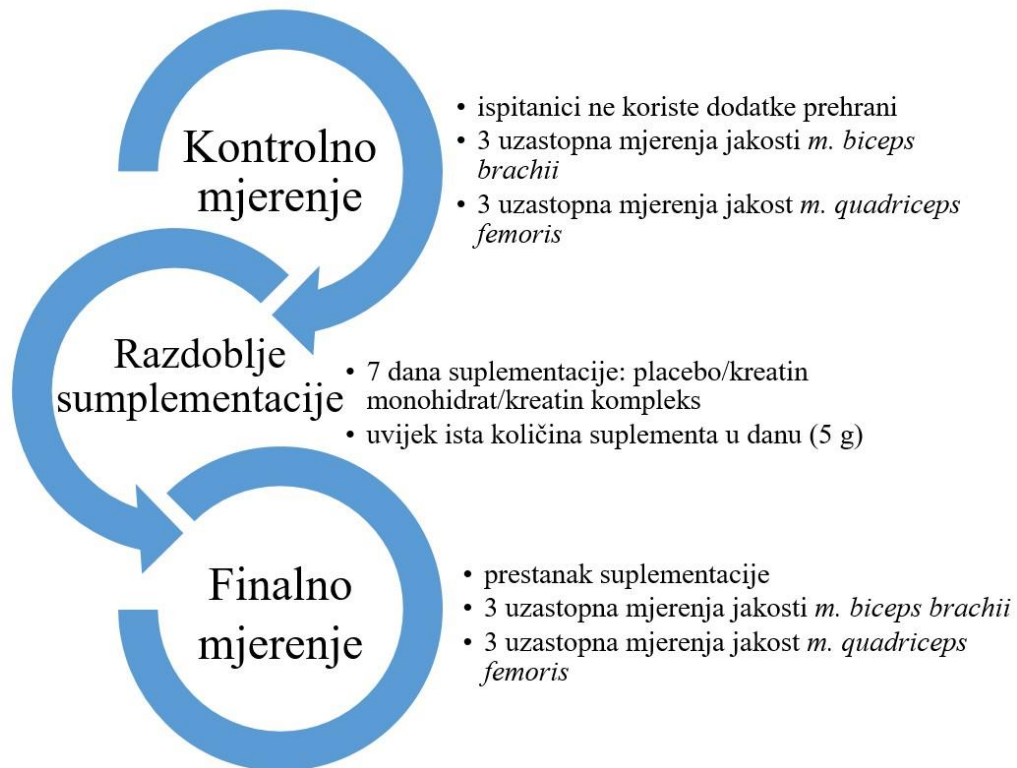
Tablica 3. Sastav korištenog kreatin kompleksa (preuzeto i prilagođeno s mrežne stranice Web 14)

| Sastav | Količina po 100 g |
|---------------------------|-------------------|
| <i>Vitamin B1</i> | 13,75 mg |
| <i>Vitamin B2</i> | 17,5 mg |
| <i>Vitamin B3</i> | 200 mg |
| <i>Vitamin B5</i> | 68,7 mg |
| <i>Vitamin B6</i> | 14 mg |
| <i>Biotin</i> | 0,6 mg |
| <i>Folna kiselina</i> | 2.5 mg |
| <i>Vitamin B12</i> | 31 µg |
| <i>Kreatin monohidrat</i> | 37,5 g |
| <i>Tri-kreatin malat</i> | 37,1 g |
| <i>Beta alanin</i> | 12,5 g |
| <i>Taurin</i> | 6,25 g |

Svaki ispitanik konzumirao je po 5 grama suplementa otopljenog u vodi (1-1.5 dL) ovisno i preferencijama ispitanika. Konzumacija je trajala sedam dana uvijek u istoj količini, nakon čega je uslijedilo ponovno testiranje. Svakom od ispitanika ponovno je izmjerena jakost *m. biceps brachii* i *m. quadriceps femoris* u tri uzastopna mjerenja pri čemu su zabilježene maksimalne vrijednosti. Za vrijeme istraživanja, ispitanici su nastavili s uobičajenim procesom treninga.

Metodika izvođenja eksperimenta shematski je prikazana na Slici 17.

Slika 17. Shematski prikaz izvođenja eksperimenta



2.4. Statistička obrada podataka

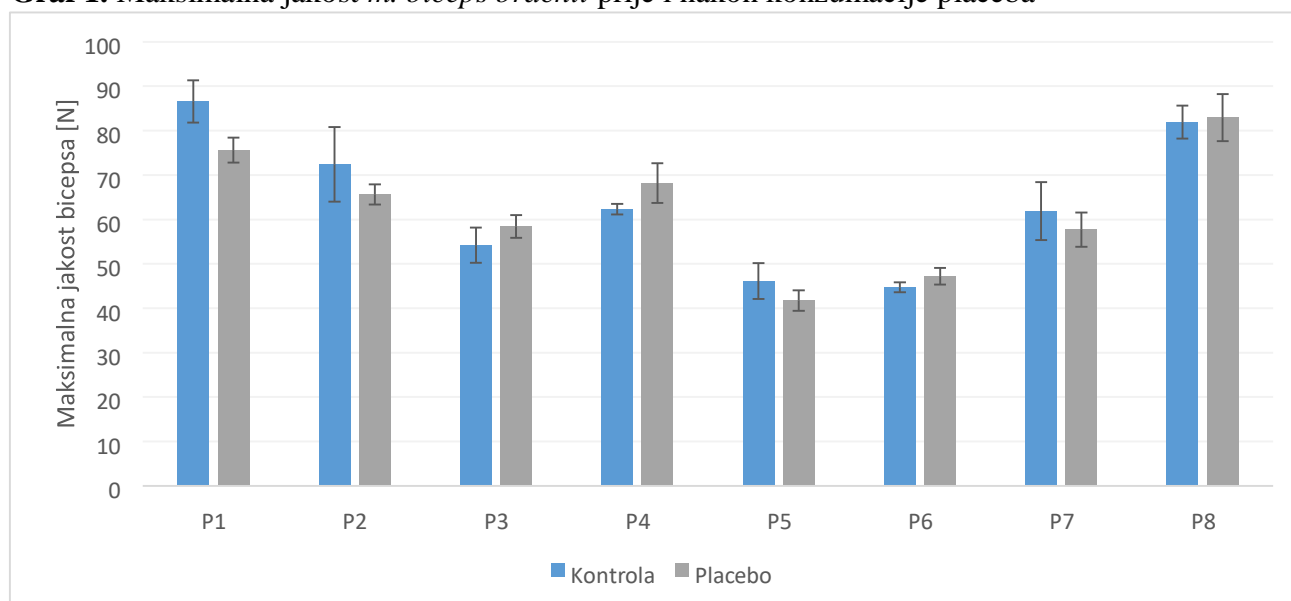
Za analizu podataka korišten je program otvorenog koda za statističku obradu i vizualizaciju podataka R, verzija 4.0.3 (R Development Core Team, 2020), koji predstavlja implementaciju S-programa (Ihaka i Gentleman, 1996) uz integrirano razvojno okruženje RStudio (2021) verzija 1.4.1103, te Microsoft Excel. Normalnost distribucije podataka provjerena je Shapiro-Wilk-ovim testom čija nulta hipoteza pretpostavlja normalno distribuirane podatke. Za utvrđivanje statistički značajne razlike među normalno distribuiranim podacima korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA), pri čemu je faktor za analizu bila vrsta suplementa. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < ,05$.

3. Rezultati

3.1. Mjerenje maksimalne jakosti *m. biceps brachii*

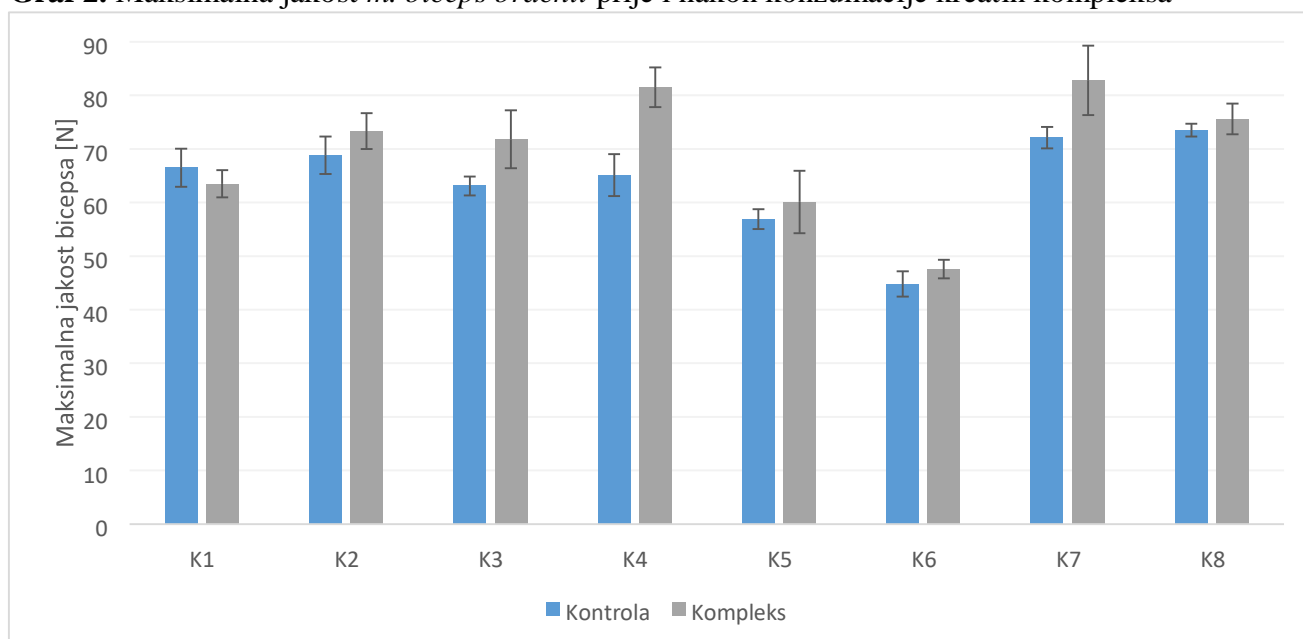
Kod korisnika placebo uočeno je povećanje maksimalne jakosti bicepsa kod 50% ispitanika i to u prosjeku za 3,4 N. Najveće povećanje jakosti bicepsa iznosilo je 5,9 N, dok je najmanje iznosilo 1 N. Smanjenje maksimalne jakosti bicepsa uočeno je kod preostalih 50% ispitanika i to u prosjeku za 6,6 N. Najveće smanjenje jakosti bicepsa iznosilo je 11 N, dok je najmanje iznosilo 4,2 N. Nije uočena statistički značajna razlika ($p = 0,831$) u maksimalnoj jakosti bicepsa između kontrolnog mjerenja i nakon suplementacije placebo. Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. biceps brachii* prije i nakon konzumacije placebo prikazana je na Grafu 1.

Graf 1. Maksimalna jakost *m. biceps brachii* prije i nakon konzumacije placebo



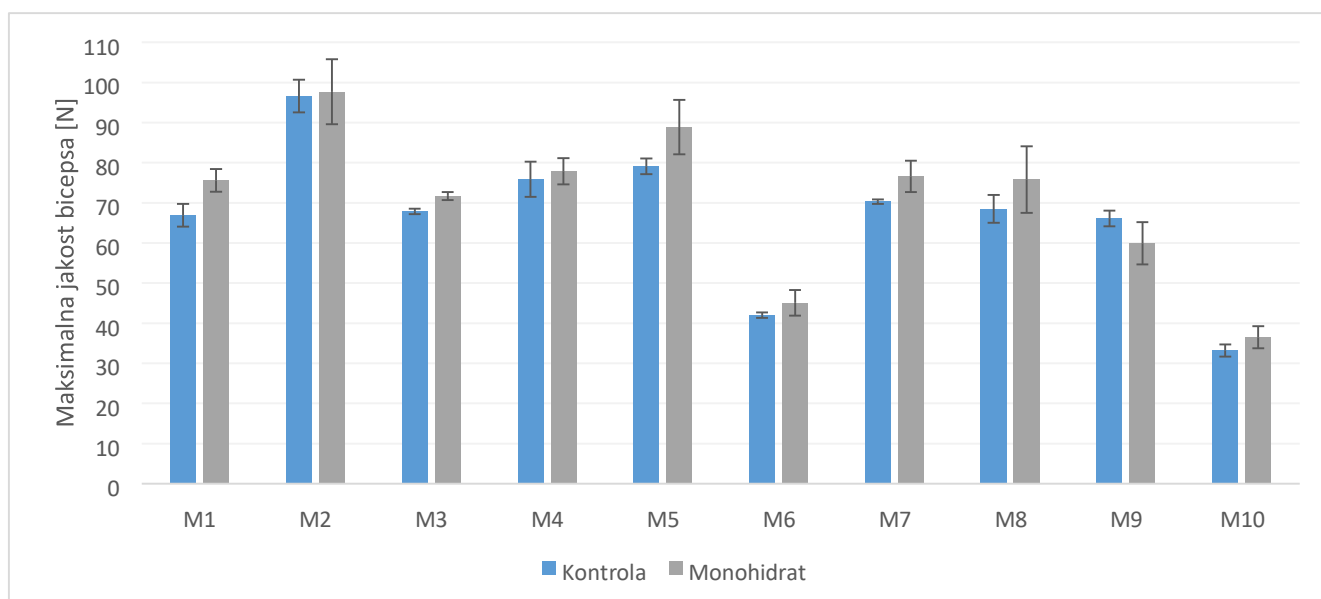
Ispitanici koji su koristili kreatin kompleks kao suplement pokazali su povećanje maksimalne jakosti bicepsa kod 87,5% ispitanika i to u prosjeku za 6,91 N. Najveće povećanje jakosti bicepsa iznosilo je 16,4 N, dok je najmanje iznosilo 2,1. Smanjenje maksimalne jakosti bicepsa uočeno je kod preostalih 12,5% ispitanika i to u prosjeku za 3 N, točnije, kod jednog ispitanika od njih 8 evidentiranih i to u vrijednosti od 3 N. Između kontrolnog mjerenja i nakon suplementacije kreatin kompleksom nije uočena statistički značajna razlika u maksimalnoj jakosti bicepsa ($p = 0.305$). Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. biceps brachii* prije i nakon konzumacije kreatin kompleksa prikazana je na Grafu 2.

Graf 2. Maksimalna jakost *m. biceps brachii* prije i nakon konzumacije kreatin kompleksa



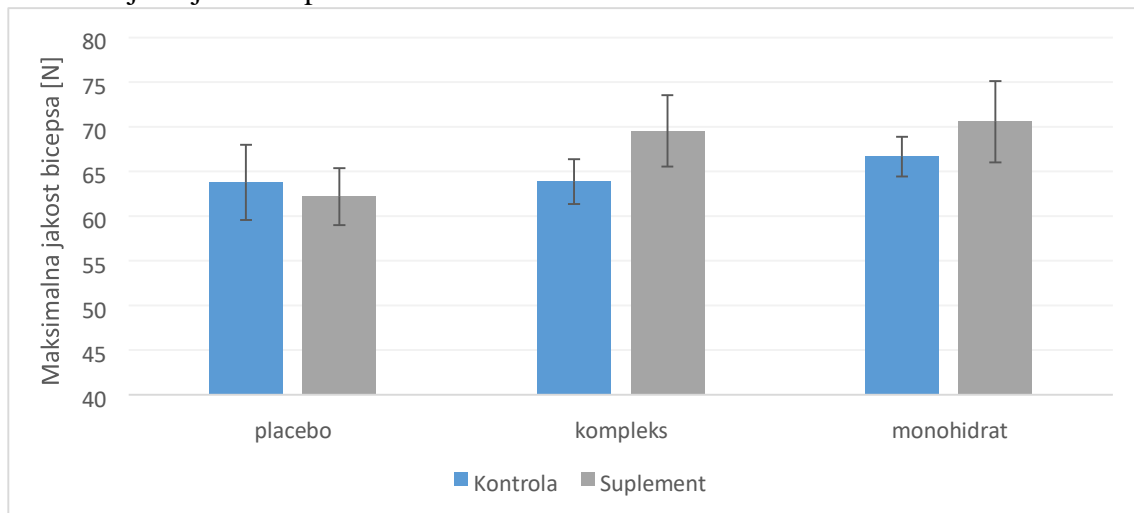
Kod korisnika kreatin monohidrata uočeno je povećanje maksimalne jakosti bicepsa kod 90% ispitanika i to u prosjeku za 5,04 N. Najveće povećanje jakosti bicepsa iznosilo je 9,8 N, dok je najmanje iznosilo 1,1 N. Smanjenje maksimalne jakosti bicepsa uočeno je kod preostalih 10% ispitanika i to u prosjeku za 6,2 N, točnije, kod jednog ispitanika od njih 10 evidentiranih i to u vrijednosti od 6,2 N. ANOVA testom nije utvrđena statistički značajna razlika ($p = 0,638$) u maksimalnoj jakosti bicepsa između kontrolnog mjerenja i nakon suplementacije kreatin monohidratom. Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. biceps brachii* prije i nakon konzumacije kreatin monohidrata prikazana je na Grafu 3.

Graf 3. Maksimalna jakost *m. biceps brachii* prije i nakon konzumacije kreatin monohidrata



Najveće povećanje maksimalne jakosti bicepsa u odnosu na kontrolu zabilježeno je na ispitanicima koji su koristili suplementaciju kreatin kompleksom, zatim kod ispitanika s kreatin monohidratom, te je najmanje povećanje utvrđeno na suplementaciji placebo. Dokazano je povećanje jakosti bicepsa na kreatin kompleksu za 3,51 N i povećanje na kreatin monohidratu za 1,64 N u odnosu na placebo skupinu ispitanika. Gledajući ukupne rezultate svih ispitanika, srednje vrijednosti maksimalne jakosti bicepsa pokazale su povećanje kod suplementacije kreatin kompleksom i kreatin monohidratom, dok je kod placeba pokazano ukupno smanjenje u jakosti. Najbolji rezultati ostvareni su suplementacijom kreatin kompleksa. Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. biceps brachii* nakon korištenog suplementa u odnosu na kontrolno mjerenje bez suplementa prikazana je na Grafu 4.

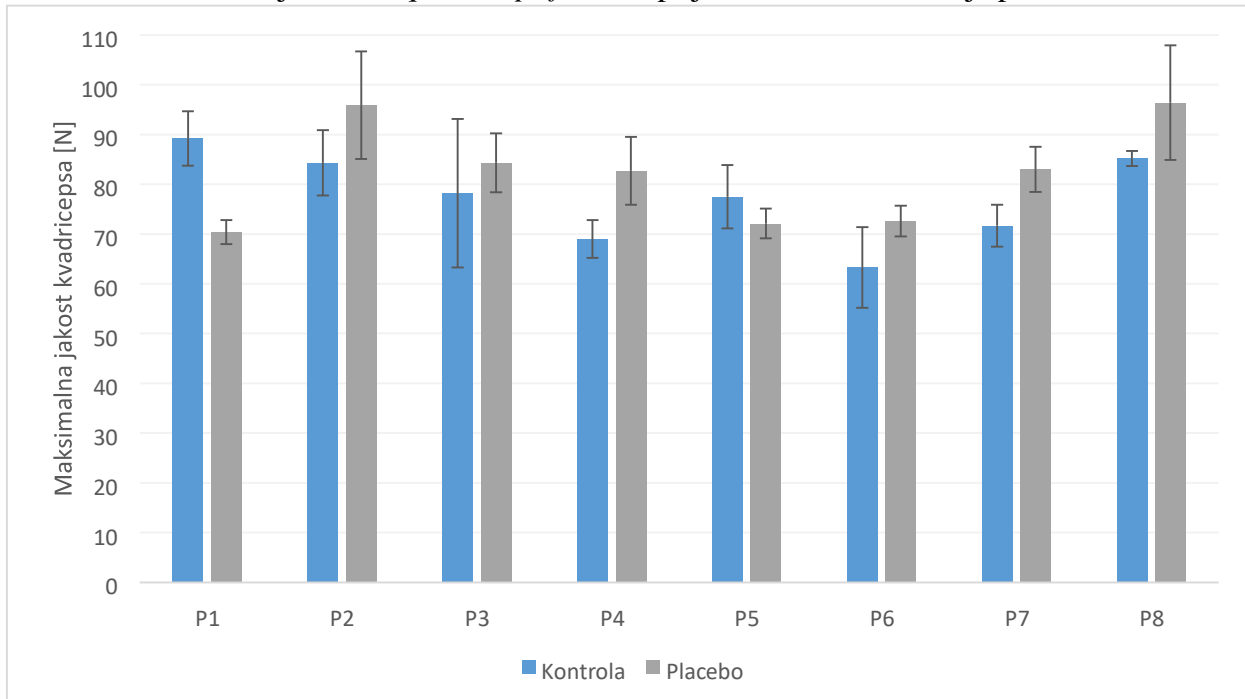
Graf 4. Maksimalna jakost *m. biceps brachii* nakon korištenog suplementa u odnosu na kontrolno mjerenje bez suplementa



3.2. Mjerenje maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris*

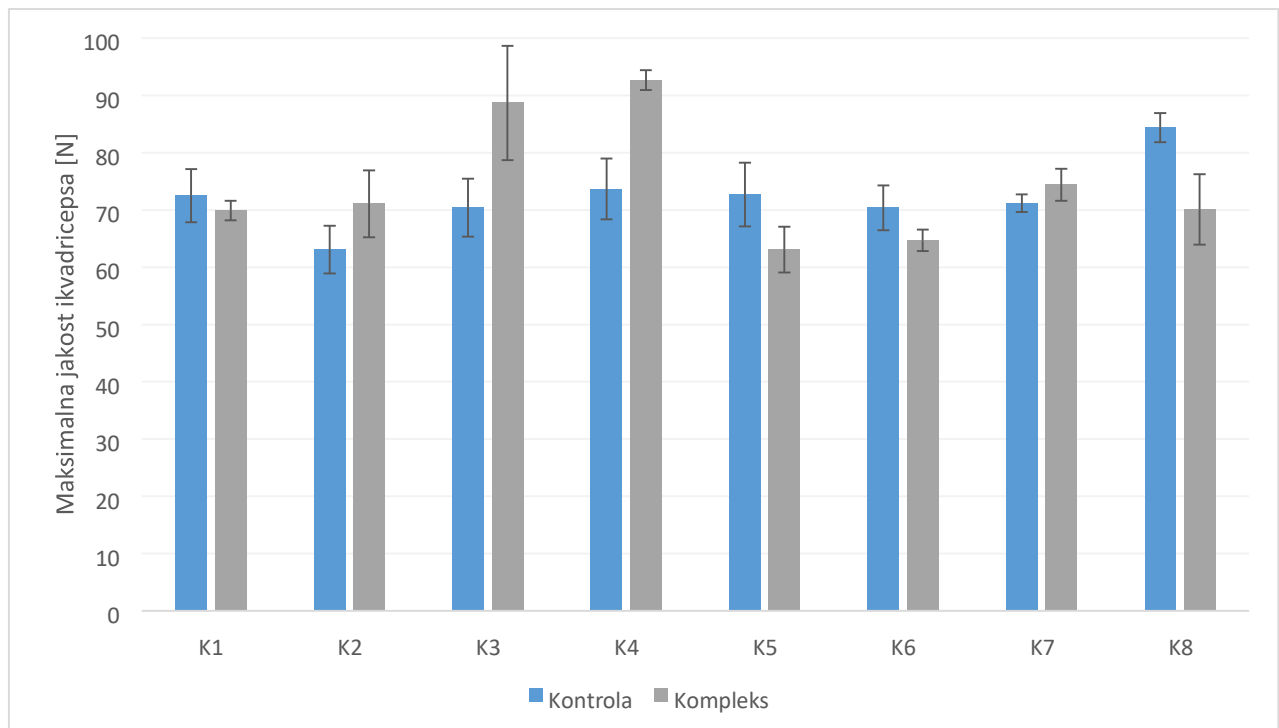
Kod korisnika placebo uočeno je povećanje maksimalne jakosti kvadricepsa kod 75% ispitanika i to u prosjeku za 10,53 N. Najveće povećanje jakosti kvadricepsa iznosilo je 13,7 N, dok je najmanje iznosilo 6,1 N. Smanjenje maksimalne jakosti kvadricepsa uočeno je kod preostalih 25% ispitanika i to u prosjeku za 12,1 N. Najveće smanjenje jakosti kvadricepsa iznosilo je 18,8 N, dok je najmanje iznosilo 5,4 N. Nije uočena statistički značajna razlika ($p = 0,325$) u maksimalnoj jakosti kvadricepsa između kontrolnog mjerenja i nakon suplementacije placebo. Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris* prije i nakon konzumacije placebo prikazana je na Grafu 5.

Graf 5. Maksimalna jakost *m. quadriceps femoris* prije i nakon konzumacije placeba



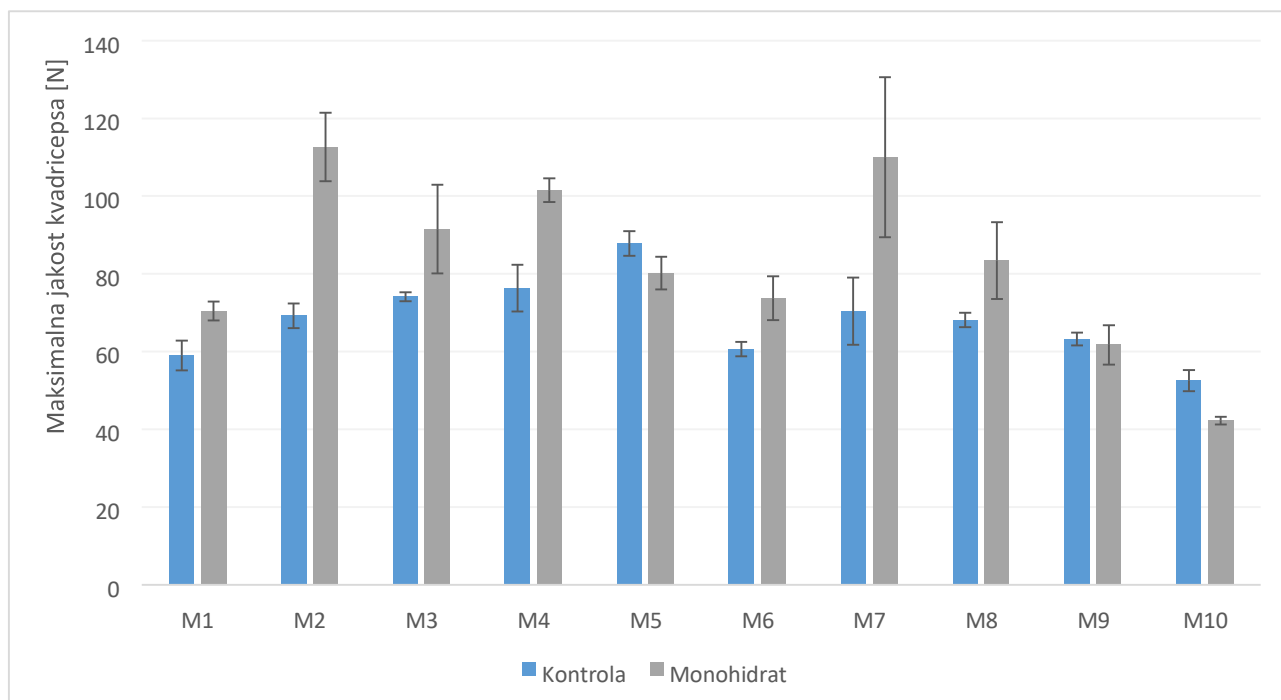
Ispitanici koji su koristili kreatin kompleks kao suplement pokazali su povećanje maksimalne jakosti kvadricepsa kod 50% ispitanika i to u prosjeku za 11,83 N. Najveće povećanje jakosti kvadricepsa iznosilo je 19 N, dok je najmanje iznosilo 3,2 N. Smanjenje maksimalne jakosti kvadricepsa uočeno je kod preostalih 50% ispitanika i to u prosjeku za 8,05 N. Najveće smanjenje jakosti kvadricepsa iznosilo je 14,3 N, a najmanje 2,6 N. Između kontrolnog mjerenja i nakon suplementacije kreatin kompleksom nije uočena statistički značajna razlika u maksimalnoj jakosti kvadricepsa ($p = 0.646$). Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris* prije i nakon konzumacije kreatin kompleksa prikazana je na Grafu 6.

Graf 6. Maksimalna jakost *m. quadriceps femoris* prije i nakon konzumacije kreatin kompleksa



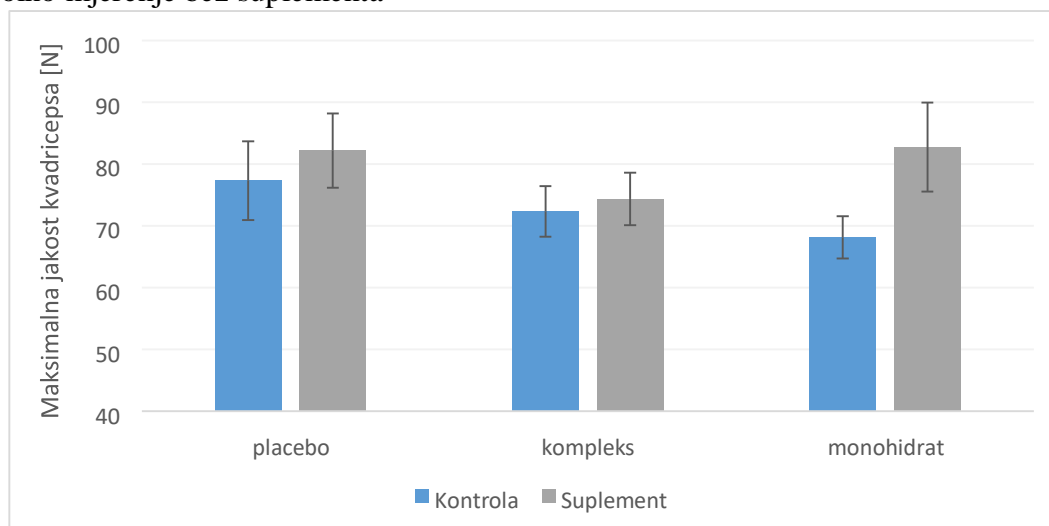
Kod korisnika kreatin monohidrata uočeno je povećanje maksimalne jakosti kvadricepsa kod 70% ispitanika i to u prosjeku za 23,63 N. Najveće povećanje jakosti kvadricepsa iznosilo je 43,4 N, dok je najmanje iznosilo 11,4 N. Smanjenje maksimalne jakosti kvadricepsa uočeno je kod preostalih 30% ispitanika i to u prosjeku za 6,47 N. Najveće smanjenje jakosti kvadricepsa iznosilo je 10,3 N, a najmanje 1,5 N. ANOVA testom nije utvrđena statistički značajna razlika ($p = 0,07$) u maksimalnoj jakosti kvadricepsa između kontrolnog mjerenja i nakon suplementacije kreatin monohidratom. Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris* prije i nakon konzumacije kreatin monohidrata prikazana je na Grafu 7.

Graf 7. Maksimalna jakost *m. quadriceps femoris* prije i nakon konzumacije kreatin monohidrata



Grafička vizualizacija maksimalne jakosti *m. biceps brachii* nakon korištenog suplementa u odnosu na kontrolno mjerenje bez suplementa prikazana je na Grafu 8.

Graf 8. Maksimalna jakost *m. quadriceps femoris* nakon korištenog suplementa u odnosu na kontrolno mjerenje bez suplementa



Najveće povećanje maksimalne jakosti u odnosu na kontrolu kvadricepsa zabilježeno je na ispitanicima koji su koristili suplementaciju kreatin monohidratom, zatim kod ispitanika s placebo, te je najmanje povećanje jakosti utvrđeno na suplementaciji kreatin kompleksom.

Dokazano je povećanje jakosti kvadricepsa na monohidratu za 12,1 N i na kompleksu za 1,3 N u odnosu na placebo. Gledajući ukupne rezultate svih ispitanika, srednje vrijednosti maksimalne jakosti kvadricepsa pokazale su povećanje kod sva tri tipa suplementacije. Najbolji rezultati ostvareni su suplementacijom kreatin monohidrata.

4. Rasprava

Trećina ispitanika u istraživanju je kao suplement koristila placebo (dekstrozu) gdje je zabilježen polovičan učinak njegova djelovanja na maksimalnu jakost bicepsa. Polovina ispitanika pokazala je povećanje maksimalne jakosti *m. biceps brachii*, dok je u drugoj polovici zabilježen pad. Iako je suplementacija placeboom pokazala podjednak učinak u pogledu na ukupan broj ispitanika, primijećeno je smanjenje srednje vrijednosti maksimalne jakosti *m. biceps brachii* na skupini s placeboom (sv = 62,16 N) u odnosu na kontrolno mjerenje (sv= 63,76 N).

Suplementacija kreatinom je, u odnosu na kontrolna mjerenja, pokazala ukupno povećanje u maksimalnoj jakosti bicepsa, u pogledu djelovanja na broj ispitanika kao i srednje vrijednosti maksimalne jakosti *m. biceps brachii*. U pogledu djelovanja na ukupan broj ispitanika kreatin monohidrat imao je veći utjecaj (povećanje jakosti bicepsa kod 90% ispitanika) u odnosu na kreatin kompleks (povećanje jakosti kod 87,5% ispitanika). Srednje vrijednosti maksimalne jakosti *m. biceps brachii* pokazuju kako, u odnosu na kontrolno mjerenje, kreatin kompleks ima učinkovitije djelovanje na povećanje akutne jakosti bicepsa (povećanje od 5,68 N s kreatin kompleksom; povećanje od 3,92 N s kreatin monohidratom). U konačnici, najbolji učinak na povećanje maksimalne jakosti *m. biceps brachii* zabilježen je uz suplementaciju kreatin kompleksa.

Lanhers i suradnici (2016) objavili su pregledni rad u kojem su objedinili 53 neovisna istraživanja bazirana na suplementaciji kreatina i njegovom utjecaju na snagu i tjelesnu izvedbu gornjih udova, gdje je 11 istraživanja uključivalo mjerenje jakosti *m. biceps brachii*. Najčešće korišteni oblik suplementacije kreatina je kreatin monohidrat (Burke i sur., 2000; Izquierdo i sur., 2000; Devries i sur., 2014), dok je u manjem broju istraživanja korišten jedan od kreatin kombiniranih oblika: kreatin fosfat (Peeters i sur., 1999) polietilen glikolizirani kreatin (Camis i sur., 2014), dikreatin citrat (Stout i sur., 2007). Pregledom literaturnih radova Lanhers i suradnici (2016) zaključuju kako je suplementacija kreatinom učinkovita u izvođenju treninga snage gornjih udova. Većina provedenih istraživanja vezana uz suplementaciju kreatina isključuje mjerenje akutne jakosti bicepsa i orijentira se na broj ponavljanja vježbi koje uključuju rad gornjih udova (Warber i sur., 2002), trening otpora (Rawson i Volek, 2003) te mišićnu izvedbu tijekom treninga visokog intenziteta (Kelly i Jenkins, 1998).

Zuniga i suradnici (2012) u svom su radu istraživali utjecaj kreatin monohidrata na anaerobnu izvedbu i maksimalnu mišićnu snagu gornjih i donjih udova. Kao suplement koristili su kreatin monohidrat, te placebo u kontrolnoj skupini (maltodekstrin u prahu) iste količine, okusa i boje kreatin monohidrata. U sedam dana konzumacije količina konzumiranog suplementa bila je četverostruko veća od količine konzumirane u našem istraživanju (20 g suplementa po danu). Mjerenje maksimalne jakosti također su obavljena prije konzumacije suplementa kao i sedam dana nakon. Istraživanjem je zaključeno kako korištena količina suplementa ne rezultira statistički značajnim povećanjem maksimalne jakosti bicepsa nakon konzumacije suplementa. Također, u odnosu na kontrolna mjerenja, uočena su povećanja maksimalne jakosti mišića gornjih udova kod obje skupine (placebo i kreatin monohidrat), ali nije primijećena statistički značajna razlika između skupina.

U radu Volek i suradnici (1997) korištena je veća količina suplementa (25 g kreatin monohidrata po danu, 7 dana konzumacije) te je uočena statistički značajna razlika u odnosu na kontrolno mjerenje, izuzev kontrolne skupine placeba koja nije pokazala povećanje maksimalne jakosti kod gornjih udova.

U našem eksperimentu koristila se značajno manja količina suplementa u odnosu na spomenuta istraživanja, te nije ostvareno statistički značajno povećanje maksimalne jakosti *m. biceps brachii*. Stoga, u narednim istraživanjima potrebno je povećati količinu konzumiranog suplementa kako bi se utvrdilo pri kojoj količini konzumiranog suplementa dolazi do značajnog povećanja maksimalne jakosti mišića.

Suplementacija placeboom pokazala je povećanje maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris* kod 75% ispitanika u odnosu na kontrolno mjerenje. U pogledu utjecaja suplementacije na ukupan broj ispitanika, kreatin monohidrat i kreatin kompleks pokazali su smanjeni utjecaj u odnosu na placebo. Suplementacija kreatin kompleksom pokazala je povećanje maksimalne jakosti kod 50% ispitanika, dok je konzumacija kreatin monohidrata pokazala povećanje jakosti *m. quadriceps femoris* kod 73% ispitanika.

Pollo i suradnici (2011) navode kako uporaba placeba ima učinak na fizičku izvedbu tijekom sportskih natjecanja ili samih priprema na treninzima. Sportaš uporabom placeba može smanjiti percepciju umora i poboljšati performanse, te stoga opravdati zabilježeni rezultat u skupini placeba. Srednje vrijednosti maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris* pokazale su

neočekivane rezultate u skupini s kreatin kompleksom. Suplementacija u toj skupini ispitanika pokazala je povećanje maksimalne jakosti mišića, ali za 2,84 N manje u usporedbi sa skupinom placebo. Skupina s kreatin monohidratom pokazala je najučinkovitije rezultate u pogledu srednjih vrijednosti maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris*. U odnosu na kontrolno mjerenje ova skupina pokazuje povećanje maksimalne jakosti od 14,6 N. U ovom istraživanju nisu zabilježene statistički značajne razlike maksimalne jakosti *m. quadriceps femoris* prije i nakon konzumacije suplemenata.

Iako je u radu Zuniga i suradnika (2012) korištena četverostruko veća količina kreatin monohidrata, također nisu zabilježena značajna povećanja maksimalne jakosti donjih udova (bilateralna ekstenzija noge). Lanhers i suradnici (2015) objavili su pregledni rad od 60 objedinjenih istraživanja baziranih na suplementaciji kreatina i njegovom utjecaju na snagu i tjelesnu izvedbu donjih udova. Svako od tih istraživanja uključivalo je mjerenje jakosti kvadricepsa (čučanj, *leg press*, ekstenzija noge). Istraživanja također nisu bila isključivo orijentirana na mjerenje maksimalne jakosti kvadricepsa nego na izvođenje vježbi koje uključuju njegovo korištenje. Ključno otkriće autora je povećanje performansi i mišićne snage donjih udova nakon suplementacije kreatin monohidratom i to uglavnom na mjestu *m. quadriceps femoris*.

U radu Kambis i Pizzedaz (2003) istraživao se utjecaj konzumacije kreatin monohidrata na maksimalnu jakost kvadricepsa (0,5 g po kilogramu tjelesne mase u trajanju od 5 dana). Autori navode kako je kratkotrajna konzumacija kreatin monohidrata u ovim količinama učinkovito sredstvo za povećanje mišićne snage. Stoga je u narednim istraživanjima utjecaja suplemenata na maksimalnu jakost mišića donjih udova potrebno povećati količinu suplemenata kako bi se ostvarili značajni rezultati. Iako je u radu Stout i suradnika (2006) navedeno kako kombinacija kreatin monohidrata i aminokiseline β -alanina (koje pronalazimo u sastavu korištenog kreatin kompleksa) pozitivno utječe na povećanje mišićne mase i snage, nije uočena statistička značajnost konzumacijom kreatin kompleksa. Kreider i suradnici (2017) navode kako kombinirani oblici kreatina pospješuju apsorpciju kreatina u mišićne stanice, ali bez zajamčenog boljeg učinka na mišićne performanse, u odnosu na implementaciju samo kreatin monohidrata.

5. Zaključak

Kreatin je široko rasprostranjeni suplement čiji je utjecaj na mišićnu snagu i jakost kod sportaša analiziran u brojnim znanstvenim radovima. U ovom istraživanju korištena su dva oblika kreatina: kreatin monohidrat i kreatin kompleks.

Najdjelotvorniji učinak na akutnu jakost mišića gornjih udova (*m. biceps brachii*) pokazao je protokol suplementacije kreatin kompleksom. Implementacija kreatin monohidratom pokazala se najučinkovitijom pri djelovanju na mišiće donjih udova (*m. quadriceps femoris*), gdje je gotovo zabilježen statistički značajan utjecaj na akutnu jakost mišića.

Iako odabrani suplementi pokazuju pozitivan učinak na jakost mišića gornjih i donjih udova, konzumacija korištenih suplemenata u odabranim količinama (5 g) i vremenu implementacije (7 dana) nije rezultirala statističkim značajnim povećanjem akutne jakosti mišića *m. biceps brachii* i *m. quadriceps femoris*.

Budući da sudionici tijekom istraživanja nisu mijenjali svoj plan prehrane i način treninga, iz dobivenih rezultata ovog istraživanja zaključuje se kako implementacija kreatina bez adekvatnog treninga ne povećava akutnu jakost mišića.

U daljnjim istraživanjima potrebno je povećati broj ispitanika i izmijeniti protokol konzumacije (povećati volumen suplemenata). Također, potrebno je provesti istraživanje na dvije skupine sudionika kako bi se utvrdila značajnost treninga. Od njih, jedna će biti kontrolna skupina, a druga će uz implementaciju dodataka prehrani odrađivati i adekvatan trening.

6. Literatura

- Antonio, J., Candow, D. G., Forbes, S. C., Gualano, B., Jagim, A. R., Kreider, R. B., Rawson, E. S., Smith-Ryan, A.E., VanDusseldorp, T. A., Willoughby, D. S., Ziegenfuss, T. N. (2021). Common questions and misconceptions about creatine supplementation: what does the scientific evidence really show? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1).
- Braissant, O., Hugues, H., Béard, E., Uldry, J. (2011). Creatine deficiency syndromes and the importance of creatine synthesis in the brain. *Amino Acids*, 40(5):1315–1324.
- Burke, D. G., Silver, S., Holt, L. E., Smith-Palmer, T., Culligan, C. J., Chilibeck, P. D. (2000). The Effect of Continuous Low Dose Creatine Supplementation on Force, Power, and Total Work. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 10(3), 235–244.
- Camic, C. L., Housh, T. J., Zuniga, J. M., Traylor, D. A., Bergstrom, H. C., Schmidt, R. J., Johnson G. O., Housh, D. J. (2014). The Effects of Polyethylene Glycosylated Creatine Supplementation on Anaerobic Performance Measures and Body Composition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 825–833.
- Devries, M. C., Phillips, S. M. (2014). Creatine Supplementation during Resistance Training in Older Adults—A Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(6), 1194–1203.
- Dodig, M. (2004). *Biomehanika čovječjeg tijela*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci.
- Enoka, R. M. i Duchateau, J. (2019). Muscle Function. *Muscle and Exercise Physiology*, 129–157.

- Froman, D. P. i Feltmann, A. J. (2010). A new approach to sperm preservation based on bioenergetic theory. *Journal of Animal Science*, 88, 1314–1320.
- Green, A. L., Hultman, E., Macdonald, I. A., Sewell, D. A., Greenhaff, L. (1996). Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. *American Physiological Society*, 271:821–826.
- Hespeel, P., Op't Eijnde, B., Leemputte, M. V., Ursø, B., Greenhaff, P. L., Labarque, V., Dymarkowski, S., Richter, E.A. (2001). Oral creatine supplementation facilitates the rehabilitation of disuse atrophy and alters the expression of muscle myogenic factors in humans. *Journal of Physiology*, 536:625–633.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J. J., Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34:332–343.
- Jager, R., Purpura, M., Shao, A., Inoue, T., Kreider, R. B. (2011). Analysis of the efficacy, safety, and regulatory status of novel forms of creatine. *Amino Acids*, 40(5):1369–1383.
- Kelly, V., Jenkins, D. G. (1998). Effect of oral creatine supplementation on near-maximal strength and repeated sets of high-intensity bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12:109–115.
- Kreider, R. B. (2003). *Molecular and Cellular Biochemistry*, 244(1/2), 89–94.
- Kreider, R. B., Almada, A. L., Antonio, J., Broeder, C., Earnest, C., Greenwood, M., Incledon, T., Kalman, D.S. Kleiner, S. M., Leutholtz, B., Lowery, L. M., Mendel, R., Stout, J.R., Willoughby, D. S., Ziegenfuss, T. N. (2004). ISSN Exercise & Sport Nutrition Review: Research & Recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(1), 1.

- 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(1).
- Kreider, R.B., Kerksick, C. M., Wilborn, C D., Roberts, M.D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., Collins, R., Cooke, M., Davis, J. N., Galvan, E., Greenwood, M., Lowery, L.M., Wildman, R., Antonio, J. (2018). ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7:7.
- Kreider, R.B. i Stout, J.R. (2021). Creatine Supplementation for Health and Clinical Diseases. *Nutrients*, 13, 447.
- Lanhers, C., Pereira, B., Naughton, G., Trousselard, M., Lesage, F.-X., Dutheil, F. (2015). Creatine Supplementation and Lower Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Sports Medicine*, 45(9), 1285–1294.
- Lanhers, C., Pereira, B., Naughton, G., Trousselard, M., Lesage, F.-X., Dutheil, F. (2016). Creatine Supplementation and Upper Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(1), 163–173.
- Lemon, P.W. (2002). Dietary creatine supplementation and exercise performance: why inconsistent results? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27, 663.
- Lenz, H., Schmidt, M., Welge, V., Schlattner, U., Wallimann, T., Elsasser, H.P., Wittern, K. P., Wenck, H., Stab, F., Blatt, T. (2005). The creatine kinase system in human skin: Protective effects of creatine against oxidative and UV damage in vitro and in vivo. *Journal of Investigative Dermatology*, 124, 443–452.
- Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., Van Loon, L. J. C.,

- Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Verne, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., Engebretsen, L. (2018). (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455.
- Mentiplay, B.F., Perraton, L.G., Bower, K.J., Adair, B., Pua, Y.H., Williams, G.P, McGaw, R., Clark, R.A. (2015). Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PLoS One*, 10(10).
- Negro, M., Bellenger, M., Domingues, A., Ceddia, M., Herrlinger, K., Chirouzes, D., Emmick, T. K., Roberts, R., Di Pierro, F., Speroni, M., Callegari, A., Prazzoli, R., Negroni, C., Dal Toso, R., Melandri, F., Paul, G., Di Tommaso D., Baloncieri, A. (2014). Meeting on Sports Nutrition. *Nutrafoods*, 13(3), 133–139.
- Nelson, A. G., Arnall, D. A., Kokkonen, J., Day, R., Evans, J. (2001). Muscle glycogen supercompensation is enhanced by prior creatine supplementation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(7): 1096–1100.
- Patra, S. Ghosh, A. Roy, S. S. Bera, S. Das, M. Talukdar, D. Ray, S.; Wallimann, T. Ray, M. (2012). A short review on creatine-creatine kinase system in relation to cancer and some experimental results on creatine as adjuvant in cancer therapy. *Amino Acids*, 42, 2319–2330.
- Peeters, B. M., Lantz, C. D., Mayhew, J. L. (1999). Effect of oral creatine monohydrate and creatine phosphate supplementation on maximal strength indices, body composition, and blood pressure. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 13:3–9
- Peirano, R. I., Achterberg, V., Dusing, H. J., Akhiani, M., Koop, U., Jaspers, S., Kruger, A., Schwengler, H., Hamann, T., Wenck, H., Stäb, F., Gallinat, F., Blatt, T. (2011). Dermal

penetration of creatine from a face-care formulation containing creatine, guarana and glycerol is linked to effective antiwrinkle and antisagging efficacy in male subjects.

Journal of Cosmetic Dermatology, 10, 273–281.

Pollo, A., Carlino, E., Benedetti, F. (2011). Placebo mechanisms across different conditions: from the clinical setting to physical performance. *Philosophical Transactions of the Royal Society : Biological Sciences*, 366(1572), 1790–1798.

Rawson, E. S. i Persky, A.M. (2007). Mechanisms of muscular adaptations to creatine supplementation: review article. *International SportMed Journal*, 8:43–53.

Rawson, E. S., Volek, J. S. (2003). Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17:822–831.

Schilling, B. K., Stone, M. H., Utter, A., Kearney, J.T., Johnson, M., Coglianese, R., Smith, L., O'Bryant, H. S., Fry, A. C., Starks, M., Keith, R., Stone, M.E. (2001). Creatine supplementation and health variables: a retrospective study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33:183–188.

Sipila, I., Rapola, J., Simell, O., Vannas, A. (1981). Supplementary creatine as a treatment for gyrate atrophy of the choroid and retina. *New England Journal of Medicine*, 304:867-870.

Stout, J.R., Cramer, J.T., Mielke, M., O'Kroy, J., Torok, D.J., Zoeller, R.F. (2006). Effects of twenty-eight days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on the physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20:938-931.

Stout, J. R., Graves, B. S., Cramer, J. T., Goldstein, E. R., Costa, P. B., Smith, A. E., Walter, A. A. (2007). Effects of creatine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue

- threshold and muscle strength in elderly men and women (64–6 years). *The journal of nutrition, health & aging*, 11:459–464.
- Sykut-Cegielska, J., Gradowska, W., Mercimek-Mahmutoglu, S., Stöckler-Ipsiroglu, S. (2004). Biochemical and clinical characteristics of creatine deficiency syndromes. *Journal of the Polish Biochemical Society*, 51(4):875–882.
- Vannas-Sulonen, K., Sipila, I., Vannas, A., Simell, O., Rapola, J. (1985) Gyrate atrophy of the choroid and retina. A five-year follow-up of creatine supplementation. *Ophthalmology*, 92:1719-1727.
- Volek, J. S., Kraemer, W. J., Bush, J. A., Boetes, M., Incledon, T., Clark, K. L., Lynch, J. M. (1997). Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *Journal of the American Dietetic Association*, 97: 765–770.
- Volek, J. S. i Rawson, E. S. (2004). Scientific basis and practical aspects of creatine supplementation for athletes. *Nutrition*, 20(7-8), 609–614.
- Warber, J. P., Tharion, W. J., Patton, J. F., Champagne, C. M., Mitotti, P., Lieberman, H. R. (2002). The effect of creatine monohydrate supplementation on obstacle course and multiple bench press performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16:500–508.
- Williams, M. H., i Branch, J. D. (1998). Creatine Supplementation and Exercise Performance: An Update. *Journal of the American College of Nutrition*, 17(3), 216–234.
- Wyss, M. i Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and Creatinine Metabolism. *Physiological Reviews*, 80(3), 1107–1213.
- Zuniga, J. M., Housh, T. J., Camic, C. L., Hendrix, C. R., Mielke, M., Johnson, G. O., Housh, D. J., Schmidt, R. J. (2012). The Effects of Creatine Monohydrate Loading on

Anaerobic Performance and One-Repetition Maximum Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1651–1656.

Mrežne stranice:

Web 1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Creatine>

Web 2. <http://www.apexbt.com/creatine-monohydrate.html>

Web 3. <https://www.medchemexpress.com/Creatinine.html>

Web 4. <https://www.wikidata.org/wiki/Q1984607>

Web 5. <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-4/04.html>

Web 6. <https://barbend.com/types-of-creatine/>

Web 7. <https://www.physiosupplies.eu/microfet-2-wireless>

Web 8. <https://meloqdevices.com/products/digital-dynamometer-easyforce>

Web 9. <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-quadriceps-femoris-muscle>

Web 10. <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/biceps-brachii-muscle>

Web 11. <https://www./Measurement-of-maximum-voluntary-isometric-contraction-torque-with-a-hand-held.png>

Web 12. <https://www.tvornicazdravehrane.com/dekstroza-1000g-proteone-proizvod-53373/>

Web 13. <https://fitnessaxx.shop/en-dk/products/optimum-nutrition-micronized-creatinemonohydrate>

Web 14. <https://dynutrition.com/products/the-creatine-316g-40-servings>