

# AMINOKISELINE KAO SPORTSKI SUPLEMENTI

Maksimović Nataša  
Fitnes instruktor Beograd

---

## AMINO ACIDS AS SPORTS SUPPLEMENTS

Amino acids like ornithine, arginine, branch-chain amino acids (isoleucine, leucine, valine), glutamine and aspartate are most popular in modern sport. Supplementation with amino acids is common in sports with weight categories (e.g. martial arts, wrestling, body building), along with intensive training and different weight reduction strategies. Yet, recent studies showed no improvement in athletic performance. Moreover, supplementation with amino acids could be related with significant side effects due to increase of ammonia and fatigue. There is no clear evidence that intake of amino acids is superior in performance improvement as compared to diet rich in proteins. In aim to achieve competitive edge some athletes uses ergogenic aids and doping to enhance performance potential above normal physiological level based on training and genetical factors.

**Keywords: amino acids, ergogenic, performance**

Aminokiseline koje su danas najčešće korišćene u sportu su ornitin, arginin, aminokiseline račvastog lanca (BCAA, leucin, izoleucin, valin), glutamin i aspartat. Suplementacija aminokiselina je česta u sportovima gde postoje klase prema telesnoj masi, odnosno kombinacije intenzivnog treninga i programa redukcije telesne mase (borilački sportovi, rvanje, bodibilding). Međutim, studije ukazuju, da unošenje istih ne poboljšava rad na treningu, čak štaviše potencijalni loš efekat je u činjenici da unošenje kombinovanih aminokiselina povećava amonijak u plazmi i mišićima što doprinosi umoru. Ne postoje čvrsti dokazi da posebne mešavine aminokiselina obezbeđuje bilo kakvu prednost u odnosu na normalnu proteinsku ishranu u stimulanju rasta mišića. Da bi se ostvarila prednost, neki sportisti koriste ergogena sredstva, odnosno sredstva koja poboljšavaju takmičarsku sposobnost iznad nivoa zadanog genetskom predispozicijom ili treningom.

**Ključne reči: amino kiseline, ergogeno, postignuće**

---

Aminokiseline su organske kiseline, koje u svom sastavu, pored ugljenika, vodonika i kiseonika, sadrže i azot. Ugljenik čini 50-55%, vodonik 6-7%, kiseonik 19-24%, azot 15-18%, a sumpor 0.3-2.4%. Za aminokiseline je karakteristično da svaka ima jednu amino (NH<sub>2</sub>) i karboksilnu grupu (COOH), koje daju svoja amfoterna (puferska) svojstva proteinima u čiji sastav ulaze. Aminokiseline su međusobno povezane u molekulu proteina, tzv. peptidnim vezama. Kombinacije aminokiselina u molekulima proteina mogu biti različite, što je bitno za brojne funkcije proteina u organizmu. Broj aminokiselina u proteinima organizma može iznositi preko 300 (visokomolekularni polipeptidi). Aminokiselina ima 20, i po sastavu i funkcijama koje vrše podeljene su na esencijalne i neesencijalne. Čelije organizma su sposobne da grade (sintetišu) obične aminokiseline (neesencijalne), dok je sinteza esencijalnih nemoguća, pa se zbog toga moraju unositi hranom. To su histidin, fenilalanin, izoleucin, lizin, metonin, treonin, triptofan, valin, leucin. U neesencijalne spadaju alanin, cistein, glicin, arginin, asparagin, cistin, prolin, serin, glutamin, aspartatska kiselina, glutaminska kiselina, tirozin. U dečijem uzrastu esencijalne su još i aminokiseline arginin i histidin, jer se ne sintetišu dovoljno brzo, odnosno u količini koja je neophodna za intenzivne procese rasta u ovom periodu života. Esencijalne aminokiseline, kao što je pomenuto, moraju se unositi hranom, i to pretežno životinjskog porekla (meso, riba, jaja, sir, mleko, jogurt, hleb, pirinač, grašak, kukuruz, voće). Količina lizina je mala u pšenici, pirinču i kukuruzu, tako da ove žitarice treba unositi u kombinaciji sa drugom hranom. Postoji i nizak sadržaj metonina u pasulju, treonina u pirinču i triptofana u kukuruzu. Ispitivanjima je utvrđeno da nedostatak pojedinih aminokiselina dovodi do poremećaja u razvoju i održavanju azotne ravnoteže. Smatra se da u nedostatku metionina dolazi do poremećaja u metabolizmu masti u

jetri, da nedostatak arginina i lizina izaziva poremećaj spermatogeneze i ovulacije i da je nedostatak triptofana uzrok nauzeje, vrtoglavice i preosetljivosti čula sluha, a da nedostatak histidina dovodi do smanjenja telesne težine.

### **FUNKCIJE AMINOKISELINA U ORGANIZMU**

Aminokiseline mogu da izgube NH<sub>2</sub> grupu (deaminacija), a aminokiselinski ostatak koristi se za dobijanje energije oksidacijom preko Krebsovog ciklusa. Posle deaminacije, ostatak se koristi i za sintezu šećera i masti. Aminokiseline daju svoju amino grupu za stvaranje novih aminokiselina iz već postojećih i postaju materijal za izgradnju belančevina u telu. Amino grupa se spaja sa vodom i stvara se amonijak (NH<sub>3</sub>). Amonijak se zatim spaja sa CO<sub>2</sub> gradeći ureu, koja se izlučuje mokraćom. Jedna od osnovnih funkcija aminokiselina je gradivna - sinteza proteina (belančevina). Dnevni unos kod zdravih ljudi koji se ne bave sportom treba da iznosi 10-15% celokupnog energetskeg unosa. Količina proteina potrebnih sportistima koji se bave sportom snage i brzine je 1.2 do 1.8 grama na kg telesne težine. Sportisti koji se bave treningom izdržljivosti, treba da unose 1.2 do 1.4 g/kg telesne težine. Odavno je postavljena hipoteza, po kojoj bi suplementacija aminokiselinama delovala anabolički što je naročito značajno za treninge snage (uvećanje mišićne mase). Ova hipoteza je bazirana na kliničkim studijama, u kojima je utvrđeno, da intravenske infuzije nekih aminokiselina (npr. arginin, ornitin) stimulišu oslobodjenje hormona rasta, koji utiče na uvećanje mišićne mase. Međutim, ovo se odnosi na slučajeve deficita ovog hormona, kada je supstitucija ovog hormona dovela do rasta u visinu i porasta mišićne mase. Suplementacija aminokiselina je česta u sportovima gde postoje klase prema telesnoj masi, odnosno kombinacije intenzivnog treninga i programa redukcije telesne mase (borilački sportovi, rvanje, bodibilding). Međutim, studije ukazuju, da unošenje istih ne poboljšava rad na treningu, čak štaviše potencijalni loš efekat je u posledica činjenice da unošenje kombinovanih aminokiselina povećava amonijak u plazmi i mišićima što doprinosi pojavi zamora. Ne postoje čvrsti dokazi da posebne mešavine aminokiselina obezbeđuje bilo kakvu prednost u odnosu na normalnu proteinsku ishranu u stimulisanoj rasti mišića. Smatra se da obrok nakon sportske aktivnosti treba da bude sastavljen pre svega od ugljenih hidrata sa proteinima (iz mleka, jaja, ribe ili mesa) i da tako formulisan predstavlja najbolju strategiju, kako za promociju sinteze glikogena, tako i za stimulaciju sinteze proteina u mišićima. Što znači, da, ako se ishranom obezbedi adekvatan unos svih 8 esencijalnih aminokiselina, suplementacija pojedinačnim neesencijalnim aminokiselinama nema dodatni povoljan efekat.

### **AMINOKISELINE U SPORTSKOJ SUPLEMENTACIJI**

Aminokiseline koje su danas najčešće korišćene u sportu su: ornitin, arginin, aminokiseline račvastog lanca (BCAA, leucin, izoleucin, valin), glutamin i aspartat. Aminokiseline račvastog lanca (leucin, izoleucin, valin) su jedine aminokiseline koje se metabolišu direktno u mišićima. One se troše i iz krvi i ćelija čitavog organizma. Suplementacijom ovih aminokiselina moguće je da se olakšava oslobađanje anaboličkih hormona (insulin, hormon rasta, IGF-1), čuva mišićno tkivo, stimuliše sintezu proteina, povećava izdržljivost, štedi se glikogen. Najbolji međusobni odnos leucina, izoleucina i valina je 2:1:1 navedenim redosledom. Preporučena doza je 5 do 10 g dnevno. Aspartanska kiselina je aminokiselina uključena u konverziju amonijaka u ureu u jetri. Predpostavlja se da se dodavanjem aspartana može pospešiti izlučivanje amonijaka iz tela i time odložiti pojava zamora. Rizici upotrebe aspartana nisu poznati. Ornitin je aminokiselina koja se ne pojavljuje u proteinima. Primarna uloga ornitina je u mokraćnom ciklusu, gde učestvuje u stvaranju i izbacivanju amonijaka iz organizma koji nastaje kao produkt razgradnje belančevina. Smatra se da ornitin sa argininom učestvuje u oslobađanju hormona rasta. Suplementacijom ornitina povećava se i nivo arginina u organizmu, jer je arginin sastavljen od ornitina, a ornitin se opet stvara iz arginina u neprestanom ciklusu. Svojstva ornitina su i detoksikacija organizma, regeneracija i normalno funkcionisanje jetre, olakšano stvaranje mokraćne i eliminisanje amonijaka iz organizma kao i ubrzanje oporavka nakon treninga.

### **GLUTAMIN - OPIS, FUNKCIJE, PRIMENA**

Glutamin je jedina aminokiselina za koju se smatra da predstavlja osnovu za sve što neki sportista želi da postigne. Danas je nažalost zapostavljen zbog prenatrženosti reklamiranja preparata poput kreatina, stimulansa, anaboličkih aktivatora. Glutamin je prirodni produkt, neesencijalna aminokiselina, koja se može sintetisati u ljudskom organizmu (pretvaranjem iz druge aminokiseline, glutaminske kiseline, primarno u skeletnim mišićima i jetri). Sastoji se iz glutaminske kiseline, amonijaka i vitamina B6 (hemijaska formula: C<sub>5</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>H<sub>10</sub>). On je važan gradivni element proteina, ali i sredstvo transporta azota između tkivnih prostora. Glutamin je slobodna aminokiselina koja se u plazmi i mišićima čoveka nalazi u najvećoj koncentraciji (60%

ostalnih aminokiselina u skeletnim mišićima nastaje od glutamina). Glavni korisnici glutamina su ćelije imunog sistema, tanka creva i bubrezi. Glutamin se u slobodnom obliku nalazi u jajima, mesu, mleku i mlečnim proizvodima. Kao dodatak ishrani glutamin je najčešći u obliku L-glutamina, čije su karakteristike brza apsorpcija vode iz creva, poboljšanje retencije intraćelijske tečnosti (voluminizirajući efekat), poboljšanje barijerne funkcije creva i smanjenje rizika od endotoksemije, stimulacija sinteze proteina u mišićima i uvećanje mišićne mase; predstavlja podršku imunološkom sistemu i sprečava pojavu infekcija, stimuliše resintezu glikogena u mišićima, unapređuje kapacitete za obnovu mišićnog tkiva i smanjuje mišićni zamor. Glutamin je neophodan za pravilno funkcionisanje mozga i poboljšani metabolizam insulina. U trenucima stresa (naporan trening, bolest, povreda) organizam ima potrebe za dodatnim količinama glutamina. Katabolički stres, koji se povezuje sa stresom ili treningom, može smanjiti nivo glutamina i više od 50%. Svaki teži fizički napor koji traje duže od 120 minuta može smanjiti nivo glutamina u krvi. Gladovanje ili gubitak telesne težine prouzrokuju gubljenje glutamina. Glutamin se metaboliše u velikim količinama unutar belih krvnih ćelija (limfocita) obezbeđujući energiju i optimalne uslove za biosintezu nukleotida i samim tim ćelijsku proliferaciju. Glutamin se smatra značajnim za funkciju limfocita i drugih ćelija sa brzom deobom uključujući ćelije crevnog epitela i koštane srži. Smatra se da smanjenje dostupnosti glutamina dovodi do inhibiranja funkcije imunološkog sistema. Smatra se da smanjenje koncentracije glutamina u plazmi može biti delimično povezano sa imunosupresijom koja se javlja kod mnogih sportova izdržljivosti. Produžena aktivnost na nivou od 50 do 70%  $VO_2max$ , pokazalo se da dovodi do pada koncentracije glutamina u plazmi od 10 do 30% koji traje nekoliko sati nakon završetka sportske aktivnosti. Ovaj pad u koncentraciji glutamina u plazmi, koincidira se otvaranjem prozora za ulazak infektivnih agenasa, nakon intenzivnog, produženog sportskog napora, kada je sportista osetljiviji na oportune infekcije. Nekoliko autora smatra da egzogeno dodavanje glutamina može biti korisno u prevenciji inhibicije imuniteta nakon sportskih aktivnosti tipa izdržljivosti. Međutim, sama efikasnost glutamina u poboljšanju imuniteta, uglavnom je zasnovana na kliničkim studijama postoperativno tretiranih pacijenata. Glutamin igra važnu ulogu u kiselo-baznoj ravnoteži kao nosač azota i kao prekursor makromolekula, proteina ili nukleinskih kiselina. S obzirom da sakuplja višak amonijaka on obezbeđuje maksimalnu moždanu aktivnost i ima snažan antikatabolički efekat. Na molekularnom nivou on sprečava gubitak proteina – miozina, koji određuje kontraktilna svojstva skeletnih mišića. Glutamin vezuje vodu unutar ćelije i tada dolazi do ćelijske hidratacije. Na taj način, aminokiseline bolje ulaze u ćeliju, i time je podržana izgradnja mišićne mase. Pošto čini više od pola zaliha aminokiselina u skeletnim mišićima, njegove međumišićne zalihe se moraju redovno dopunjavati, u protivnom može doći do razgradnje mišića. Kada nivo glutamina u plazmi opadne, skeletni mišići mogu ući u stanje katabolizma, pri čemu proteini u mišićima umanjeno proizvode slobodan glutamin za ostatak organizma. Obzirom da su skeletni mišići osnovni izvor u proizvodnji glutamina (pored ishrane) prolongirani deficit glutamina u plazmi može dovesti do drastičnog smanjenja proteina u skeletnim mišićima kao i u mišićnoj masi. Do danas je jako malo urađeno da većina komercijalnih glutaminskih dodataka stigne do ciljnih grupa kojim je namenjena: sportista – takmičara. Poslednjih godina sprovedeno je najmanje šest studija o glutaminskim dodacima kod sportista i postoji osnova za verovanje u efikasnost glutaminskih dodataka. Pretpostavlja se da glutaminski dodaci povećavaju nivo hormona rasta, koji može pomoći prilikom sinteze proteina i podsticanju povećanja mišićne mase, ali pouzdani dokazi o ovim efektima glutaminskih dodataka nisu dobijeni ni prikazani u kliničkim studijama. Glutamin je glikogena aminokiselina, što znači da učestvuje u sintezi glikogena u jetri. Njegova sposobnost konverzije u glukozu, omogućava mu visok energetske nivo. C glukoza proizvodi 36 mola ATP-a. Međutim, glutamin se ne nalazi u komercijalnim sportskim napicima, pre svega zbog svoje relativne nestabilnosti u rastvoru. Transport vode iz creva u cirkulaciju je stimulisan u prisustvu glukoze i natrijuma u konzumiranim napicima. Glutamin se transportuje u ćelije crevnog epitela kako natrijum-zavisnim tako i natrijum -nezavisnim mehanizmima, i dodavanje glutamina rastvorima za oralnu rehidraciju, pokazalo se da povećava brzinu apsorpcije tečnosti u odnosu na unos čiste vode. Potencijalni korisni efekti dodavanja glutamina komercijalnim sportskim napicima, nisu u dovoljnoj meri ispitani, i bilo kakav koristan efekat u smislu povećanja apsorpcije fluida je verovatno veoma mali. Nedostatak glutamina u organizmu se pokazao kao mogući faktor koji doprinosi sindromu pretreniranosti. Pretreniranost je rezultat prevelikohg obima treninga ili njegovog inteziteta koji su toliko naporni i učestali da ne daju telu dovoljno vremena za opravak, telo ne može adekvatno da se oporavi, i to rezultira pretreniranošću. Ono može biti i posledica grešaka u vežbama - dugotrajni, monotoni treninzi, neodgovarajući stepen progresije vežbi, propusti u adekvatnom planiranju treninga prema vremenu takmičenja. Sindrom pretreniranosti je stanje koje nastaje kao rezultat pretreniranosti. Dva tipa sindroma pretreniranosti su simpatički, kod koga postoji povećana simpatička aktivnost u mirovanju, i parasimpatički, kod koga postoji

povećana parasimpatička aktivnost u mirovanju. Pokazatelji pretreniranosti su povećana ili smanjena srčana frekvencija u mirovanju, smanjenje telesne mase, mišićna osetljivost, gubitak apetita, poremećaji spavanja, hronični umor, psihičke promene, stalno prisustvo simptoma nalik nazebu, smanjena takmičarska sposobnost. Mnogi sportisti znaju da budu i po šest meseci u stanju pretreniranosti. U skorijoj studiji, istraživači su koristili atletičare, koji su izvodili treninge na duge staze, i takve treninge su sprovodili svaki dan u narednih deset dana. Otkriveno je da su sportisti čak i posle šest dana odmora imali veoma nizak nivo glutamina u plazmi. Sedmi dan su odradili jedan kratak trening sprinteva i nivo glutamina je opadao i do 45%. Iz ovoga se vidi da se pad nivoa glutamina može desiti veoma lako i može ostati takav dug vremenski period. Međutim, mera pretreniranosti još nije ustanovljena. Iako su procenjavani mnogi parametri pretreniranosti - npr. odnos između ukupnog testosterona i kortizola, nivo kreatin kinaze, ekskrecija kateholamina u urinu tokom noći, profil laktata u krvi i izmenjeni T talas u EKG-u, nijedan od ovih faktora ne može da potvrdi dijagnozu sindroma pretreniranosti. Sportisti koji su pretrenirani će se brže oporaviti ako potpuno miruju, a ne ako samo smanje trenažno opterećenje. Sastavni deo procesa oporavka trebalo bi da budu i redovni medicinski pregledi, saveti o ishrani i psihološka podrška. Osim što je odgovorna za fizičke sposobnosti, pretreniranost prouzrokuje i pad imuniteta. Istraživanje iz 1997. koje je sproveo Gatorade Institut za sportske nauke na uzorku od 2700 trenera u srednjim školama i na koledžima, 89% je pozitivno odgovorilo na pitanje: «Da li verujete da pretreniranost može dovesti do ugrožavanja imunog sistema i bolesti sportista?» Mnoge komponente imunog sistema pokazuju promene nakon dugotrajnog i teškog napora, uključujući visok broj neutrofila i nizak broj limfocita u krvi, izazvan visokom koncentracijom kortizona u plazmi, povećanje granulocita u krvi, kao i monocitne fagocitoze, kidanje mišićnog tkiva, smanjenje u granulocitnoj oksidnoj aktivnosti. Nažalost, sportisti su manje zainteresovani za smanjenje fizičkog napora, a više za uzimanje dodatnih suplemenata koji su potencijalna odbrana od vežbanjem izazvane imunosupresije. Glutamin, u kombinaciji sa vitaminom C, cinkom i ugljenim hidratima imali su najveći uticaj na imuni odgovor izazvan napornim vežbanjem. Međutim, uzimanje samo glutamina, po današnjim istraživanjima, nema veliki uticaj na oslabljeni imunitet, koji je posledica napornog vežbanja. U studijama, u kojima su testirani iskusni maratonci, napici bogati ugljenim hidratima, unošeni pre, tokom (1 litar na sat) i posle 2,5 sata treniranja, bili su povezani sa povećanjem nivoa plazmičke glukoze, smanjenjem nivoa kortizola u plazmi, manja izmena u broju imunih krvnih ćelija, nižih nivoa granulocita i monocita.

Oralni suplementi, dostupni na tržištu, su u formi L-glutamin tableta ili gelatinskih kapsula (250, 500 i 1000 mg) ili u obliku pudera. Preporučena dnevna doza je oko 1 g. Činjenice koje treba uzeti u obzir pri određivanju potrebne količine glutamina su telesna težina, nivo aktivnosti, ukupno zdravstveno stanje i način ishrane. Treba uzeti u obzir i da li se sprečava pretreniranost, poboljšava sportski nastup ili poboljšava imuni sistem (za sprečavanje pretreniranosti preporučuje se uzimanje glutamina pre i posle treninga, kao i pre odlaska u krevet 5-10 dana). Istraživači koji su proučavali efekte glutamina na pad njegove koncentracije nakon treninga, preporučili su upotrebu 0.1 g na kilogram telesne težine svakih 30 minuta u toku 2 do 3 sata nakon sportske aktivnosti. Glutamin se ne preporučuje osobama sa raznovrsnim poremećajima bubrežne funkcije. Nisu poznati neželjeni efekti pri unosu glutamina u kraćem vremenskom periodu. Velike doze mogu dovesti do stomaćnih tegoba (muka, gađenje, povraćanje). Nisu poznati podaci o dugoročnom unosu suplemenata u količinama većim od 1g dnevno. Međunarodni olimpijski komitet niti druge sportske organizacije ne limitiraju upotrebu glutamina pre, za vreme ili nakon sportske aktivnosti i takmičenja. Glutamin se nalazi u slobodnoj prodaji kao legalan preparat.

### **ARGININ - OPIS, FUNKCIJE I PRIMENA**

Arginin je neesencijalna aminokiselina, poznatija i kao L-arginin (L označava prirodnu aminokiselinu, za razliku od D, koja označava sintetičke aminokiseline). Arginin je prirodni sastojak biljnih i životinjskih belančevina. Prirodni izvori arginina su jezgrasti plodovi, mrki pirinač, suvo grožđe, čokolada, susam i namirnice bogate proteinima. Iako je neesencijalna amino kiselina (ljudski organizam je može sintetisati u dovoljnoj količini za svoje uobičajene potrebe) endogena sinteza može biti nedovoljna u određenim kataboličkim stanjima kakva je, na primer, groznica. Tada se arginin može smatrati uslovno esencijalnom aminokiselinom. Neke od funkcija arginina su zaštita od srčanih oboljenja, umanjuje nivo holesterola, smanjuje krvni pritisak, poboljšava cirkulaciju. Arginin je ključna komponenta putanje azot oksida i važan kaskadni element u reakcijama povezanim sa vazodilatacijom (širenje krvnih sudova kao posledica puštanja mišićnog zida krvnih sudova), kao i sa kardiovaskularnim funkcijama. Argininski dodaci smanjuju simptome povezane sa bolestima srca i mogu usporiti napredovanje arterioskleroze. U telu, arginin služi kao podloga za sintezu enzima azot – oksida i katalizacijom arginina proizvodi se citrulin i azot oksid. U

ćelijama koje okružuju krvne sudove (endotelijumske ćelije) proizvodnja azot oksida izaziva vazodilaciju (otvaranje krvnih sudova). Azot oksid (NO) je uključen u opštu regulaciju sistemske vaskularne otpornosti, pri čemu blokira lepljenje ćelija i stranih materija za zidove krvnih sudova i pomaže suzbijanju preteranog rasta glatkih mišićnih ćelija koje oblažu krvne sudove. Kod ljudi kod kojih je povišen nivo holesterola uobičajeno je zapaziti smanjenu sposobnost endotelijuma da proizvodi NO, i zbog toga se holesterol delotvorno širi. Uz to, usled smanjene proizvodnje NO, krvne ćelije će se verovatno zakačiti za spoljne zidove krvnih sudova i dovesti do začepljenja. Argininski dodaci (8 - 21 g dnevno) su pokazali da obnavljaju endotelijčku vazodilaciju u koronarnim arterijama kod ljudi sa visokim holesterolom, kao i da smanjuju mogućnost prijanjanja krvnih ćelija za zidove krvnih sudova. Arginin se danas često koristi u sportskoj suplementaciji zbog njegovog potencijalnog ergogenog efekta na hormonalni sistem. Smatra se da je oslobađanje insulina i humanog hormona rasta povećano posle stimulacije sa nefiziološki povećanim dozama arginina (2:3). Smatra se i da suplementi arginina izazivaju anaboličke efekte posledično povećavaju mišićnu masu. Osim uticaja na oslobađanje hormona i klasičnih funkcija aminokiselina, kao substrata za sintezu belančevina, važan efekat na fiziologiju sportskog nastupa, sastoji se u njegovom kapacitetu da poveća preuzimanje glukoze od strane mišićnog tkiva. Arginin učestvuje u sintezi uree, završni je produkt katabolizma proteina, obezbeđuje azot za sintezu kreatina, olakšava sintezu poliamina, koji imaju značajnu funkciju u obnovi i izgradnji tkiva, učestvuju u formiranju kompleksa arginil-tRNA, neophodnog u degradaciji proteina. Istraživanjima je pokazano da sportom izazvan porast u koncentraciji hormona rasta fluktira kao posledica suplementacije solima arginina. Ovo je u saglasnosti sa opservacijama da je porast nivoa hormona rasta posle oralnog unosa arginina izuzetno varijabilan. U svakom slučaju, sadržaj arginina u suplementima na tržištu je verovatno prenizak da bi izazvao značajan porast nivoa hormona rasta. Nema podataka o NO – posredovanom uticaju na preuzimanje glukoze tokom sportskih aktivnosti, koji nastaje kao posledica suplementacije argininom – sinteza NO u mirovanju i tokom napora nije substrat zavisna. Suplementi arginina često su reklamirani kao monopreparati sa samo jednom aminokiselinom (arginin ili kombinacija sa slobodnim ornitinom i/ili lizinom) ili kao dipeptidi (često sa aspartatom ili glutamatom kao sekundarnom aminokiselinom). Arginin se u prodaji nalazi u vidu tableta, kapsula ili praškova, koji sadrže manje od 1 g aktivne supstance. Proizvođači suplemenata na tržištu preporučuju unos od 0.5 do 1 g dnevno. Ova količina nije štetna, ali verovatno i nema značajni uticaj na sekreciju hormona. Iako su tokom kliničkih studija korišćene doze i do 30 g, njihovi efekti kod zdravih ljudi nisu u potpunosti rasvetljeni i potencijalni negativni efekat preopterećenja NO je pod znakom pitanja. Kod srčanih bolesnika, koriste se argininski dodaci u dozama do 20 g na dan. Za poboljšanje protoka krvi kroz srčane arterije koristi se 9-14 g dnevno. Kod zdravih ljudi i sportista, dve nedelje dug program suplementacije sa ukupno 7 g arginina (i 7 g aspartata) doveo je do smanjenja koncentracije ostalih aminokiselina u plazmi i porasta nivoa arginina. Ovakav disbalans u koncentracijama aminokiselina, pokazano je, dovodi do smanjenja unosa hrane i telesne mase kod domaćih životinja. Sve dok potencijalni štetni efekti doza od nekoliko grama ne budu u potpunosti ispitani na zdravim, humanim subjektima, suplementi arginina (ili drugih slobodnih aminokiselina) ne mogu se smatrati apsolutno bezbednim. Suplementi koji sadrže arginin, ne preporučuju se osobama obolelim od dijabetesa i hroničnih oboljenja bubrega. Doze od nekoliko grama mogu izazvati gastrointestinalne simptome (muka, gađenje, povraćanje, proliv). Nisu istraživane posledice aminokiselinskog disbalansa u krvi humanih subjekata. Pre uzimanja suplemenata arginina, preporučuje se konsultacija sa lekarom – dijabetičarem. MOK niti druge sportske organizacije, ne zabranjuju upotrebu arginina, i on se na tržištu suplemenata nalazi u slobodnoj prodaji.

#### **UPOTREBA NEDOZVOLJENIH SREDSTAVA U SPORTU**

Da bi se ostvarila prednost, neki sportisti koriste ergogena sredstva, odnosno sredstva koja poboljšavaju takmičarsku sposobnost iznad nivoa zadatog genetskom predispozicijom ili treningom. Od nedozvoljenih stimulansa, najčešće se koriste anabolički steroidi, polni hormoni, najčešće testosteron, hormon rasta, hormon tireoidne žlezde i ekstrati biljnih hormona (fito hormoni). Sami hormoni su hemijska jedinjenja koje ćelija ili grupa ćelija luči u telesne tečnosti, koji kontrolišu stepen aktivnosti ćelija u ciljnim tkivima. Hormon prvo aktivira receptore ćelija ciljnih tkiva, to izaziva menjanje funkcije receptora i najčešće preko posrednika ostvaruje efekat unutar ćelije. Hormoni su na osnovu hemijske građe podeljeni na 3 grupe proteinske hormone, derivate aminokiselina i grupu steroida. Uticaj hormona posle unošenja u telo, razlikuje se, kako po svom hemijskom delovanju, tako i po efektu koji se ostvaruje u organizmu. Pretpostavlja se da je danas prisutna vrlo široka zloupotreba hormona rasta u sportu, iako nema dobro kontrolisanih studija koje bi demonstrirale stvarne efekte hormona na radni kapacitet sportista.

## **HORMON RASTA - OPIS, EFEKTI I PRIMENA U SPORTU**

Ljudski hormon rasta je polipeptid, molekularne mase 21.500 i sastoji se od 191 aminokiseline koje su povezane peptidnim vezama. Hormon rasta luči prednji režanj hipofize, adenohipofize (oko 30-40% svih ćelija adenohipofize luče hormon rasta). Prednji režanj hipofize sadrži ukupno 5 - 10 mg hormona rasta, kog sintetišu i deponuju somatotropne ćelije. Na stvaranje hormona rasta utiču uzrast i pol, i procenjeno je da se dnevno stvara 0.4 - 0.1 mg kod odraslih muškaraca, a nešto više kod adolescenata i žena. Hormon rasta se sekretuje pulsatilno kod čoveka, 3 - 5 pulseva u toku dana. Dnevne fluktacije u serumu odraslih muškaraca kreću se od 0.5 do 3 g/L a ženske osobe i adolescenti imaju nešto više nivoe, posebno žene koje uzimaju estrogen. Hormon rasta stimuliše sintezu proteina i izaziva rast skoro svih tkiva organizma, uključujući kosti, kožu, mišiće i viscerarne organe. Vrhunac lučenja se dostiže 90 minuta pošto se zaspi. Pojačano lučenje hormona rasta počinje oko 3 godine, a njegov najveći intenzitet je u periodu puberteta. Negde oko 40-te godine se smanjuje njegovo lučenje, dok posle 70-te drastično opada. Prekomerno lučenje hormona rasta (tumor hipofize) pre završetka adolescencije uzrokuje gigantski rast, dok urođeni defekti u sekreciji hormona rasta, kada je njegovo lučenje nedovoljno, dovodi do patuljastog rasta. Fiziološku sekreciju hormona rasta odlikuju niski bazalni nivoi, iznenadno prekidani sekretornim skokovima na 3 do 4 sata. Oslobođanje se može sprečiti povećanjem nivoa glukoze i glikokortikoida. Hipoglikemija povećava, a hiperglikemija smanjuje njegovo lučenje. San povećava lučenje hormona rasta (posle 90 minuta, na početku sporotalasnog sna). Glavni efekti na metabolizam proteina - hormon rasta pospešuje ulazak nekih aminokiselina u ćelije, stimulacija sinteze proteina na ribozomima, stimulacija stvaranja RNK i smanjenje katabolizma proteina i iskorišćavanje aminokiselina u procesu glukoneogeneze (energetski metabolizam). Uticaj na anabolizam proteina ispoljava se na više načina. Hormon rasta potpomaže transport nekih amino kiselina kroz ćelijsku membranu i povećava njihovu koncentraciju u ćeliji. On direktno deluje na ribosome, pa oni sintetišu više proteina. Zatim podstiče transkripciju DNK u jedru, čime se stvara veća količina RNK a povećava i translacija RNK i tako povećana sinteza proteina pod optimalnim uslovima. U isto vreme, smanjuje se katabolizam aminokiselina.

Glavni efekti na metabolizam masti su stimulacija oslobađanja slobodnih masnih kiselina iz masti, stimulacija razgradnje slobodnih masnih kiselina do acetyl-CoA, i dalje razlaganje i oslobađanje energije. Glavni efekti na metabolizam ugljenih hidrata smanjeno iskorišćavanje glukoze, stimulacija sinteze i odlaganje glikogena u ćelijama i smanjeno preuzimanje glukoze u ćelijama, nakon zasićenja ćelija glikogenom. Uloga hormona rasta na mišiće je složena - rast mišića je kompleksan proces koji je posledica uticaja hormonalnih faktora i mišićnog rada. Hormon rasta može da deluje samo ako je prisutan i insulin kao i normalno prisustvo ugljenih hidrata radi obezbeđivanja energije za sintezu proteina. Fizički napor je moćan stimulan za oslobađanje hormona rasta, koji se javlja posle 20 minuta u radu, intenziteta 75 - 90% VO<sub>2</sub>max. Hormonski odgovor zavisi od intenziteta i trajanja rada, pola, starosti, sastava tela, faktora okoline, treniranosti i uzimanja lekova. Što je intenzitet rada veći, povišene koncentracije hormona u plazmi, ranije se javljaju. Najveće vrednosti nađene su 15 - 30 minuta posle početka rada, a njegov poluživot u plazmi iznosi 16 - 23 minuta. Vrsta rada utiče na lučenje hormona rasta. Intervalni rad izaziva veću koncentraciju od kontinuiranog, čak iako je ukupna količina rada jednaka. Pri istom opterećenju rad rukama izaziva veću koncentraciju hormona rasta od rada nogama (rad rukama je izazvao veću frekvenciju srca, krvni pritisak, i veće koncentracije noradrenalina i laktata u plazmi). Promene koncentracije najveće su u umerenom radu a smanjuju se ka bazalnim vrednostima u radu maksimalnog intenziteta. Kod žena je odgovor hormona rasta na rad veći nego kod muškaraca. Objašnjenja za to variraju od uticaja estrogena do manje fizičke sposobnosti i većeg psihološkog stresa u odgovoru na napor. Gojazne osobe slabije odgovaraju na napor od mršavih. Biološka dejstva hormona rasta ostvaruju se na dva načina direktno putem samog hormona rasta i indirektnim dejstvom preko IGF-1 (somatomedin C). Relacija hormona rasta i insulinu-sličnog faktora rasta (IGF-1) opisuje se kao »osovina HR-IGF1«.

Danas je terapijska primena hormona rasta opravdana u sledećim situacijama kao što su zaostatak u rastu dece i patuljast rast nastao usled deficita HR; lečenje primarne i sekundarne osteoporoze; stanja povezana sa procesom starenja; ubrzanje procesa lečenja i zarastanja povrede. Razvoj rekombinovane tehnologije omogućio je dobijanje sintetskih formi hormona rasta koje su identične endogenom hormonu. Na taj način ovaj hormon je postao široko dostupan prvenstveno zbog pristupačne cene. Pri usavršavanju ove tehnologije korišćen je hormon dobijen iz delova hipofize umrlih ljudi - 1985. godine dobijao se od delova hipofize umrlih a kasnije je dobijana sintetička forma identična endogenom humanom hormonu rasta. Primena ovog hormona često je bila praćena teškom Creuzfeld - Jakobovom bolešću (tzv. bolest ludih krava). Dok je pre



Broj pozitivnih doping slučajeva je značajno porastao tokom poslednjih nekoliko godina. Ovaj porast je bez sumnje odraz velike sume novca uključenog u profesionalni sport i većeg broja organizovanih takmičenja što primorava sportiste da treniraju i da se takmiče tokom cele godine. Novi milenijum je svedok dubokih promena u zakonodavstvu, koordinaciji i načinu borbe protiv dopinga kod olimpijskih i neolimpijskih sportova, kao i na svim nivoima nacionalnih i lokalnih sportskih aktivnosti.

#### **KORIŠĆENA LITERATURA**

Cenić-Milošević D. Osnovi fiziologije. Stomatološki fakultet, Pančevo 2005.  
Micheli L. et al (eds.) FIMS priručnik za klupske lekare. UMSS, Beograd 2005.  
Ostojić SM. Sportski suplementi. Lama sport, Beograd 2002.  
Ugarković D. Osnovi sportske medicine. Viša košarkaška škola, Beograd 2001.  
Vulić Ž. Anabolni informator. Velarta, Beograd 1998.  
[www.gssiweb.com](http://www.gssiweb.com)  
[www.issaonline.com](http://www.issaonline.com)  
[www.sddh.hr/medicina.htm](http://www.sddh.hr/medicina.htm)