

**UNIVERZITET U BEOGRADU**  
**FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA**

-Diplomski rad-

**Pregled istraživanja o primeni fizičke aktivnosti u cilju usporavanja  
procesa starenja i očuvanja kognitivnih i moždanih funkcija**

Kandidat:

Irena Stojadinović

Mentor: Red. prof. dr Dušan Mitić

Van.prof. dr Marija Macura

Doc. dr Ana Orlić

Beograd, 2016

## **Pregled istraživanja o primeni fizičke aktivnosti u cilju usporavanja procesa starenja i očuvanja kognitivnih i moždanih funkcija**

Starenje je veoma složen, univerzalni proces tokom koga dolazi do postepenog gubitka funkcionalne sposobnosti različitih organskih sistema. Prate ga povećanje patofizioloških i bioloških promena, smanjenje životnih funkcija i završava se smrću. U ljudskoj populaciji proces starenja je donekle evolucijski izmenjen a ljudski vek produžen zahvaljujući mnogim spoljnim i unutrašnjim faktorima. Fizička aktivnost je jedan od tih faktora jer omogućava modulaciju brojnih sistema u telu. Fizička aktivnost je zapravo veoma moćan faktor kojim čovek može kontrolisano uticati na proces starenja fizičkih i mentalnih funkcija (Friedlander, A.L. 2014). Pored pozitivnog uticaja na brojne sisteme u telu fizička aktivnost na direktan i indirektan način dovodi i do poboljšanja moždanih funkcija. Tokom procesa starenja dolazi do pada u performansama brojnih kognitivnih zadataka kao i do smanjenja radne i epizodičke memorije. Međutim zadnjih trideset godina pojavio se veliki broj naučnih dokaza da ljudski um može da se razvija i tokom procesa starenja. Ono što je za sada poznato je da su naše mentalne moći zajedno sa memorijom dizajnirane da se poboljšavaju tokom života i kroz život (ova pojava u neouronauci se naziva neuroplastičnost) i da smo mi u stanju da generišemo nove moždane ćelije uprkos tome što neke naše moždane ćelije odumiru (ova pojava se u neuronauci naziva neurogeneza).

Prema istraživanjima naučnika John J. Ratey-a (2008), fizičko vežbanje pored svog uticaja na mišićni tonus i kardiovaskularni fitnes utiče i na poboljšanje kognicije i memorije jer snabdeva mozak dovoljnom količinom kiseonika i dovodi do oslobađanja velikih količina neurohemikalija i faktora rasta koji značajno usporavaju proces starenja.

Tokom procesa starenja takođe dolazi do povećanog rizika od mnogih hroničnih stanja i oboljenja kao što su kardivaskularne bolesti, poremećaji kognitivnih funkcija i metabolički sindrom. Fizičkom aktivnošću moguće je pozitivno delovati na usporavanje ovih promena. Fratiglioni i saradnici (2004), pokazali su da je redovno bavljenje fizičkom aktivnošću najznačajniji faktor koji ima najveći zaštitni uticaj protiv štetnih efekata starenja na zdravlje i kogniciju.

Fizičko vežbanje ima protektivan uticaj na degenerativne promene mozga povezane sa starenjem i neurodegenerativnim oboljenjima (Intlekofer, K.A., Cotman, C.W. 2013).

Kod starijih ljudi povišen rizik za kognitivna oštećenja povezan je sa kardiovaskularnim faktorima rizika kao što su hipertenzija, dislipidemija, povišen novo zapaljenjskih markera, metabolički sindrom. Na navedene faktore rizika moguće je uticati putem fizičke aktivnosti (Nelsonme rej 2007). Fizička aktivnost koja utiče na redukciju kardiorespiratornih faktora rizika povezana je sa biomarkerima zdravlja mozga i poboljšanjem kognitivnih performansi. Mnogobrojna istraživanja koja su vršena na starijoj populaciji ukazala su na povezanost između moždanih struktura i funkcija, kardiorespiratornog fitnesa, kognitivnih performansi i različitih nivoa vežbanja.

Rezultati studije Angevarena M. i saradnika (2008) pokazali su da je zahvaljujući fizičkoj aktivnosti došlo do povećanja maksimalne potrošnje kiseonika u proseku 14% kod osoba koje su u trećem životnom dobu vodile sedentaran način života.

Vežbanje i kardiorespiratorni fitnes utiču na kognitivno izvođenje jer poboljšavaju aktivaciju i povezanost između različitih delova mozga (Colcombe, S.J., Kramer, A.F., Erickson, K.I., i saradnici 2003). Pozitivan efekat kardiorespiratornog fitnesa je značajniji u moždanim strukturama povezanim sa memorijom i egzekutivnim funkcijama (Erickson, K.I., Miller, D.L., Weinstein, A.M., Akil, S.L., Banducci, S.E., 2012). Rezultati navedenih studija pokazuju da je aerobni fitnes povezan sa promenama u moždanim strukturama koje utiču na bolje kognitivno funkcionisanje kod starije populacije.

Rezultati studije Burnsa i saradnika (2008) pokazuju da je kod osoba sa umerenom Alchajmerovom bolešću zapremina mozga u pozitivnom odnosu sa kardiorespiratornim fitnessom. Do sličnih rezultata došli su i Honea i saradnici (2008) što ukazuje na protektivni efekat kardiorespiratornog fitnesa jer modifikuje strukturne promene u mozgu nastale kao posledica Alchajmerove bolesti.

Nakon sedamdeset pete godine života kod velikog broja ljudi javljaju se medicinski problemi iz grupe gerijatrijskih sindroma a jedan od njih je telesna slabost. Najveći faktor rizika za telesnu slabost je neaktivnost a sama telesna slabost nije kontraindikacija za bavljenje fizičkom aktivnošću. Telesna slabost je jedan od najvećih razloga za bavljenje fizičkom aktivnošću (K. Rockwood, S. E. Howlett, C. MacKnight i saradnici, 2004).

Umerena realizacija fizičke aktivnosti tokom poznih godina smanjuje rizik za dobijanje umerenog kognitivnog oštećenja za 32% (Geda i saradnici, 2010). Ukoliko je osoba aktivna oko

pet sati sedmično ima visoke rezultate u brzini procesovanja, memoriji i egzekutivnoj funkciji kao i manje šanse da oboli od demencije kasnije u životu (Chang i saradnici, 2010).

Usmerena na modifikaciju faktora rizika i neuroprotektivne mehanizme fizička aktivnost reprezentuje nefarmaceutski pristup u usporavanju negativnih promena koje se dešavaju u telu kao posledica procesa starenja. Navedene studije nam daju relevantne dokaze da fizička aktivnost dovodi do promena u strukturalnim, metaboličkim i funkcionalnim dimenzijama mozga koje su zadužene za očuvanje kognitivnih performansi kod starijih ljudi.

Ključne reči: fizička aktivnost, kognicija, kognitivne funkcije, memorija, kardiorespiratorni fitnes...

## Sadržaj

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod.....                                                                                                                    | 7  |
| 2. Starenje i patofiziologija starenja.....                                                                                     | 10 |
| 3. Teorije starenja.....                                                                                                        | 14 |
| 3.1. Starenje i prateće promene u neurokognitivnim funkcijama .....                                                             | 14 |
| 3.2. Nova paradigma optimalnog starenja .....                                                                                   | 16 |
| 3.3. Nova, revolucionarna nauka o odnosu fizičkog vežbanja i mozga .....                                                        | 17 |
| 4. Potencijalni mehanizmi: fizička aktivnost i kognitivne performanse .....                                                     | 18 |
| 4.1. Efekti fizičke aktivnosti na kognitivne i moždane funkcije kod starijih osoba.....                                         | 18 |
| 4.2. Fizička aktivnost i neurotrofni faktori .....                                                                              | 19 |
| 4.3. Fizička aktivnost i kardiovaskularni faktori rizika.....                                                                   | 19 |
| 5. Kardiorespiratorni fitnes i zdravlje mozga.....                                                                              | 22 |
| 5.1. Veza između fizičke aktivnosti i kognicije kod zdravih starijih osoba.....                                                 | 23 |
| 5.2. Veza između fizičke aktivnosti i moždanih struktura i funkcija kod starijih osoba.....                                     | 26 |
| 5.3. Veza između fizičke aktivnosti i kognicije kod starih osoba sa simptomom telesne slabosti ....                             | 27 |
| 5.4. Veza između fizičke aktivnosti i kognicije kod starih osoba koje imaju blago kognitivno<br>oštećenje i-ili demenciju ..... | 29 |
| 6. Zaključak.....                                                                                                               | 31 |
| 7. Literatura.....                                                                                                              | 36 |
| 8. Prilozi.....                                                                                                                 | 43 |

*Mozak je...  
najkompleksija stvar koju smo  
do sada otkrili u našem univerzumu.  
Sastoji se od hiljadu biliona ćelija koje su  
međusobno povezane trilionima veza.  
Mozak začuđuje um.*

— **Džejms D. Votson**  
**Nobelovac**

## 1. Uvod

Fiziološka starost, za razliku od hronološke (kalendarske) starosti, definisana je individualnom sposobnosti organizma da se adaptira na zahteve okoline, najčešće izražene izdržljivošću, jakošću, fleksibilnošću, koordinacijom i radnim kapacitetom.

U prosečnoj populaciji vrhunac funkcijske sposobnosti dostiže se u starosti oko 30 godina. Potom se opaža postupni gubitak funkcijske sposobnosti. Pri tome različiti organski sistemi gube funkcijsku sposobnost različitim stopom. Populacija starih prema fiziološkoj starosti može se podeliti u tri grupe (Morse i Smith 1981):

- „Mlađi“ stariji- hronološke starosti između 55 i 75 godina sa maksimalnom sposobnosti od 5-7 MET-a<sup>1</sup>.
- „Stariji“ stariji- hronološke starosti od 75 godina s maksimalnom sposobnosti od 2-3 MET-a,
- „Sportski“ stariji- nezavisno od hronološke starosti s maksimalnom potrošnjom od 9-10 MET-a.

Nezavisno o kontrolnim mehanizmima starenja, mnoga smanjenja funkcije pojedinih organa tokom starenja nalikuju onima koja nastaju kao posledica neaktivnosti. Smatra se da se najmanje 50% promena koje se pripisuju starenju u populaciji razvijenog sveta može pripisati atrofiji usled neaktivnosti. Na slici 1. Prikazano je šta se dešava sa fizičkim funkcijama u procesu starenja.

Naime, tokom procesa starenja dolazi do slabljenja mišića, smanjuje se radni kapacitet i dolazi do pada u mišićnoj masi. Kao posledica ovih gubitaka dolazi do smanjenja u fizičkoj aktivnosti. Pad u fizičkoj aktivnosti lančano dovodi do povećanja oboljenja i faktora rizika kao što su visok krvni pritisak, abnormalna koncentracija lipida, i dijabetes tip 2 i na kraju ovi problemi mogu dovesti do kardiovaskularnih bolesti. Genetika i prekomerna težina takođe igraju značajnu ulogu u celokupnom procesu starenja (Friedlander, A.L. 2014).

---

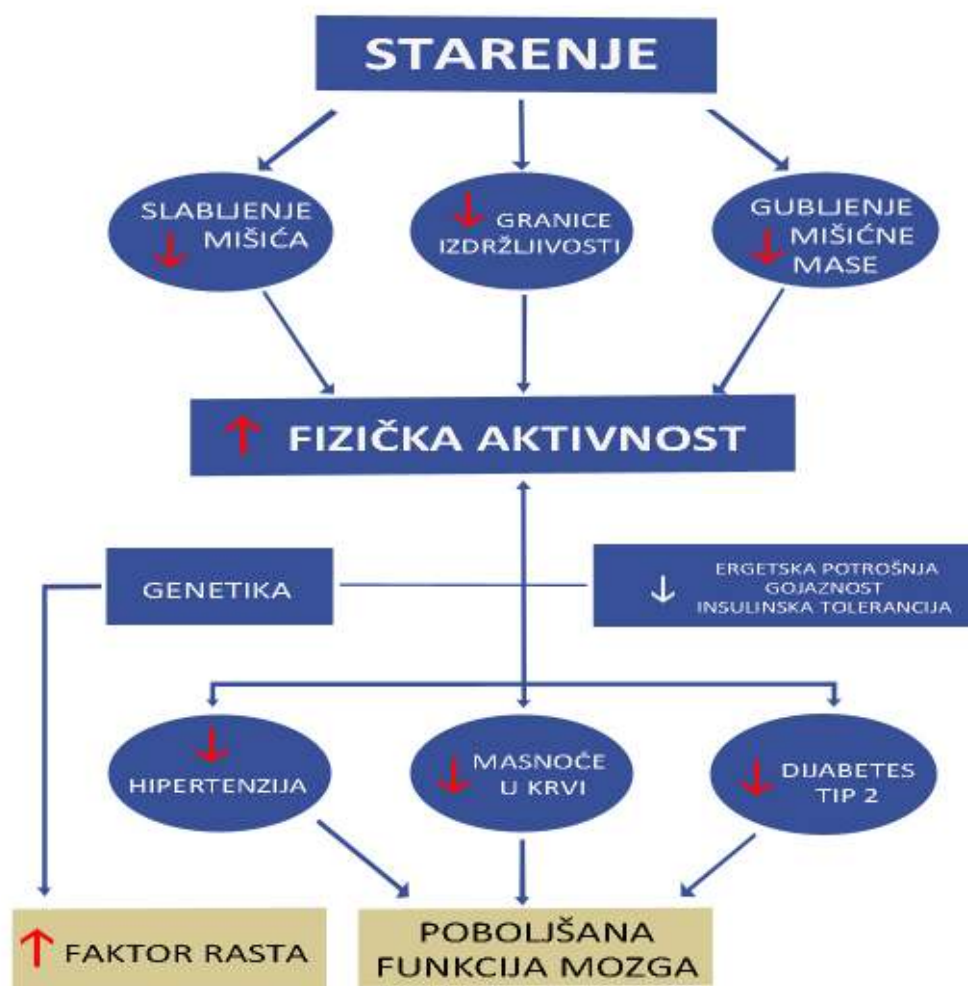
<sup>1</sup> 1 MET = metabolička jedinica = 3,5 ml O<sub>2</sub> / kg × min



Slika 1. Promene u fizičkim funkcijama organizmu kao posledica procesa starenja. (Modifikovano Nair i Stewart 2005).

Preuzeto: Friedlander, A.L. (2014). Your Body in the World: Adapting to Your Next Big Adventure Program in Human Biology. Online Course. California: Stanford University.

Međutim nije sve toliko negativno kao što u prvi mah izgleda. U centru slike nalazi se fizička aktivnost, pa ukoliko se strelica fizičke aktivnosti “okrene” u suprotnom smeru, odnosno ukoliko se osoba fizički angažuje to kompletno menja celu sliku. Slika 2. prikazuje promene koje se dešavaju u organizmu ukoliko se osoba fizički angažuje.



Slika2. Promene koje se dešavaju ukoliko se osoba fizički angažuje (Modifikovano Nair i Stewart 2005).

Preuzeto: Friedlander, A.L. (2014). Your Body in the World: Adapting to Your Next Big Adventure Program in Human Biology. Online Course. California: Stanford University.

Sa povećanjem fizičke aktivnosti usporava se pad u jačini mišića i gubitku mišićne mase, povećava se radni kapacitet i smanjuju faktori rizika za tip 2 dijabetes i kardiovaskularne bolesti. Fizičkom aktivnošću moguće je izvršiti modulaciju brojnih sistema u telu i na taj način ona predstavlja veoma moćan faktor kojim čovek može kontrolisano uticati na proces starenja. Pored pozitivnog uticaja na brojne sisteme u telu, fizička aktivnost isto tako dovodi do poboljšanja moždanih funkcija, na direktan i indirektan način.

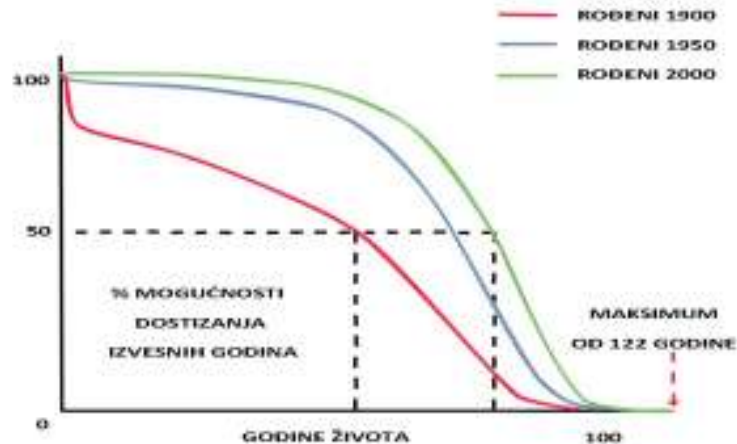
## 2. Starenje i patofiziologija starenja

Starenje je progresivni gubitak ćelijske regulacije zbog koje se smanjuje interakcija između tkiva i organa. Tim procesom postupno nastaju brojne promene kako u ponašanju ljudi tako i u morfološkoj i fiziološkoj organizaciji organizma. U starenju se smanjuje maksimalni funkcionalni kapacitet i odbrambena sposobnost organizma od svih oblika stresa. Starenje je specifično stanje organizma sa povećanim patofiziološkim i biohemijskim promenama koje su predispozicija za razvoj hroničnih bolesti kao što su na primer katarakta, šećerna bolest, hronični artritis i mnogi oblici tumora. Promene vezane uz starenje javljaju se u odraslim organizmima neposredno nakon razdoblja opadanja biološkog potencijala što je dobro uočljivo u smanjenom reprodukcijom kapacitetu ljudi. To je verovatno odgovor ćelijske DNK na brojne višegodišnje agresivne faktore okoline koji postepeno oštećuju unutrašnju metaboličku ravnotežu ćelija i njihovih organela.

Starenje je sastavni deo života organizma koje se javlja zajedno sa smanjenjem životnih funkcija i završava smrću. Taj je proces jedino u ljudskoj populaciji evolucijski promenjen, pa je prosečna starost ljudi produžena nekoliko puta prema dužini života ljudi u prvim civilizacijama. Velika vitalnost ljudske populacije i njena dobra prilagodljivost uslovima okoline omogućili su opstanak ljudi u često nepovoljnim uslovima sredine. Visoka medicinska zaštita, kvalitetni uslovi života i moderna tehnologija u zadnjih pedesetak godina objektivno su produžili život ljudi i znatno ublažila sve negativne manifestacije starosti.

U svetu je 1999 godine živelo 600 miliona ljudi starijih od 60 godina. Pretpostavlja se da će se taj broj ljudi 2050 godine povećati na gotovo 2 milijarde. Ako je danas jedna osoba na svakih 10 ljudi starija od 60 godina, 2050 godine će taj odnos biti čak 1 : 5 , a u razvijenim zemljama verovatno i 1: 3 . Činjenica je da stanovništvo Zemlje sve više stari i ta populacija ljudi starijeg doba postaje sve značajniji faktor svake zajednice sa svim svojim pravima i obavezama (Friedlander, A.L. 2014).

Na Slici 3. prikazan je odnos između očekivanih i maksimalnih godina života za rođene 1900, 1950 i 2000. godine u Sjedinjenim Američkim Državama.



Slika 3. odnos između očekivanih i maksimalnih godina života za rođene 1900, 1950 i 2000.godine.

Preuzeto: Friedlander, A.L. (2014). Your Body in the World: Adapting to Your Next Big Adventure Program in Human Biology. Online Course. California: Stanford University.

Starenje predstavlja univerzalan biološki proces, prirodnu fazu u životnom ciklusu svake jedinke, koja se završava smrću. Iz biološke tačke gledišta, starost se karakteriše poremećenom homeostatskom funkcijom, opadanjem psihofizičkih adaptivnih kapaciteta, kao i promenama na molekularnom nivou.

Tokom starenja dolazi do progresivnog smanjenja volume intracelularne tečnosti, smanjene sposobnosti eliminacije toksina, redukcije metabolizma, smanjene prokrvljenosti organa (zbog naglašenih sklerotičnih promena na krvnim sudovima) kao i učestalije pojave neoplazmi.

Lokomotorne sposobnosti čoveka dostižu kulminaciju oko tridesete godine života, u 50-oj godini čovek raspolaže sa 70% maksimalnih fizičkih sposobnosti, a u 70-oj sa samo 55 % ( Itamar B, Abrass MD. 1990).

Sa godinama čovek gubi u visini, mišićnoj masi i ukupnoj težini. Težina se smanjuje usled gubitka mišićne mase, vode i kostiju (redukcija ćelijske mase za 64% posle 70. godine) (Kane RL, Ouslander JG, Abrass IB. 1989).

Promene u kardiovaskularnom sistemu podrazumevaju smanjenje brzine srčanog rada, porast endijastolnog volumena, smanjenu osetljivost na dejstvo kateholamina, dijastolnu

disfunkciju i smanjenje kontraktilnosti miofibrila (Branfronbrener M, Landowne M, Shock NW. 1955). Pored toga, nastaju poremećaji respiratorne funkcije, povećava se rezidualni volumen, smanjuje se elasticitet parenhima, povećava plućna komplijansa i rizik od nastanka atelektaze. Promene na nervnom sistemu kreću se u pravcu atrofije i smanjenja neurogeneze, posebno u hipokampalnoj regiji.

Prisutno je i slabljenje sluha, naročito za visoke frekvence, oštećenje čula ukusa za slano i gorko (manje pogođen osećaj za slatko i kiselo), staračka dalekovidost i neretko katarakta.

U endokrinim žlezdama nastaju strukturne promene i promene u volumenu, potrebe za insulinom se udvostručuju. Usled smanjenja broja receptora i oštećenja postreceptorskog signalnog puta, postoji smanjena osetljivost na delovanje faktora rasta i hormona.

Starenje karakteriše i gubljenje reproduktivne sposobnosti, opadanje polne tenzije i aktivnosti, kao i duboke emocionalne promene, psihološko starenje karakterišu promene u mentalnoj sferi, koje često predstavljaju izvor sukoba sa okolinom, dovode do otuđenja od posla, intrapersonalnih sukoba i poremećenih porodičnih odnosa.

Kod starih osoba češće se javljaju organske psihoze (senilna i presenilna demencija, bipolarnе psihoze, aterosklerotska demencija, paranoja), neurotski poremećaji i psihosomatske bolesti. Neurotski poremećaji su: anksioznost (uznemirenost), histerija i suženje svesti, fobije, neurotske depresije (umor, glavobolje) hipohondrije i anoreksije. Od psihosomatskih bolesti najučestalije su ulkusna bolest, neke forme astme, alergije i hipertenzija (Itamar B, Abrass MD. 1990).

*Svi delovi tela koji imaju određenu funkciju,  
ukoliko se koriste umereno, i za njihovo vežbanje koristi prilagodjen napor, kao  
rezultat toga postaju zdravi, dobro razvijeni i mnogo sporije stare, ali, ako se ne  
koriste, postaju podložni bolesti, manje napreduju i brze stare.*

*-Hipokrat*

### **3. Teorije starenja**

Sam proces starenja toliko je složen da je najverovatnije posledica ne samo genetičkih nego i stečenih interakcija i procesa, što otežava njegovo definisanje. Starenje se može posmatrati kao biološko starenje (smanjenje funkcionalnosti organizma tokom vremena), psihološko (promene u psihičkim funkcijama i karakternim crtama ličnosti) i socijalno starenje (promene odnosa pojedinca koji stari prema društvu u kome živi), (Dziechciaż M, Filip R., 2014).

Postoji oko 300 različitih teorija koje objašnjavaju starenje sa biohemijskih, molekularnih, neuroloških ili funkcijskih aspekata. Među mnogim teorijama postoji visoki stupanj podudarnosti i međusobnog nadopunjavanja.

Postojeće teorije starenja grupisane su u nekoliko kategorija, najčešće upotrebljavane teorije su: programirane teorije starenja i teorije greške.

Prema programiranim teorijama starenja, starenje zavisi od biološkog sata koji reguliše raspored životnog ciklusa kroz faze rasta, razvoja, zrelosti i starosti: ova regulacija zavisi od gena i redosleda kojim oni uključuju i isključuju signale ka nervnom, endokrinom i imunološkom sistemu koji su odgovorni za održavanje homeostaze i aktivaciju odbrambenih reakcija.

Teorije greške identifikuju događaje ili pojave u okruženju koje dovode do progresivnih oštećenja na različitim nivoima organizma (npr. oštećenje mitohondrijalne DNK, akumulacija slobodnih radikala itd), (Brian, T., W, & Poala, S.T. 2003).

Ono što je zajedničko svim teorijama jeste da govore u prilog identičnih karakteristika procesa starenja, kao što su: štetnost (opadanje funkcija), progresivnost (postepeno napredovanje), endogena osnova (nije rezultat promenjenih uslova spoljašnje sredine) i univerzalnost (pogađa sve jedinke).

#### **3.1. Starenje i prateće promene u neurokognitivnim funkcijama**

Opšta je pretpostavka da starenje sa sobom donosi pad u performansama kod brojnih kognitivnih zadataka koji zahtevaju različite perceptualne i kognitivne procese. Specifičnije govoreći, brzina procesovanja počinje da opada najranije u procesu starenja, i taj pad se povezuje sa gubitkom integriteta bele mase.

Radna memorija, ili ti sposobnost čuvanja i svesnog korišćenja informacija, je takođe visoko senzitivna kada je proces starenja u pitanju. Promene u radnoj memoriji koje se dešavaju sa starenjem su utoliko veće ukoliko procesi izvršne kontrole (kontrola pažnje-attentione controle ili egxecutive controle) kao što su inhibicija, dodavanje novih informacija (ažuriranje) su traženi, promene su još veće ukoliko je opterećenost memorije (npr. broj stavki koje treba sačuvati) visoka. Ovi deficiti se povezuju sa smanjenom aktivacijom frontalnih regiona cerebralnog korteksa prilikom izvršavanja raznih zadataka kod starijih ljudi u poređenju sa mladima. Starije osobe pokazuju smanjenju inhibiciju u poređenju sa mladim osobama. Kao rezultat toga starije osobe su ometene nebitnim informacija i pod uticajem proaktivne interferencije (npr. proaktivna interferencija-kada već postojeće informacije ili naučeni sadržaj ometa usvajanje novih sadržaja).

U kasnom odraslom dobu dolazi do pada u epizodičkoj memoriji, to se dešava kao rezultat loših strategija enkodiranja informacija i smanjene sposobnosti povezivanja novih informacija sa već postojećim znanjem tokom enkodiranja. Studije strukturalnog i funkcionalog snimanja mozga su dale uvide u potencijalne moždane mehanizme kognitivnog starenja. Npr. promene u zapremini mozga dešavaju se brže kod starijih odraslih osoba nakon 50-te godine života, sa godišnjim padom u zapremini od 0.35% u poređenju sa 0.12% kod mladih odraslih osoba. Zapremina hipokampusa, cerebralne strukture koja igra najvažniju ulogu u formiranju memorije, opada sa godinama, sa godišnjim smanjenjem od 0.86% (od 26 do 82 godine), smanjenjem od 1.18% godišnje nakon 50 te godine života, i smanjenjem od 1.85% godišnje nakon 70 te godine života (Raz, N., Cabeza, R., Nyberg L., & Park, D. C. 2005).

Raz i saradnici (2010) realizovali su studiju u kojoj su pratili učesnike preko trideset meseci i posmatrali promene na raznim moždanim strukturama. Rezultati studije pokazuju da nakon samo petnaest meseci dolazi do zapreminskih promena u sledećim moždanim strukturama: entorinalni korteks, orbitalni-frontalni korteks i cerebelum-u, nakon trideset meseci dolazi do smanjenja u sledećim stukturama: nucleus caudatus, prefrontalnoj subkortikalnoj belojoj masi i corpus callosum. Kod sledećih moždanih stuktura ne dolazi do promena: primarni vizuelni korteks, putamen i pons.

U toku procesa starenja dolazi do globalnih promena u integritetu bele mase a najveće promene dešavaju se nakon sedamdesete godine života i lokalizovane su najpre u frontalnim i prefrontalnim regionima. Ove promene su naglašenije kod pacijenata koje imaju vaskularna oboljenja kao što su hipertenzija i tip 2 dijabetes.

### 3.2. Nova paradigma optimalnog starenja

Jedan od najuobičajenijih mitova kada je u pitanju starenje je da sa starenjem neizbežno dolazi do pada u memoriji (sposobnost pamćenja, sposobnost prisećanja itd., u daljem tekstu memorija), u realnosti naša memorija se ponaša nalik našem telu u nekim najvažnijim aspektima. Ukoliko vodimo računa i negujemo naše telo, ono ostaje fleksibilno, otporno i snažno. Ukoliko zanemarujemo naše telo ono postaje, kruto, stagnirajuće i slabo. Kada je memorija u pitanju, dobra stvar je što ju je moguće razvijati svakodnevno. Naša memorija nije kao posuda koja se ispuni i tu je kraj, naprotiv, ona je mreža međusobno povezanih slika i podataka koja može beskrajno da se povećava, sve dok je koristimo. Što smo stariji, toliko naša memorija može da postane, bude veća i jača.

U proteklih trideset godina, broj naučnih dokaza koji podržavaju koncept da naš um može da se razvija dok starimo, postao je izuzetno veliki. Očigledno je da pitanje koje se postavlja više ne glasi:” Da li je moguće da se um razvija dok starimo?” , već “ Kako mi možemo da optimiziramo moć našeg uma dok starimo?” Baš kao što je Nikola Kopernik oborio mit da planeta Zemlja nije centar univerzuma isto tako savremena neuronauka napravila je preokret u našem razumevanju potencijala za unapređenje mentalnih funkcija u procesu starenja.

Ono što nam je do sada poznato je sledeće:

*Naše mentalne sposobnosti, uključujući memoriju, dizajnirane su da se poboljšavaju kroz i tokom života.* Neuronauka ovu pojavu naziva neuroplastičnost ( neuro se odnosi na neuron, odnosno moždanu ćeliju, a plastičnost je sposobnost promene ili prilagođavanja). Neuronaučnik Ričard Restak (Richard Restak, MD), ističe sledeće, “ Vaš mozak je dizajniran da se poboljšava sa upotrebom.”

*Premda neke naše moždane ćelije odumiru kako starimo, mi smo u stanju da generišemo nove ćelije.* Gene Cohen, MD, PhD, direktor Centra za proučavanje starenja, zdravlja i humanitarizma, na univerzitetu Džordža Vašingtona, kaže, “Uprkos tome što nam je tokom proteklog veka rečeno da je nemoguće, mi ipak možemo da formiramo nove moždane ćelije.” Naš neuralni kapacitet je toliko veliki da čak i kada bi do kraja života gubili, u toku jednog dana hiljadu moždanih ćelija, gubili bi manje od jednog procenta ukupnog neuralnog kapaciteta.

Nekada smo mislili da je mozak statička mašina koja je podeljena na više odeljaka koji su međusobno povezani unapred predodređenim vezama, i da se delovi mozga kao delovi bilo koje

mašine na kraju istroše. Najnovija saznanja opovrgla su ovo staro mišljenje, i umesto njega pokazuju da je mozak, zapravo dinamički organ koji ima visoku sposobnost adaptacije, i u stanju je da generiše nove neurone i razvija se kako postajemo stariji.

Ljudi koji su prosečno inteligentni su u stanju da kroz adekvatan trening povećaju svoj koeficijent inteligencije (IQ), poboljšaju sposobnost pamćenja i poboljšaju svoju inteligenciju tokom života.

Neuronaučnik, Marco Iacoboni, MD, PhD sa Ahmanson-Lovelace centra koji se bavi mapiranjem uma na ULCA objašnjava: "Tokom života, mozak akumulira znanja i memoriše iskustva i u tim procesima on ima gotovo neograničen kapacitet za preoblikovanje, adaptaciju, povećanje sopstvene snage. Savremena neuronauka govori nam da kod mozga koji stari ne dolazi neizbežno do pada u funkciji i moći, već da je da mozak organ koji uči i razvija se i čije su granice još uvek neistražene." (Gelb, M.J. i Howell, K. 2012).

### **3.3. Nova, revolucionarna nauka o odnosu fizičkog vežbanja i mozga**

U svojoj knjizi Revolucionarna nauka o odnosu vežbanja i mozga, John J. Ratey, MD, profesor na predmetu psihijatrija na Harvard medicinskoj školi, objašnjava da fizičko vežbanje pored toga što utiče pozitivno na mišićni tonus i kardiovaskularni fitnes, predstavlja "jednu od najboljih, do sada poznatih, terapija za psihičke probleme".

Ratey prezentuje istraživanje u kome demonstrira efikasnost fizičkog vežbanja u poboljšanju kognicije i memorije, u prevazilaženju anksioznosti, stresa i depresije. Razlozi za efikasnost fizičkog vežbanja u poboljšanju mozga i moždanih funkcija u procesu starenja su brojni. Najbitniji razlog je taj što je fizičko vežbanje najbolji način da mozak dobije dovoljno svežeg vazduha. Naš mozak predstavlja 2% ukupne telesne težine ali koristi više od 20% ukupnog unosa kiseonika.

Godine sedentarnog načina života i loše navike u ishrani rezultiraju usporenim protokom krvi kroz arterije do mozga, uzrokujući na taj način smetnje u memoriji i drugim mentalnim funkcijama. John J. Ratey, MD, objašnjava da fizičko vežbanje "oslobađa veliku količinu neurohemikalija i faktora rasta", koji igraju jako bitnu ulogu u usporavanju procesa starenja.

On dodaje i sledeće "Neuroni u mozgu međusobno su povezani na način na koji su povezani listovi na granama, vežbanje dovodi do toga da ove grane rastu i na njima cvetaju novi pupoljci, na taj način se poboljšava funkcionisanje mozga na fundamentalnom nivou".

## **4. Potencijalni mehanizmi: fizička aktivnost i kognitivne performanse**

Neuroprotektivnost i neuroplastičnost su efekti fizičke aktivnosti na moždane strukture i objašnjavaju se brojnim fiziološkim mehanizmima. Brojni kardiovaskularni faktori rizika povezani su sa kognitivnim performansama i rizikom od opadanja kognicije.

Povišeni nivoi neurotrofina, poboljšana vaskularizacija, olakšana sinaptogeneza, ublažavanje upalnih procesa, i redukovanje neuređenog taloženje proteina su fiziološki mehanizmi koji se dešavaju u organizmu kao posledica fizičke aktivnosti.

### **4.1. Efekti fizičke aktivnosti na kognitivne i moždane funkcije kod starijih osoba**

Proces starenja praćen je povećanim rizikom od hroničnih stanja i oboljenja kao što su poremećaji kognitivnih funkcija, kardiovaskularne bolesti i metaboličkog sindroma.

Sastavni deo procesa starenja su promene u moždanoj strukturi, funkciji i prateće kognitivne promene. Ljudski mozak počinje da atrofiru u trećoj dekadi života, postoji disproporcija u atrofiji kada su u pitanju frontalni, parietalni i temporalni regioni.

Što se tiče kognitivnih funkcija procesom starenja najviše su obuhvaćene promene u izvršnoj funkciji i to u brzini izvršavanja zadataka koji uključuju promenu pažnje (eng. multitasking), teškoće u izvršavanju svakodnevnih životnih aktivnosti, usporavanje vremena odgovora, redukovana brzina procesovanja informacija i inhibitorna kontrola.

Istraživanja pokazuju da sve navedene promene mogu biti uspojene primenom fizičke aktivnosti i da fizička aktivnost igra značajnu ulogu u poboljšanju zdravstvenog stanja mozga i kognitivnih funkcija. Na dalje, rezultati istraživanja rađenih i na životinjama i ljudima podržavaju ulogu fizičkog vežbanja u modifikaciji metaboličkih, strukturalnih i funkcionalnih dimenzija mozga i očuvanju kognitivnog izvođenja kod starih osoba.

Fratiglioni i saradnici (2004), navode tri faktora ponašanja koji imaju značajnu ulogu u usporavanju stope pada kognitivnih funkcija i prevenciji demencije:

1. Socijalna aktivnost i angažovanost (interakcija sa prijateljima, grupne podrške, neizolovanost od sveta);
2. Bavljenje aktivnostima koje koje angažuju kognitivne funkcije (učenje da se svira neki instrument, učenje novog jezika, suštinski cilj je da mozak uči nove stvari i što su te stvari raznovrsnije tim bolje); i

### 3. Redovno bavljenje fizičkom aktivnošću.

Navodi se dalje, da je redovno bavljenje fizičkom aktivnošću najznačajniji faktor i da ima najveći zaštitni uticaj protiv štetnih efekata starenja na zdravlje i kogniciju.

## 4.2. Fizička aktivnost i neurotrofni faktori

Neurotrofički faktori kao što su neurotrofički moždani faktor (BDNF) i insulinu sličan faktor rasta ubrzavaju plastičnost i povećavaju neurovaskularizaciju u određenim moždanim regionima, uključujući hipokampus. Povišeno oslobađanje protektivnih neurotrofina je povezano sa visokim nivoom vežbanja u studijama rađenim i sa ljudima i životinjama, ovi fiziološki faktori mogu imati pozitivan uticaj na kognitivne funkcije u mozgu koji stari. Insulinu sličan faktor rasta (IGF-1) promoviše rast, opstanak i diferencijaciju neurona, povećani serumski nivo IGF-1 zabeležen je kod starijih osoba nakon šestomesečnog treniga sa otporom umerenog do visokog nivoa (Cassilhas, R.C., Viana, V.A., Grassmann, V., et al. (2007). Neurotrofički moždani faktor (BDNF) igra značajnu ulogu u regulaciji rasta, održavanja i opstanka neurona unutar mozga odraslih osoba, a njegovo povećanje zabeleženo je kod mlađih zrelih osoba koje su učestvovala u kratkoročnom ili dugoročnom aerobnom vežbanju (Rasmussen, P., Brassard, P., Adser, H. 2009).

Ukratko, fizičko vežbanje koje utiče na redukciju kardiovaskularnih faktora rizika povezano je sa biomarkerima zdravlja mozga i poboljšanjem u kognitivnim performansama. Utičući na abnormalnu raspodelu proteina, poboljšanje neurotrofičkih faktora i cerebralnog krvnog toka, i smanjenje sistemske inflamacije, fizičko vežbanje ima protektivan uticaj na degenerativne promene mozga koje su povezane sa starenjem i neurodegenerativnim oboljenjima (Intlekofer, K.A., Cotman, C.W. 2013).

## 4.3. Fizička aktivnost i kardiovaskularni faktori rizika

Povišen rizik za kognitivna oštećenja povezan je sa kardiovaskularnim faktorima rizika kao što su hipertenzija, dislipidemija, metabolički sindrom, nekontrolisani dijabetes, hiperinsulinemija i povišenost nivoa zapaljenskih markera (Nelson, M.E., Rejeski, W.J., Blair, S.N., et al. 2007). Na navedene faktore rizika i njihovu modifikaciju moguće je uticati putem fizičke aktivnosti.

Redukcija kardiovaskularnih faktora rizika i poboljšanje nivoa fitnesa povezani su sa boljim zdravljem mozga i boljim kognitivnim performansama kod starih ljudi. Međutim mehanizmi putem kojih se dešavaju ovi efekti su nejasni.

Hipertenzija (HTN) je povezana sa smanjenjem kognitivnih performansi tokom srednjeg životnog doba, longitudinalne studije prikazuju povećanu verovatnoću za pojavu demencije i blagog kognitivnog oštećenja kasnije u životu kod pojedinaca koji imaju povišen sistolni krvni pritisak u srednjem životnom dobu.

Kod starijih ljudi zapažena je povezanost između hipertenzije i smanjenih performansi na testovima pažnje, vizuelnospacijalnih sposobnosti, memorije, učenja, psihomotornih sposobnosti i egzekutivne funkcije.

Unutar mozga, hipertenzija je povezana sa redukovanim cerebralnim protokom krvi i redukovanim metabolizmom, posebno u frontalnom i temporalnom režnju i subkortikalnim regionima, atrofijom i bolešću bele mase.

Regularna aerobna fizička aktivnost, redovno realizovana tokom srednjih i poznih godina, utiče na prevenciju i regulaciju hipertenzije, što za posledicu ima poboljšanje u cerebralnom krvotoku i redukciju patologije moždanog tkiva, i na taj način deluje protektivno na zdravlje mozga i kognitivne performanse.

Takođe, pokazalo se da aerobno vežbanje igra značajnu ulogu u regulaciji tip 2 dijabetesa i povišenih nivoa holesterola. Ovo ima veoma značajne kliničke implikacije s obzirom da rezultati studija pokazuju da stari ljudi sa metaboličkim sindromom imaju za 23% povišen rizik za kognitivna oštećenja sa svakim povećanim brojem abnormalnih faktora, uključujući visok maseni indeks (engl. body mass index, BMI), povišen nivo triglicerida, nizak nivo dobrog holesterola (HDL), hipertenzija i hiperglikemija.

Veza između metaboličkog sindroma i pada u kogniciji je značajnija kod ljudi koji imaju visoke nivoe sledećih zapaljenskih markera, interleukin-6 i C- reaktivni protein. Stariji ljudi koji redovno vežabaju imaju niske nivoe ovih zapaljenskih markera. Na vaskularnu disfunkciju utiče i visok nivo homocisteina. Rezultati istraživanja pokazuju da dolazi do pada u nivou homocisteina kod starijih ljudi, tokom šestomesečne realizacije visoko-nisko intenzivnog treniga sa otporom (Vincent, K.R., Braith, R.W., Bottiglieri, T., Vincent, H.K., Lowenthal, D.T. 2003).

Takođe, postoji veza između insulinske rezistencije, zdravlja mozga, i kognitive performase kod starijih ljudi. Povišeni nivoi insulina u plazmi koji karakterišu insulinsku rezistenciju provociraju sihnrono povećanje Beta amiloid i inflamatornih agenata.

Malo kliničko ispitivanje koje su sproveli Baker L.D., i Foster-Schubert- K. (2010), (n=28) sugerše da je kod osoba koje su netolerantne na glukozu, aerobno vežbanje dovelo do poboljšanja kardiorespiratornog fitnesa i tolerancije na glukozu. Pokazalo se da su ove promene povezane sa poboljšanjem u nekoliko kognitivnih domena kada su poređeni rezultati sa grupom koja je realizovala samo vežbe istezanja.

Veza između vežbanja i redukcije kardiovaskularnih faktora rizika je u potpunosti utvrđena. Ono što ostaje nejasno jeste koji kardiovaskularni faktori služe kao medijatori u vezi između vežbanja i kognitivnih performansi.

## 5. Kardiorespiratorni fitnes i zdravlje mozga

Istraživanja sa starijim ljudima ukazuju na povezanost između moždanih struktura i funkcija, kardiorespiratornog fitnesa, kognitivnih performasi i različitih nivoa vežbanja. Angevaren M. i saradnici (2008) su napravili pregled jedanaest kontrolisanih randomiziranih studija. Studije su imale za cilj da istraže da li postoji veza između fizičke aktivnosti, koja je usmerena na poboljšanje kardiorespiratornog fitnesa, i kognitivnih funkcija. Rezultati ovih studija pokazuju da je kod ispitanika, koji vode sedentaran način života i u trećem životnom dobu su, došlo do povećanja maksimalne potrošnje kiseonika u proseku od 14% ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ ). Aerobno vežbanje imalo je ogroman efekti na motorne funkcije i auditornu pažnju, i umerene efekte na brzinu kognicije i vizuelnu pažnju.

Burns i saradnici (2008) izvršili su poređenje između kardiorespiratornog fitnesa, izraženog kroz maksimalnu potrošnju kiseonika, i magnetne rezonance (MRI) zapremine celog mozga kod subjekata sa umerenim simptomima Alchajmerove bolesti nasuprot subjekata bez demencije. Rezultati pokazuju da je zapremina celog mozga u pozitivnom odnosu sa kardiorespiratornim fitnesom kod subjekta sa umerenom Alchajmerovom bolesti ali ne i kod subjekata bez demencije. Slični rezultati su pronađeni od strane Honea i saradnika (2009), koji su prijavili da je kardiorespiratorni fitnes u vezi sa zapreminom sive i bele mase medijalnih temporalnih i parietalnih regiona kod pacijenata u ranoj fazi Alchajmerove bolesti, ali ne i kod nedementih subjekata. Ovi rezultati sugeriraju da kardiorespiratorni fitnes može i ima protektivni efekat na mozak na taj način što modifikuje strukturalne promene u mozgu nastale kao posledica Alchajmerove bolesti.

Opadanje u gustini tkiva u forntalnom, parietalnom i temporalnom korteksu, je proučavano u odnosu na starenje i kardiorespiratorni fitnes kod 55 starih osoba sa kognitivnim oštećenjima (Colcombe, S.J., Erickson, K.I., Raz, N., i saradnici, 2003). Regioni mozga kod kojih dolazi do smanjenja u sivoj i belojoj masi sa godinama posmatrani su u odnosu na delove mozga koji pokazuju očuvanje zapremine prilikom vežbanja.

Očuvanje zapremine hipokampusa i bolje kognitivne performasne prostorno memorijskih zadataka uočeni su kod 165 starih osoba bez demencije ali sa visokim nivoom kardiorespiratornog fitnesa. Očuvanje zapremine hipokampusa i njegova pozitivna veza sa izvođenjem prostorno memorijskih zadataka podržava mediatornu funkciju kardiorespiratornog fitnesa (Erickson, K.I., Prakash, R.S., Voss, M.W., i saradnici, 2009).

Vežbanje i kardiorespiratorni fitnes mogu da utiču na kognitivno izvođenje na taj način što poboljšavaju aktivaciju i povezanosti između različitih delova mozga. Veza između moždane aktivacije i kardiorespiratornog fitnesa je istražena kroz transversalno istraživanje kod 41 starije osobe bez kognitivnih oštećenja. Ispitanici kod koji je izmeren viši nivo  $VO_2$  max imali su veću aktivaciju u regionima mozga povezanim sa efektivnom egzekutivnom kontrolom (kontrola pažnje) a manju aktivaciju u delovima mozga za koje je utvrđeno da ometaju egzekutivnu kontrolu (Colcombe, S.J., Kramer, A.F., Erickson, K.I., i saradnici, 2003).

Rezultati studija koje su merile povezanost različitih delova mozga koristeći funkcionalnu magnetnu rezonancu (fMRI) ukazuju da kod starih ljudi sa visokim nivoom kardiorespiratornog fitnesa mozak radi efektivnije nego kod onih koji imaju nizak nivo kardiorespiratornog fitnesa. Modulacija zdravlja mozga putem kardiorespiratornog zdravlja je evidentna u studijama koje demonstriraju vezu između maksimalne potrošnje kiseonika i struktura mozga (smanjena atrofija) i mozdanih funkcija (povećana moždana aktivnost i povezanost). Pozitivni efekti kardiorespiratornog fitnesa na mozak su značajniji u moždanim strukturama povezanim sa memorijom i egzekutivnom funkcijom (Erickson, K.I., Miller, D.L., Weinstein, A.M., Akil, S.L., Banducci, S.E., 2012).

### **5.1. Veza između fizičke aktivnosti i kognicije kod zdravih starijih osoba**

Nekoliko studija ukazuje da je fizička aktivnost značajan moderator pada u kogniciji koji se dešava kao posledica starenja. Rezultati transversalnih studija pokazuju da se razlike u kognitivnim performansama povezanim sa starenjem, posmatrane su kada su stari ljudi poređeni sa mladim učesnicima, smanjuju ukoliko su u komparaciju uzete starije osobe koje imaju visok nivo kardiorespiratornog fitnesa, nego kada je poređenje vršeno sa starim osobama sedentarnog načina života. Uzete kao celina, ove transversalne studije ukazuju na to da je kardiorespiratorni fitnes povezan sa boljim kognitivni funkcionisanjem (Abourezk, T. & Toole, T., 1995; L. Clarkson-Smith & A. A. Hartley, 1989; C. H. Hillman, E. P. Weiss, J. M. Hagberg, and B. D. Hatfield, 2002; M. Renaud, L. Bherer, and F. Maquestiaux, 2010; W.W. Spirduso, 1975).

Longitudinalne studije ukazuju da stari ljudi koji su fizički aktivni pokazuju manji pad u kogniciji tokom dvogodišnjeg do desetogodišnjeg perioda tokom koga su praćeni. Na primer, u studiji koju su spovali Barnes i saradnici (2003) nivo kardiovaskularnog fitnesa koji je izmeren na početku studije predvideo je kognitivne performase u narednih šest godina u različitim

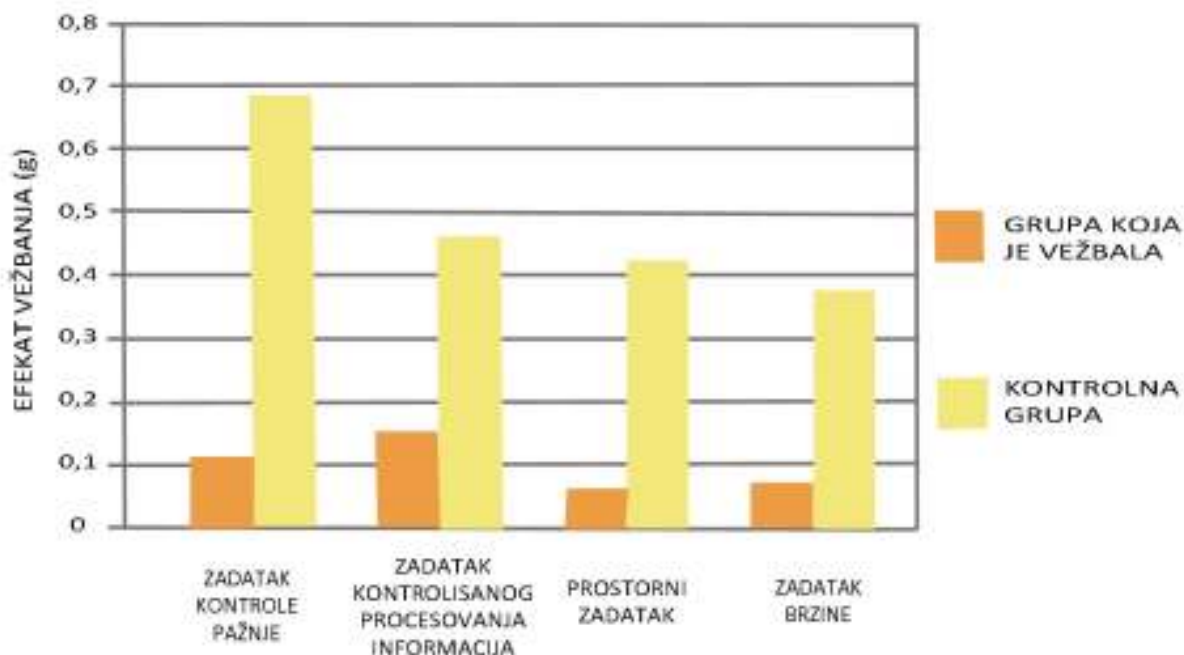
kognitivnim domenima (radnoj memoriji, brzini procesovanja, pažnji, i generalnom intelektualnom funkcionisanju).

Aichberger i saradnici (2010) zabeležili su da su osobe koje su učestvovala u bilo kojoj vrsti fizičke aktivnosti pokazale manji kognitivni pad u period od naredne 2.5 godine, naročito kada su bile angažovane u napornim aktivnostima više od jednom nedeljno. Studija je obuhvatala reprezentativne primere zdravih starijih osoba od 50 godine pa naviše, iz 11 evropskih zemalja (Austrija, Nemačka, Švedska, Norveška, Belgija, Francuska, Španija, Italija i Grčka).

Uticaj fizičke aktivnosti na kogniciju kod starih osoba je najviše podržan rezultatima interventnih studija, koje generalno pokazuju da je kod starijih ljudi koji su kompletirali program fizičke aktivnosti, koji je značajno uticao na povećanje kardiorespiratornog fitnesa, došlo do poboljšanja u kognitivnim performansama. Dustman i saradnici (1984) poredeći osobe srednjih i poznih godina, koji su kompetirali četvoromesečni aerobni trenažni program, osobe koje su im bile parnjak u godinama a učestvovala su u vežbama snage i fleksibilnosti, sa osobama u kontrolnoj grupi koje nisu vežbale uopšte. Samo u grupi koja je realizovala aerobni trening došlo je do poboljšanja kardiorespiratorne funkcije, zajedno sa poboljšanjem u izvođenju jednostavnih zadataka u brzini reagovanja.

Albinetti i saradnici (2010) sproveli su studiju kojom su pokazali da dvanaesto nedeljni program aerobnog treninga dovodi do poboljšanja u egzekutivnoj kontroli i do varijabilnosti u pulsu kod starijih muškaraca i žena godina od 65-78. Ovi rezultati sugeriraju da je aerobno vežbanje važan protektivni faktor srca i mozga u procesu starenja.

Meta analiza od 18 istraživanja koju su sproveli Colcombe i Kramer (2003) pokazuje da postoji veza između vežbanja i kognicije. Vežbanje je uticalo različito na različite kognitivne funkcije. Najveći efekat vežbanje je imalo na procese kontrole pažnje (Slika 5).



Slika 5. Efekti vežbanja na različite kognitivne funkcije u okviru meta analize 18 istraživanja. Preuzeto: Colcombe, S., Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: meta-analytic study. *Psychol Sci.*14(2):125-130.

U meta analizi randomiziranih kontrolnih studija o uticaju aerobnog vežbanja na neurokognitivne funkcije, sprovedenu od strane Smith-a i saradnika (2010), u kojoj su proučili 29 studija realizovanih između 1966 i 2009 (koje uključuju više od 2000 ispitanika i 234 različitih nivoa efekata), pronađeno je da su osobe koje su nasumično odabrane da realizuju aerobni program vežbanja imale umeren napredak u pažnji, brzini procesovanja, egzekutivnoj funkciji i memoriji, a manji napredak u radnoj memoriji. Ovi rezultati zajedno sa rezultatima predhodno navedene meta analize sugeriraju selektivan efekat aerobnog vežbanja na neurokognitivne funkcije.

Navedena istraživanja naglašavaju da aerobno vežbanje utiče na pojačanje kognitivne funkcije. Najnoviji rezultati pokazuju da i drugi tipovi vežbanja, kao što su trening sa otporom, takođe imaju uticaj na kogniciju. Cassilahas i saradnici (2007) pokazali su da su 6-to mesečni trening sa otporom i trening realizovan tri puta nedeljno takođe sa otporom, uticali na poboljšanje memorije i formiranja verbalnih koncepata kod 62 osobe, muškog pola od 65-75 godina.

Lui-Ambrose i saradnici (2008) pokazali su da je personalizovani trening kod kuće koji uključuje vežbe snage i ravnoteže doveo do značajnog poboljšanja u selektivnoj pažnji i razrešavanju konflikata, merenih Stroop Testom, nakon 6 meseci, kod osoba starosti od 70 godina pa naviše, sa nedavnim povredama. Rezultati ovih studija ukazuju na to, da bi vežbanje proizvelo ovakve efekte neophodno je da se osoba socijalno angažuje. Takođe, Lui-Ambrose i saradnici (2010) pokazali su da 12 to mesečni program, u okviru koga se vežbanje realizuje jednom ili dvaputa nedeljno, progresivnog treniga sa otporom, dovodi do poboljšanja u rezultatima Stroop testa kod 155 žena starosti od 65 do 75 godina. Poboljšanje selektivne pažnje i razrešavanje konflikata povezano je sa povećanjem brzine hoda. Klinički, poboljšanje u brzini hoda dovodi do značajnog smanjenja u oboljevanju i smrtnosti. Ovi rezultati pokazuju klinički značaj kognitivnog napretka kao rezultata treninga sa otporom. Iz tog razloga i aerobni trening i trening sa otporom su potencijalni modifikatori kognitivnih funkcija kod starih ljudi.

## **5.2. Veza između fizičke aktivnosti i moždanih struktura i funkcija kod starijih osoba**

Spirduso i saradnici (2005) ukazuju da vežbanje utiče na poboljšanje kognicije indirektno kroz poboljšanje zdravstvenog stanja (stres, spavanje), i redukciju hroničnih bolesti (kardiovaskularna oboljenja) koja utiču na neurokognitivne funkcije. Dokazi o direktnim efektima vežbanja na mozak dolaze iz istraživanja sa životinjama, Lista i Sorrentino (2010) pokazuju da se bazični neurobiološki mehanizmi povezani sa vežbanjem dešavaju na dva nivoa, supramolekularnom i molekularnom. Na supramolekularnom nivou, pronađeno je da fizička aktivnost dovodi do indukovanja procesa angiogeneze ili fiziološkog procesa putem koga se stvaraju novi krvni sudovi od predhodno postojećih. Fizička aktivnost takođe je povezana sa neurogenezom, ili proliferacijom nervnih ćelija, u hipokampusu kod starih pacova. Iako funkcionalni značaj ovih efekata ostaje nejasan, postoje dokazi koji govore da novoformirani neuroni mogu biti integrisani u neuralne mreže i biti funkcionalni. Kao rezultat vežbanja je i sinaptogeneza. Rezultati dolaze prvenstveno iz istraživanja sa životinjama, koja su pokazala da kao rezultat vežbanja dolazi do promena u molekularnim faktorima rasta kao što su neurotrofni faktor (BDNF), koji igra kritičnu ulogu u neuroplastičnosti i neuroprotekciji, i kao rezultat vežbanja dolazi do povećanja nivoa insulina sličnog faktora rasta (IGF-1), koji je uključen i u neurogenezu i angiogenezu. Kroz vežbanje dolazi do moduliranja u sistemu neurotransmitera. Sve do nedavno dokazi o molekularnim i supramolekularnim efektima vežbanja dolazili su isključivo iz istraživanja sa životinjama.

Nekoliko studija rađenih sa ljudima, koje su koristile strukturalno i funkcionalno slikanje mozga, i elektrofiziološke mere aktivnosti mozga, govore da fizičko vežbanje proizvodi prolazne i trajne promene na strukturalnom i funkcionalnom nivou mozga koji stari. Korišćenjem morfometrije bazirane na Voxelu (VBM), ili detaljno slikanje segmenata mozga visokom sken rezolucijom, Colcombe i saradnici (2003) su pokazali da je visok kardiovaskularni fitnes ( $VO_2$  max), povezan sa smanjenjem gubitka bele i sive mase u frontalnim, prefrontalnim i temporalnim regionima kod starih ljudi. U drugom istraživanju Erikson i saradnici (2009) realizovali su snimanje odabranih regija mozga magnetnom rezonancom kod 165 nedementnih starih ljudi i pronašli da je visok nivo kardiovaskularnog finta povezan sa većim levim i desnim hipokampusom što dalje korelira sa boljim performansama u prostornoj memoriji. Ovi rezultati ukazuju da je aerobni fitnes povezan sa promenama u moždanim strukturama koje utiču na bolje kognitivno funkcionisanje kod starih ljudi.

Sve je veći broj dokaza o indirektnom pozitivnom uticaju fizičkog vežbanja na kogniciju putem uticaja na faktore za koje se zna da dovode do promena u neurokognitivnom integritetu. Spiriduso i saradnici (2008) ukazuju da postoje tri grupe potencijalnih medijatora u vezi između vežbanja i kognicije a to su: fizički resursi, hronične bolesti ili stanja, i mentalni resursi. Pokazano je da fizičko vežbanje poboljšava mentalne resurse tako što dovodi do smanjenja depresije, anksioznosti, i hroničnog stresa i poboljšava samoeфикаsnost. Efekti fizičke aktivnosti na kognitivne funkcije takođe mogu biti realizovani putem fizičkih resursa kao što su adekvatna ishrana i spavanje.

### **5.3. Veza između fizičke aktivnosti i kognicije kod starih osoba sa simptomom telesne slabosti**

Kako se godine života povećavaju, a naročito kada taj broj pređe 75, kod velikog broja ljudi dolazi do razvoja jednog ili više medicinskih problema iz grupe gerijatrijskih sindroma. Limitirana percepcija (problem sa vidom i sluhom), urinarna inkontinencija. Padovi, delirijum i demencija su primeri gerijatrijskih sindroma. Ove sindrome karakteriše imanje jednog ili više uzroka i da u njihovom stvaranju učestvuje više različitih telesnih sistema.

Telesna slabost je gerijatrijski simptom koji limitira bavljenje fizičkom aktivnošću i vežbanjem. Telesna slabost se definiše kao kompleksno zdravstveno stanje koje karakteriše povećana osetljivost na stresore usled oštećenja brojnih sistema. Ovaj gerijatrijski simptom je

povezan sa brojnim negativnim ishodima kao što su invaliditet, padovi, hospitalizacija i smrt (L. P. Fried i saradnici, 2001).

Sa starenjem, prevalenca telesne slabosti se povećava od 7% kod starih ljudi između 65 i 74 godine, 18% kod osoba između 75 i 84 godine života, 37% od 85 te godine i naviše. Fizička neaktivnost je najveći faktor rizika za telesnu slabost. Jako je bitno naglasiti da telesna slabost nije kontraindikacija za bavljenje fizičkom aktivnosti. Naprotiv, telesna slabost je jedan od najvećih razloga za bavljenje fizičkom aktivnošću (K. Rockwood, S. E. Howlett, C. MacKnight i saradnici, 2004).

Rezultati longitudinalnih studija pokazuju da fizička aktivnost i vežbanje mogu uticati preventivno na telesnu slabost kod starih ljudi. Jedna od skorašnjih studija ( M.J. Peterson, C. Giuliani, M. C. Morey i saradnici, 2009), sprovedena na 2964 stare osobe, praćene u period od pet godina, imala je za cilj da utvrdi vezu između fizičke aktivnosti i rizika da osoba postane telesno slaba. Rezultati ove studije pokazali su da osobe koje su redovno vežbale od samog starta imale su manje šanse da razviju telesnu slabost u periodu od pet godina za razliku od osoba koje su vodile sedentaran način života.

Studije intervencije takođe pokazuju da fizička aktivnost utiče na smanjenje komponenti sindroma telesne slabosti, kao što su sakropenija (redukcija u mišićnoj masi) i funkcionalna oštećenja (F. Landi, A.M. Abbatecola, M. Provinciali i saradnici, 2010). Štaviše, u randomiziranoj kontrolisanoj studiji (J. L. Helbostad, O. Sletvold, i R. Moe-Nilssen, 2004), u kojoj je vršena procena uticaja tromesečnog fizičkog treninga na kvalitet života kod 77 osoba sa sindromom telesne slabosti, od 75 te godine pa naviše, pokazalo se da je realizovanje prostih vežbi oblikovanja dva puta dnevno uticalo na poboljšanje ravnoteže i jačine mišića donjih ekstremiteta, ukoliko su pri tome bile dodate vežbe snage dva puta nedeljno, dovelo je do poboljšanja psihološkog blagostanja povezanog sa fizičkim funkcionisanjem, emocijama i mentalnih zdravljem.

Samo jedna studija pokazuje da fizičko vežbanje može da pomogne u poboljšanju kognicije kod osoba koje su telesno slabe. Langlois i saradnici (2013) ustanovili su da tri meseca treninga kod osoba sa simptom telesne slabosti rezultiralo je u značajnom poboljšanju i fizičkog kapaciteta i kognitivnih performansi (egzekutivne funkcije, brzina procesovanja i radne memorije) kao i poboljšanje u kvalitetu života u vezi sa aktivnostima u slobodno vreme i zadovoljstvom sa postignutim fizičkim kapacitetom.

#### **5.4. Veza između fizičke aktivnosti i kognicije kod starih osoba koje imaju blago kognitivno oštećenje i-ili demenciju**

Prema podacima Asocijacije za Alchajmerovu bolest (Alzheimer's Association, 2011), jedna od osam osoba od 65 godina pa naviše (13%) i 43% ljudi od 85 godina i starijih ima Alchajmerovu bolest. Za sada ne postoji lek za izlječenje Alchajmerove bolesti. Međutim, istraživanja navode da fizička aktivnost i vežbanje mogu značajno uticati na smanjenje rizika da dođe do razvoja ove bolesti.

Tokom kros-sekcionog ispitivanja, sprovedenog od strane Geda i saradnika (2010), u kome je vršeno poređenje 198 subjekata, koji imaju umereno kognitivno oštećenje (MCI) i 1,126 subjekata bez ikakvih promena u kogniciji, uočeno je da ukoliko osoba tokom srednjih godina realizuje umerenu fizičku aktivnost rizik da dobije umereno kognitivno oštećenje kasnije tokom života smanjen je za 39%. Umerena realizacija fizičke aktivnosti tokom poznih godina smanjuje rizik za dobijanje umerenog kognitivnog oštećenja za 32%.

Burns i saradnici (2008) izučavali su efekat vežbanja kod osoba sa kognitivnim oštećenjima i pronašli vezu između kardiorespiratornog fitnesa ( $VO_2$  max) i kognicije kod starijih pacijenata dobrog zdravlja i pacijenata u ranoj fazi Alchajmerove bolesti. Rezultati su pokazali da je kardiorespiratorni fitnes bio umereno smanjen kod pacijenata sa Alchajmerovom bolesti u poređenju sa pacijentima bez demencije. Premda, nije nađena značajna povezanost između kardiorespiratornog fitnesa i kognicije kod pacijenata bez demencije, viši nivoi fitnesa kod osoba u ranom stadijumu Alchajmerove bolesti povezani su sa većom zapreminom mozga (manja atrofija moždanog tkiva), bez obzira na godine, pol, ozbiljnost demencije i telesne slabosti.

U longitudinalnoj studiji u kojoj je posmatrana povezanost između fizičke aktivnosti tokom srednjih godina i kognitivnih funkcija i demencije u poznim godina, Chang i saradnici (2010) su uvideli da ukoliko je osoba aktivna (oko 5h tokom nedelje) ima visoke rezultate u brzini procesovanja, memoriji i egzekutivnoj funkciji, rezultati su isti bez obzira na demografske i kardiovaskularne faktore. Štaviše, pokazalo se da učesnici koji su bili aktivni imali su manje šanse da obole od demencije kasnije u životu.

U prospektivnoj studiji, praćeno je 1,740, osoba starijih od 65 godina bez kognitivnih oštećenja u periodu od 6,2 godine, Larson i saradnici (2006) prijavili su da je došlo do smanjenja u incidenci demencije kod osoba koje su vežbale tri ili više puta tokom sedmice (13 na 1000

osoba godišnje), a kod osoba koje vežbale manje od tri puta nedeljno (19.7 na 1000 osoba godišnje). Rezultati studije pokazuju da je rizik za dobijanje demencije smanjen za 32%.

Interesantno je i to da postoji i korelacija između jačine mišića i manjeg rizika od Alchajmerove bolesti i smanjene stope pada u kogniciji. Boyle i saradnici (2010) pratili su 900 starih osoba bez demencije i utvrdili smanjenu stopu u globalnom padu kognitivne funkcije, umerenog kognitivnog oštećenja i Alchajmerove bolesti kod osoba sa većom mišićnom snagom.

Nedavna klinička randomizirana studija (L. D. Baker, L. L. Frank, K. Foster-Schubert i saradnici 2010) u kojoj je vršena procena uticaja šestomesečnog aerobnog programa vežbanja kod osoba sa umerenim kognitivnim oštećenjem. Trideset i tri starije osobe (17 žena) sa anamnezom umerenog kognitivnog oštećenja, starosti od 55 do 85 godina su nasumično raspodeljene da realizuju ili visoko intenzivan aerobni trening (75-85% od maksimalnog srčanog pulsa) ili u kontrolnoj grupi koja je realizovala vežbe istezanja. Rezultati studije pokazali su značajan pozitivan efekat aerobnog vežbanja naročito na brzinu procesovanja i egzekutivnu funkciju.

U randomiziranoj kontrolisanoj studiji, Kemoun i saradnici (2010) proučavali su benefite od 15 to nedeljnog programa fizičke aktivnosti kod 31 osobe (prosečnih godina 82). Rezultati studije pokazali su da program fizičke aktivnosti može da uspori pad u kogniciji i da utiče na poboljšanje kvaliteta hoda kod starih osoba sa demencijom.

Mehanizmi putem kojih vežbanje utiče na kogniciju kod populacije ljudi poznih godina nisu u potpunosti jasni i neophodna su dalja izučavanja.

## 6. Zaključak

Osnovna tema ovog rada je pregled istraživanja o primeni fizičke aktivnosti u cilju usporavanja procesa starenja i očuvanja kognitivnih i moždanih funkcija. Starenje je prirodna faza u životnom ciklusu svake jedinke, veoma složen univerzalni proces pri kome dolazi do postepenog gubitka funkcionalne sposobnosti različitih organskih sistema. Starenje je specifično stanje organizma sa povećanim patofiziološkim i biološkim promenama, praćeno je smanjenjem životnih funkcija i završava se smrću.

U ljudskoj populaciji je proces starenja donekle izmenjen a njegove manifestacije ublažene jer je ljudski vek produžen zahvaljujući mnogim spoljašnjim i unutrašnjim faktorima. Fizička aktivnost je jedan od tih faktora, njome je moguće izvršiti modulaciju brojnih sistema u telu pa prema tome predstavlja veoma moćan faktor kojim čovek može kontrolisano uticati na proces starenja fizičkih i mentalnih funkcija (Friedlander, A.L. 2014).

Pored pozitivnog uticaja na brojne sisteme u telu, fizička aktivnost na direktan i indirektan način dovodi i do poboljšanja moždanih funkcija.

U procesu starenja dolazi do pada u performansama brojnih kognitivnih zadataka kao i do smanjenja radne i epizodičke memorije. Rezultati studija strukturalnog i funkcionalnog snimanja mozga dali su uvid u potencijalne moždane mehanizme kognitivnog starenja. Konstatovano je da dolazi do godišnjeg pada u zapremini mozga od 0.35% nakon 50-te godine života a za 0.86% dolazi do godišnjeg pada u zapremini hipokampusu, moždane strukture veoma važne u formiranju memorije (Raz, N., Cabeza, R., Nyberg L., & Park, D. C. 2005).

U poslednjih tridesetak godina pojavio se veliki broj naučnih dokaza da ljudski um može da se razvija tokom procesa starenja. Ono što je za sada poznato je da su naše mentalne moći zajedno sa memorijom dizajnirane da se poboljšavaju tokom života i kroz život (ova pojava u neouronauci se naziva neuroplastičnost) i da smo mi u stanju da generišemo nove moždane ćelije uprkos tome što neke naše moždane ćelije odumiru (ova pojava se u neuronauci naziva neurogeneza).

Naš mozak dakle nije statička mašina već dinamičan organ sa velikom sposobnošću adaptacije jer može da generiše nove neurone i razvija se tokom procesa starenja. Na ove zaključke navode i rezultati studija neuronaučnika Marco Iacoboni-ja (Gelb, M.J. i Howell, K. 2012).

Dakle tokom procesa starenja ne mora neizbežno doći do pada u funkciji i moći mozga. Prema istraživanjima naučnika John J. Ratey-a (2008), fizičko vežbanje pored svog uticaja na mišićni tonus i kardiovaskularni fitnes utiče i na poboljšanje kognicije i memorije.

Postoje mnogobrojni razlozi za efikasan uticaj fizičkog vežbanja na poboljšanje zdravlja mozga i njegovih funkcija a jedan od najbitnijih je što vežbanjem mozak dobija dovoljno kiseonika jer koristi više od 20% ukupno unetog kiseonika. Prema istom naučniku pri fizičkom vežbanju oslobađa se velika količina neurohemikalija i faktora rasta koji imaju značajnu ulogu u usporavanju procesa starenja.

Efekti fizičke aktivnosti na moždane strukture su neuroplastičnost i neuroprotektivnost i mogu se objasniti brojnim fiziološkim mehanizmima. Fiziološki mehanizmi koji se dešavaju u organizmu kao posledica fizičke aktivnosti su poboljšana vaskularizacija, olakšana sinaptogeneza, ublažavanje upalnih procesa i redukovanje neuređenog taloženja proteina.

Tokom procesa starenja dolazi do povećanog rizika od mnogih hroničnih stanja i oboljenja kao što su kardiovaskularne bolesti, poremećaj kognitivnih funkcija i metabolički sindrom. Fizičkom aktivnošću moguće je pozitivno uticati na ove promene. Kada su u pitanju kognitivne funkcije fizička aktivnost ima značajnu ulogu u poboljšanju zdravlja mozga i kognitivnih funkcija. Rezultati istraživanja Fratiglioni-ja i saradnika (2004), pokazali su da je redovno bavljanje fizičkom aktivnošću najznančajniji faktor koji ima najveći zaštitni uticaj protiv štetnih efekata starenja na zdravlje i kogniciju.

Fizičko vežbanje dakle ima protektivan uticaj na degenerativne promene mozga povezane sa starenjem i neurodegenerativnim oboljenjima (Intlekofer, K.A., Cotman, C.W. 2013).

Kod starijih ljudi povišen rizik za kognitivna oštećenja povezan je sa kardiovaskularnim faktorima rizika kao što su hipertenzija, dislipidemija, metabolički sindrom, povišen nivo zapaljenskih markera itd. Na ove faktore rizika moguće je uticati putem fizičke aktivnosti (Nelsonme rej 2007).

Ukoliko je regularna fizička aktivnost realizovana tokom srednjih i poznih godina utiče na prevenciju i regulaciju hipertenzije i dovodi do poboljšanja u cerebralnom krvotoku i redukciji patologije moždanog tkiva i na taj način deluje zaštitno na zdravlje mozga i kognitivne performanse.

Uticaj fizičke aktivnosti na kogniciju kod starih osoba je najviše podržan razultatima interventnih studija, koje generalno pokazuju da je kod starijih ljudi koji su kompletirali program

fizičke aktivnosti, koji je značajno uticao na povećanje kardiorespiratornog fitnesa, došlo do poboljšanja u kognitivnim performansama. Dustman i saradnici (1984) poredeći osobe srednjih i poznih godina, koji su kompetirali četvoromesečni aerobni trenažni program, osobe koje su im bile parnjak u godinama a učestvovala su u vežbama snage i fleksibilnosti, sa osobama u kontrolnoj grupi koje nisu vežbale uopšte. Samo u grupi koja je realizovala aerobni trening došlo je do poboljšanja kardiorespiratorne funkcije, zajedno sa poboljšanjem u izvođenju jednostavnih zadataka u brzini reagovanja.

Studije Albineti-ja i saradnika (2010), urađene na osobama od 65-78 godina starosti pokazuju da dvanaestonedeljni program aerobnog vežbanja dovodi do poboljšanja u egzekutivnoj kontroli i do varijabilnosti u pulsu a ovi rezultati sugerišu da je aerobno vežbanje važan protektivni faktor srca i mozga u procesu starenja.

Rezultati gore navedenih studija ukazuju da je u potpunosti utvđena veza između vežbanja i smanjenja kardiovaskularnih faktora rizika ali je nejasno koji su kardiovaskularni faktori medijatori u vezi između vežbanja i kognitivnih performansi.

Istraživanja koja su su vršena na starijoj populaciji ljudi ukazala su na povezanost između moždanih struktura i funkcija, kardiorespiratornog fitnesa, kognitivnih performansi i različitih nivoa vežbanja. Rezultati studije Angevarena M. i saradnika (2008) pokazali su da je zahvaljujuću fizičkoj aktivnosti došlo do povećanja maksimalne potrošnje kiseonika u proseku 14% kod osoba koje su u trećem životnom dobu vodile sedentaran način života.

S obzirom da jedna od osam osoba od 65 godina pa naviše (13%) i 43% ljudi od 85 godina i starijih ima Alchajmerovu bolest (za koju za sada ne postoji lek), izvršena su istraživanja da li fizičko vežbanje može da pomogne u ovom slučaju. Ispostavilo se da fizička aktivnost i vežbanje mogu značajno uticati na smanjenje rizika da do ove bolesti i dođe. Prema rezultatima studije Burnsa i saradnika (2008) kod osoba sa umerenom Alchajmerovom bolešću zapremina mozga je u pozitivnom odnosu sa kardiorespiratornim fitnessom za razliku od osoba bez demencije. Pošto su do sličnih rezultata došli i Honea i saradnici (2009), to ukazuje na protektivni efekat kardiorespiratornog fitnesa jer modifikuje strukturne promene u mozgu nastale kao posledica Alchajmerove bolesti.

Vežbanje i kardiorespiratorni fitnes utiču na kognitivno izvođenje jer poboljšavaju aktivaciju i povezanost između različitih delova mozga. Na ovaj zaključak navode i rezultati studije Colcombe, S.J., Kramer, A.F., Erickson, K.I., i saradnika (2003) urađene na 41 osobi

(bez demencije)kojom su pokazali da osobe koje su imale viši nivo VO2 max imale su i veću aktivaciju u regionima mozga povezanim sa egzekutivnom kontrolom.

Prema istraživanjima Erickson, K.I., Miller, D.L., Weinstein, A.M., Akl, S.L., Banducci. S.E.( 2012), pozitivan efekat kardiorespiratornog finta je značajniji u moždanim strukturama povezanim sa memorijom i egzekutivnim funkcijama.

Rezultati gore navedenih studija pokazuju da aerobni fitnes povezan sa promenama u moždanim strukturama koje utiču na bolje funkcionisanje kod starijih ljudi.

Spiriduso i saradnici (2008), u svojim studijama pokazuju da postoje tri grupe potencijalnih medijatora koji povezuju fizičko vežbanje i kogniciju a to su: fizički resursi, hronične bolesti i stanja i mentalni resursi. Ovim studijama pokazano je da fizičko vežbanje dovodi do poboljšanja mentalnih resursa kod starijih ljudi( depresija, anksioznost, hronični stres) i poboljšava samoeфикаsnost.

Nakon 75 godine života kod velikog broja starijih ljudi javljaju se medicinski problemi iz grupe gerijatrijskog sindroma a jedan od njih je i telesna slabost. Neaktivnost je najveći faktor rizika za telesnu slabost, sama telesna slabost nije kontraindikacija za bavljenje fizičkom aktivnošću. Naprotiv, telesna slabost je jedan od najvećih razloga za bavljenje fizičkom aktivnošću (K. Rockwood, S. E. Howlett, C. MacKnight i saradnici, 2004). Na ovu činjenicu ukazuju i rezultati studije M. J. Peterson, C. Giuliani, M. C. Morey i saradnika (2009), sprovedene na 2964 stare osobe u trajanju od 5 godina. Na osnovu tih rezultata zaključeno je da su osobe koje su redovno vežbale od samog početka imale manje šanse da kod njih dođe do razvoja telesne slabosti za razliku od osoba koje su vodile sedentaran način života.

Rezultati studije Langlois-a i saradnika (2013), pokazali su da tri meseca treninga kod osoba sa simptomom telesne slabosti dovodi do značajnih poboljšanja fizičkog kapaciteta i kognitivnih performansi (egzekutivne funkcije, brzina procesovanja i radne memorije ) kao i do poboljšanja kvaliteta života. Ovo je ujedno i jedina studija koja pokazuje da fizičko vežbanje može da pomogne u poboljšanju kognicije kod osoba sa sindromom telesne slabosti.

Istraživanja sprovedena od strane Geda i saradnika (2010) na 198 ljudi sa umerenim kognitivnim oštećenjima i 1126 osoba bez kognitivnih promena pokazala su da umerena realizacija fizičke aktivnosti tokom poznih godina smanjuje rizik za dobijanje umerenog kognitivnog oštećenja za 32%.

Chang i saradnici (2010) utvrdili su da ukoliko je osoba aktivna oko pet sati sedmično ima visoke rezultate u brzini procesovanja, memoriji i egzekutivnoj funkciji kao i manje šanse da oboli od demencije kasnije u životu.

U svojoj L. D. Baker, L. L. Frank, K. Foster-Schubert i saradnici (2010) vršili su procenu uticaja šestomesečnog aerobnog programa vežbanja kod 33 osobe sa umerenim kognitivnim oštećenjem, starosti od 55-85 godina i došli do rezultata da telesno vežbanje kod tih osoba ima pozitivan efekat na brzinu procesovanja i egzekutivnu funkciju.

Rezultati navedenih studija pokazuju da kod starije populacije fizičko vežbanje utiče na kogniciju ali mehanizmi putem kojih se to događa nisu u potpunosti jasni pa su potrebna dalja istraživanja.

Fizička aktivnost usmerena na modifikaciju faktora rizika i neuroprotektivne mehanizme predstavlja nefarmaceutski pristup usporavanja negativnih promena koje se dešavaju kao posledica procesa starenja. Samo u protekloj deceniji jako veliki broj studija je potvrdio da bi ljudi trebali da usvoje fizičku aktivnost kao deo životnog stila u cilju smanjenja negativnih posledica procesa starenja na mozak i um. Najbitnije je da nam studije daju relevantne dokaze da fizička aktivnost dovodi do promene u metaboličkim, strukturalnim i funkcionalnim dimenzijama mozga koje su zadužene za očuvanje kognitivnih performansi kod starijih ljudi.

## 7. Literatura

1. Abourezk, T., & Toole, T. (1995). Effect of task complexity on the relationship between physical fitness and reaction time in older women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 3(1), 251–260.
2. Aichberger, M. C., Busch, M. A., Reischies, F. M., Ströhle, A., Heinz, A., & Rapp, M. A. (2010). Effect of physical inactivity on cognitive performance after 2.5 years of follow-up: longitudinal results from the survey of health, ageing, and retirement. *GeroPsych*, 23(1), 7–15.
3. Albinet, C. T., Boucard, G., Bouquet, C. A., & Audiffren, M. (2010). Increased heart rate variability and executive performance after aerobic training in the elderly. *European Journal of Applied Physiology*, 109(4), 617–624.
4. Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H.J.J., Aleman, A., Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database of Syst Rev.*, 3.
5. Alzheimer's Association (2011). Alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's & Dementia*, 7(2).
6. Barnes, D. E., Yaffe, K., Satariano, W. A., & Tager, I. B. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(4), 459–465.
7. Baker, L. D., Frank, L. L., Foster-Schubert, K. et al. (2010). Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. *Archives of Neurology*, 67(1), 71–79.
8. Burns, J.M., Cronk, B.B., Anderson, H.S., et al. (2008). Cardiorespiratory fitness and brain atrophy in early Alzheimer disease. *Neurology*, 71(3), 210–216.

9. Branfronbrener, M., Landowne, M., Shock, N.W., (1955). Changes in cardiac output with age. *Circulation*, 12,557–66.
10. Brian, T., W., & Poala, S.T. (2003). Physiology of Aging. Invited Review: Theories of aging. *J Appl Physiol.*, 95, 1706–1716.
11. Boyle, P. A., Buchman, A. S., Wilson, R. S., Leurgans, S. E., & Bennett, D. A. (2010). Physical frailty is associated with incident mild cognitive impairment in community-based older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(2), 248–255.
12. Cassilhas, R.C., Viana, V. A. R., Grassmann, V. et al. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1401–1407.
13. Colcombe, S.J., Kramer, A.F., Erickson, K.I., et al. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 101(9), 3316–3321.
14. Colcombe, S., & Kramer, A.F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci.*, 14(2), 125-130.
15. Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Raz, N. et al. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *Journals of Gerontology A*, 58(2), 176–180.
16. Clarkson-Smith, L. & Hartley A. A. (1989). Relationships between physical exercise and cognitive abilities in older adults. *Psychology and Aging*, 4(2), 183–189.
17. Chang, M., Jonsson, P. V., Snaedal, J. et al. (2010). The effect of midlife physical activity on cognitive function among older adults: AGES—Reykjavik study. *Journals of Gerontology A*, 65(12), 1369–1374.

18. Dustman, R. E., Ruhling, R. O., Russell, E. M. et al. (1984). Aerobic exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. *Neurobiology of Aging*, 5(1), 35–42.
19. Dziechciaż, M., Filip, R. (2014). Biological psychological and social determinants of old age: Bio-psycho-social aspects of human aging. *Ann Agric Environ Med.*, 21(4), 835–838.
20. Erickson, K.I., Prakash, R.S., Voss, M.W., et al. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19(10), 1030–1039.
21. Erickson, K.I., Miller, D.L., Weinstein, A.M., Akl, S.L., Banducci, S.E. (2012). Physical activity and brain plasticity in late adulthood: a conceptual review. *Ageing Res.* 3(1), 34–47.
22. Fratiglioni, L., Paillard-Borg, S., & Winblad, B. (2004). An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *The Lancet Neurology*, 3(6), 343–353.
23. Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J. et al. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *Journals of Gerontology A*, 56(3), 146–156.
24. Friedlander, A.L. (2014). Your Body in the World: Adapting to Your Next Big Adventure Program in Human Biology. Online Course. California: Stanford University.
25. Geda, Y. E., Roberts, R. O., Knopman, D. S. et al. (2010). Physical exercise, aging, and mild cognitive impairment a population based study. *Archives of Neurology*, 67(1), 80–86.
26. Gelb, M.J. & Howell, K. (2012). *Brain power, Improve your mind as you age*. Novato, California: New world library.

27. Honea, R.A., Thomas, G.P., Harsha, A., et al. (2009). Cardiorespiratory fitness and preserved medial temporal lobe volume in Alzheimer disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord*, 23(3), 188–197.
28. Hillman, C. H., Weiss, E. P., Hagberg, J. M., & Hatfield, B. D. (2002). The relationship of age and cardiovascular fitness to cognitive and motor processes. *Psychophysiology*, 39(3), 303–312.
29. Helbostad, J. L., Sletvold, O., & Moe-Nilssen, R. (2004). Home training with and without additional group training in physically frail old people living at home: effect on health-related quality of life and ambulation. *Clinical Rehabilitation*, 18(5), 498–508.
30. Itamar, B., Abrass, M.D. (1990). The Biology and Physiology of aging. *West J Med*, 153(6), 641–5.
31. Intlekofer, K.A., & Cotman, C.W. (2013). Exercise counteracts declining hippocampal function in aging and Alzheimer's disease. *Neurobiol Dis.*, 57, 47–55.
32. Kane, R.L., Ouslander, J.G., & Abrass, I.B. (1989). *Essentials of Clinical Geriatrics*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
33. Kemoun, G., Thibaud, M., Roumagne, N. et al. (2010). Effects of a physical training programme on cognitive function and walking efficiency in elderly persons with dementia. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 29(2), 109–114.
34. Kramer, A.F. (2013). Exercise and cognition. In Fanjiang, G. (Eds.), *Abbott Nutrition Research Conference on Cognition and Nutrition* (str. 7-9). Columbus: Abbott Nutrition Health Institute (ANHI).
35. Landi, F., Abbatecola, A. M., Provinciali, M. et al. (2010). Moving against frailty: does physical activity matter. *Biogerontology*, 11(5), 537–545.

36. Langlois, F., T. Vu, T.M., Chass'e, K., Dupuis, G., Kergoat, M. J., & Bherer, L. (2013). Benefits of physical exercise training on cognition and quality of life in frail older adults. *Journals of Gerontology B*, 68(3), 400–404.
37. Larson, E. B., Wang, L., Bowen, J. D. et al. (2006). Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of Internal Medicine*, 144(2) 73–81.
38. Liu-Ambrose, T., Donaldson, M. G., Ahamed, Y. et al. (2008). Otago home-based strength and balance retraining improves executive functioning in older fallers: a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(10), 1821–1830.
39. Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy T. C. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 170(2), 170–178.
40. Lista, I., & Sorrentino, G. (2010). Biological mechanisms of physical activity in preventing cognitive decline. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 30(4), 493–503.
41. Morse, C.E., & Smith, E.L. (1981). Physical activity programming for the aged. In Smith E.L., & Sefass R.C. (Eds.). *Exercise and aging: The scientific basis* (pp.109-120). Hillside, NJ: Enslow.
42. Nelson, M.E, Rejeski, W.J., Blair, S.N., et al.( 2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1094–1105.
43. Raz, N., Ghisletta, P., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., & Lindenberger, U. (2010). Trajectories of brain aging in middle-aged and older adults: regional and individual differences, *NeuroImage*, 5(2), 501–511.

44. Raz, N. (2005). The aging brain observed in vivo: differential changes and there modifiers. In Cabeza, R., Nyberg, L., & Park, D. C. ( Eds.). *Cognitive Neuroscience of Aging* (pp. 19–57). New York, USA: Oxford University Press.
45. Ratey, J.J. (2008). *The revolutionary new science of exercise and the brain*. New York: Little brown and company, Hachette book group.
46. Rasmussen, P., Brassard, P., Adser, H., et al. (2009). Evidence for a release of brain-derived neurotrophic factor from the brain during exercise. *Exp Physiol.* , 94(10),1062–1069.
47. Rockwood, K., Howlett, S. E., MacKnight, C. et al.(2004). Prevalence, attributes, and outcomes of fitness and frailty in community dwelling older adults: report from the Canadian study of health and aging. *Journals of Gerontology A*, 59(12), 1310–1317.
48. Renaud, M., Bherer, L., & Maquestiaux, F. (2010). A high level of physical fitness is associated with more efficient response preparation in older adults. *Journals of Gerontology B*, 65(3), 317–322.
49. Spirduso, W.W. (1975). Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. *Journals of Gerontology*, 30(4), 435–440.
50. Spirduso, W., Francis K. and MacRae, P. (2005). *Physical Dimensions of Aging - 2nd edition*. Champaign, USA: Human Kinetics.
51. Spirduso W., Poon L. and Chodzo-Zajko W. (2008). Using resources and reserves in an exercise-cognition model. In Spirduso W., Poon L. and Chodzo-Zajko W. (Eds.). *Exercise and Its Mediating Effects on Cognition* (pp. 3–11). Champaign, Ill, USA: Human Kinetics.

52. Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B.M. et al. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: ameta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, 72(3), 239–252.
53. Vincent, K.R, Braith, R.W., Bottiglieri, T., Vincent, H.K., Lowenthal, D.T. (2003). Homocysteine and lipoprotein levels following resistance training in older adults. *Prev Cardiol.*, 6(4), 197–203.
54. <http://www.pharmamedica.rs/endokrinologija/insulinska-rezistencija/>
55. <http://www.svetzdravlja.org/bolesti-stanja/blago-kognitivno-ostecenje.aspx>
56. <http://www.simptomi.rs/index.php/bolesti/10-endokrinologija-bolesti-zlezda-sa-unutrasnjim-lucenjem/204-velike-masnoce-u-krvi-visoki-lipidi-trigliceridi-gojaznost-simptomi-medicina-zdravlje-lekar-trudnoca-bolesti-ishrana-dijeta-dijagnoza-uzrok-posledica-lecenje-terapija-beograd-srbija>
57. <https://oli.cmu.edu/jcourse/workbook/activity/page?context=c09d32e780020ca6019d18375d49395a>

## 8. Prilozi

### A

**Alzheimerova bolest** – progresivni poremećaj čija su glavna obeležja gubitak pamćenja i drugih kognitivnih funkcija. Ljudi koji se oboleli od Alzheimerove bolesti mogu u početku imati teškoća s prisećanjem nedavnih događaja ili nekih osnovnih podataka (tel.brojeva). S vremenom im postaje sve teže baratati novcem i izvoditi jednostavne računske operacije. Gubitak pamćenja za nedavne događaje postaje sve veći, a događa se i da ne prepoznaju dobro poznate osobe ili se ne mogu setiti njihovih imena. Katkada ne prepoznaju ni sami sebe u ogledalu. Oštećeno je i pamćenje davnih događaja (škola u koju su išli, imena roditelja, mesta gde su rođeni). S napredovanjem bolesti im je potrebna tuđa pomoć.

### D

**Dislipidemija**- opšti termin koji se odnosi na povišen nivo lipida u krvi. Najčešći tipovi dislipidemija koji se javljaju kod pacijenata jesu povišene vrednosti holesterola koje se označavaju kao hiperholesterolemije ili hiperlipoproteinemije i visoke vrednosti triglicerida, odnosno hipertigliceridemije. Kada su istovremeno prisutne povišene vrednosti holesterola i triglicerida, takvo stanje naziva se kombinovana dislipidemija.

**Demencija**- je sindrom globalnog i progresivnog oštećenja stečenih kognitivnih sposobnosti, prouzrokovan organskom bolešću središnjeg nervnog sistema, pri očuvanoj svesti, u kojem su posebno oštećene sposobnosti pamćenja, učenja, apstraktnog mišljenja, orijentacije i poimanja vidno-prostornih odnosa.

### E

**Epizodička memorija**- predstavlja čovekovu memoriju događaja i iskustva u serijskom obliku – formi. Na ovaj način mi pamtimo događaje na osnovu specifičnih detalja tj. tačaka koje nas podsećaju na sled događaja.

**Enkodiranje informacija**- Proces pretvaranja ideje u saopštenje, pretvaranje ideje u sistem verbalnih komunikativnih signala.

## H

**Homocistein-** je neproteinska aminokiselina. On je homolog aminokiseline cisteina, od koje se razlikuje po dodatnoj metilenskoj ( $-\text{CH}_2-$ ) grupi. On se biosintetiše iz metionina uklanjanjem terminalne  $\text{C}^{\epsilon}$  metil grupe. Homocistein se može reciklisati u metionin ili konvertovati u cistein uz pomoć B-vitamina.

Detekcija visokih nivoa homocisteina je povezana sa kardiovaskularnim bolesima, mada snižavanje nivoa homocisteina ne poboljšava ishod oboljenja.<sup>[6]</sup> Povišeni novoi homocisteina su vezani za više stanja bolesti. Korisnost pokušaja snižavanja nivoa homocisteina je bilo nepotvršena ili neubedljiva.

## I

**Insulinska rezistencija** je stanje u kome ćelije organizma ne reaguju na dejstvo insulina tako da insulin ne može da ostvari svoj biološki efekat. Insulin je pritom prisutan u koncentracijama koje su inače efikasne kod zdravih ljudi. Kako bi se suprotstavio otporu ćelija, organizam stvara povećane količine insulina, njegov nivo u krvi se povećava i nastaje hiperinsulinemija.

## K

**Kognicija** ili **Spoznaja** je poimanje stvarnosti koje se zasniva na čovekovom iskustvu i mišljenju. Kognicija uključuje svaki mentalni proces koji se može opisati kao iskustvo saznanja, opažanja, prepoznavanja, rasuđivanja i zaključivanja. Razlikuje se od iskustva osećanja ili željenja. Kao pojam, odnosi se na mozak i na um.

**(Blago) Kognitivno oštećenje** (MCI) je međufaza između očekivanog kognitivnog pada normalnog starenja i ozbiljnijeg pada koji prati demenciju. Može uključivati probleme sa pamćenjem, govorom, mišljenjem i rasuđivanjem koji su veći nego u slučaju uobičajenih promena vezanih za starenje. Ukoliko imate blago kognitivno oštećenje možete biti svesni da su vaše pamćenje i mentalna funkcionalnost opali. Porodica i bliski prijatelji takođe mogu uočiti promenu.

Ali ove promene obično nisu dovoljno ozbiljne da bi ometale svakodnevni život i uobičajene aktivnosti.

Blago kognitivno oštećenje može povećati rizik od kasnijeg razvoja demencije prouzokovane

Alchajmerovom bolešću ili drugim neurološkim stanjima. Ipak kod nekih ljudi se blago kognitivno oštećenje nikada ne pogorša a kod nekih se stanje i popravi.

## M

**Morfologija-** je biološka opšta nauka o strukturi i obliku organizama. Tako možemo pričati o morfologiji biljaka i morfologiji životinja kao jasno odvojenim disciplinama. Možemo posmatrati morfologiju pojedinog organizma, vrste, ili neke više taksonomske kategorije, kao i morfologiju ćelije, organa, sistema organa. Morfologija unutrašnjosti organizma naziva se anatomija.

**Metabolički sindrom-** predstavlja skup metaboličkih poremećaja organizma koji predstavljaju faktor rizika za pojavu brojnih oboljenja i komplikacija organizma. Kod metaboličkog sindroma postoji povišeni krvni pritisak (hipertenzija), hiperglikemija (povišen nivo šećera u krvi), povišen nivo lipida (triglicerida) i LDL holesterola (loš holesterol) u krvi i smanjen HDL holesterol (dobar holesterol) i izražena gojaznost abdominalnog tipa. Oboljena koja nastaju kao posledica metaboličkog sindroma su koronarna bolest srca i diabetes mellitus (šećerna bolest).

## N

**Neuroplastičnost-** Naše mentalne sposobnosti, uključujući memoriju, dizajnirane su da se poboljšavaju kroz i tokom života. Neuronauka ovu pojavi naziva neuroplastičnost(neuro se odnosi na neuron, odnosno moždanu ćeliju, a plastičnost je sposobnost promene ili prilagođavanja).

**Neurogeneza-** je proces kojim su neuroni generisani od nervnih matičnih ćelija i roditeljskih ćelija . Ona igra centralnu ulogu u mentalnom razvoju .

## P

**Proaktivna interferencija (inhibicija)**– ako nešto pre naučeno ometa učenje novog gradiva (ometanje deluje unapred)

-Što je gradivo sličnije, a pauza kraća, jače je delovanje retroaktivne interferencije (pr. učimo eng. i nemački jedno nakon drugog)

-Proaktivna interferencija – promenimo mobilni telefon, imamo u početku problema s navikavanjem na meni.

## **R**

**Retroaktivna interferencija-** ako novo učenje ometa i potire naučeno gradivo (ometanje deluje unatrag).

## **S**

**Sarkopenija-** Progresivni gubitak mišićne mase i snage kod starijih osoba.

**Strupov efekat-**se odnosi na psihološki fenomen da je lakše izgovoriti boju kojom je napisana neka reč ukoliko se ta boja semantički slaže sa napisanom rečju, odnosno ukoliko je napisana reč upravo ta boja.