

Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu

BIOPSIHOLOGIJA INTELIGENCIJE

MAIDA KOSO-DRLJEVIĆ

Sarajevo, 2017.

Maida Koso-Drljević
BIOPSIHOLOGIJA INTELIGENCIJE

Urednik

Prof. dr. Salih Fočo

Recenzenti

Prof. dr. Renko Đapić

Prof. dr. Nermin Đapo

Lektorica

Sandra Zlotrg

Tehnička obrada

Amela Harba-Bašović

Izdanje

Prvo

Izdavač

Filozofski fakultet Univerziteta u Sarajevu

Sarajevo, 2017.

Elektronsko izdanje: <http://www.ff-eizdavastvo.ba/Knjige.aspx>

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i univerzitetska biblioteka
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

159.95

KOSO-Drljević, Maida
Biopsihologija inteligencije [Elektronski izvor] / Maida Koso-Drljević. - El. knjiga. - Sarajevo : Filozofski fakultet, 2017

Način dostupa (URL): <http://www.ff-eizdavastvo.ba/Knjige.aspx>. - Nasl. sa nasl. ekrana. - Opis izvora dana 13.6.2017.

ISBN 978-9958-625-63-3 I. Drljević, Maida Koso-Koso-Drljević, Maida COBISS.BH-ID 24143110

Sažetak

Knjiga *Biopsihologija inteligencije* koncipirana je u nekoliko poglavlja. S ciljem potpunijeg razumijevanja savremenih modela inteligencije, najprije je dat historijski pregled o razvoju ovog složenog psihološkog konstrukta. U knjizi su objašnjeni tradicionalni i savremeni modeli inteligencije. Paralelno s istraživanjima o varijablama koje su u osnovi inteligencije, znanstvenici su istraživali njene biološke osnove. Različite komponente inteligencije mogu imati različite genetičke osnove i biti različito lokalizirane u mozgu. Impresivan broj empirijskih istraživanja pokazuje da su genetički faktori značajni za razvoj intelektualnih sposobnosti. S druge strane, grupa autora okupila se oko ideje da okolinski faktori također doprinose razvoju inteligencije i drugih kognitivnih sposobnosti. U knjizi se posebna pažnja posvećuje različitim pristupima mjerenja inteligencije, s posebnim akcentom na mjerenje ovog konstrukta u neuropsihologiji. Korištenjem funkcijskih slikovnih prikaza mozga u proučavanju inteligencije omogućeno je praćenje moždane aktivnosti za vrijeme rješavanja zadataka kojima mjerimo inteligenciju. Na osnovu rezultata ovih istraživanja predloženi su modeli koji pretpostavljaju da je aktivnost pojedinih dijelova mozga povezanih sa rješavanjem zadataka na testovima inteligencije osnova za pretpostavku da su ti dijelovi mozga centar intelektualnih funkcija. Ovi modeli su temelj za buduća istraživanja inteligencije.

Predgovor

Unatoč tome što je inteligencija etablirani i jedan od najstarijih konstrukata u psihologiji, na mnoga pitanja iz ovog područja psihologija kao znanost i dalje traži odgovore. Razvoj novih tehnologija i novih postupaka prikupljanja podataka utjecali su na ekspanziju istraživanja u kojima su znanstvenici tragali za biološkim korelatima i osnovama inteligencije. Akumulirane spoznaje iz područja biopsihologije inteligencije potakle su me da se upustim u ovaj avanturistički poduhvat pisanja knjige i da na jednom mjestu sistematiziram dosadašnje nalaze istraživanja, koji su plod marljivog i napornog rada velikog broja znanstvenica i znanstvenika.

Naime, devedesete godine prošlog vijeka Kongres Sjedinjenih Američkih Država proglasio je Dekadom mozga, što je rezultiralo velikim ulaganjem u istraživanja mozga i veze između mozga i ponašanja. Zahvaljujući interdisciplinarnom pristupu, koji je u „u ime inteligencije“ okupio na jednom mjestu genetičare, molekularne genetičare, fiziologe, radiologe, psihologe, neuropsihologe, nutricioniste, danas raspolažemo impresivnim empirijskim nalazima i novim teorijskim modelima predstavljenim u ovoj knjizi.

Već iz ovog uvoda nazire se da je sadržaj knjige primarno posvećen biološkim osnovama inteligencije. Međutim, ipak ću morati razočarati čitatelje. Sam pristup inteligenciji nužno podrazumijeva eksploraciju ovog konstrukta iz više teorijskih perspektiva. Iz pedagoških razloga knjigu sam ipak pisala eklektično prikazujući i osnovne koncepte tradicionalnih teorija inteligencije.

Nakon uvodnog dijela, u drugom poglavlju knjige prezentirane su različite teorije inteligencije s naglaskom na one koje su važne s aspekta biološke psihologije. U trećem poglavlju, u središtu je pitanje interakcije genetičkih i okolinskih faktora koji utječu na razvoj inteligencije. Rezultati psihofizioloških istraživanja inteligencije opisani su u četvrtom poglavlju. Interesantna i trenutno možda i najaktualnija istraživanja inteligencije pomoću

slikovnih, osobito funkcijskih slikovnih prikaza mozga sistematizirana su u tekstu petog poglavlja. Klinička neuropsihološka istraživanja zasnivaju se na praćenju promjena koje se događaju u funkcioniranju osoba nakon moždanih oštećenja. Posljednje poglavlje, „Neuropsihologija inteligencije“, obuhvaća nalaze do kojih su došli istraživači u okviru ovog područja.

Na kraju, moram priznati da je pisanje knjige proces, koji u jednom času treba biti zaustavljen. Za onoga ko piše to uvijek predstavlja svojevrsnu frustraciju, međutim, svaki tekst neminovno zahtijeva reviziju nakon određenog vremena. Članci koji su u međuvremenu objavljeni zasigurno će naći svoje zasluženo mjesto u drugom izdanju ove knjige.

Ono što ne smijem propustiti jeste uputiti zahvale ljudima iz mog okruženja koji su doprinijeli nastanku ove knjige. Najprije se zahvaljujem prof. dr. Renku Đapiću, mom učitelju i ustrajnom mentoru, na korisnim akademskim i prijateljskim sugestijama i komentarima, izrečenim pažljivo biranim riječima. Posebnu radost mi prčinjava spoznaja da u radnom okruženju imam ne samo kolege već saradnike i prijatelje. Zahvaljujem se Nerminu i Indiri koji su među prvima pročitali rukopis knjige i doprinijeli njenom konačnom „izgledu“, a uz njih Dženani, Jadranki, Ratku i Aidi na trenucima ugodnih osjećaja da uvijek imaš nekoga, u ponekad „hladnoj“ fakultetskoj zgradi, kome možeš upasti u kancelariju i reći: „Naruči mi kafu“. Hvala i Alenu, Neiri, Naldu, Fatimi, Fehimu, Aidi, Tariku, Sandri i Jeleni.

Knjiga je prvenstveno namijenjena studentima i studenticama psihologije, ali sam sigurna da će svoj put pronaći i do šire čitalačke publike. Tim više što koncept inteligencije nikada nije izgubio na aktualnosti i popularnosti.

SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
2. Historijski osvrt i različite teorije inteligencije.....	5
2.1. Faktorske teorije inteligencije	16
2.2. Luria i PASS teorija inteligencije.....	25
2.3. Novije teorije inteligencije	29
2.4. Mjerenje inteligencije s aspekta biopsiholoških i neuropsiholoških istraživanja.....	32
3. Genetika i inteligencija	36
3.1. Nativizam vs. empirizam.....	36
3.2. Istraživanja na blizancima i srođnicima odgajanim zajedno ili odvojeno.....	41
3.3. Genetički poremećaji i intelektualne sposobnosti	45
3.4. Istraživanja povezanosti između pojedinačnih gena i intelektualnih sposobnosti	49
4. Psihofiziologija inteligencije.....	52
4.1. Odnos između veličine mozga i inteligencije.....	52
5. Kritike istraživanja veze genetičkih i fizioloških faktora inteligencije.....	57
6. Elementarni kognitivni zadaci, testovi inteligencije i studije slikovnih prikaza mozga...	60
6.1. Funkcijski slikovni prikazi mozga (PET i fMR)	64
6.2. Slikovni prikazi mozga i verbalni zadaci	66
6.3. Slikovni prikazi mozga i g faktor	67
6.4. Rezultati preglednih studija	69
6.5. Hipoteza neuralne efikasnosti.....	72
6.6. Teorija neuralnog procesiranja i 4CAPS model	74
Razumijevanje rečenica	77
Rješavanje specijalnih problema.....	78
Obavljanje dualnih zadataka	78
7. Moždana oštećenja i inteligencija	80
7.1. Historijski aspekti neuropsihologije inteligencije	80
7.2. Inteligencija nakon moždanog oštećenja	82
7.3. Oporavak nakon moždanog oštećenja	89
8. Uloga ishrane u razvoju inteligencije.....	92
9. Zaključak.....	99
10. Literatura.....	104
11. Indeks pojmova	115
12. Recenzije.....	118
13. Biografija	126

1. Uvod

Razvoj civilizacije, dostignuća u znanosti, književnosti, umjetnosti i svim drugim oblicima ljudske djelatnosti ne bi bili mogući bez razvoja inteligencije. Ipak, izgleda da naša inteligencija još uvijek nije dostigla nivo na kojem bismo dali jasnu definiciju tog pojma, utvrdili od čega ona zavisi, s čim je povezana, šta i u kolikoj mjeri na nju utječe, koji su dijelovi mozga s njom povezani, kako se razvija, kako i zašto u nekim slučajevima dolazi do njenog oštećenja, te kako i zašto ponekad dolazi i do oporavka nakon oštećenja. Sve su to pitanja kojima se bavimo u ovoj knjizi i na koja pokušavamo, kroz pregled, analizu i sintezu rezultata različitih istraživanja, dati odgovor ili barem prenijeti čitaocu dosadašnje spoznaje o ovim aspektima inteligencije. Kompleksnost ljudske misli i naše inteligencije predstavlja znanstveni izazov. Istraživanja bilo kojeg područja inteligencije otvaraju mnoga pitanja, a daju odgovore samo na neka od njih. To koja ćemo pitanja postaviti i kako ćemo na njih odgovoriti često je povezano sa aktualnim trendovima u znanosti. Tema inteligencije često je bila žrtva takvih trendova, što je utjecalo na različite pristupe pri definiranju inteligencije. Teorije koje se smatraju značajnim za istraživanja biopsiholoških osnova inteligencije opisane su u drugom poglavlju ove knjige pod naslovom „Historijski osvrt i različite teorije inteligencije“.

Potruga za biološkim osnovama inteligencije zahtijeva proučavanje različitih aspekata i biologije i psihologije. U trećem poglavlju ove knjige („Genetika i inteligencija“), navode se teorije i rezultati istraživanja u kojima su proučavane genetičke osnove inteligencije. Rezultati istraživanja ova dva različita pristupa pažljivo su analizirani i objašnjeni. Prvi se odnosi na istraživanja intelektualnih sposobnosti jednojajčanih i dvojajčanih blizanaca odgajanih zajedno i odvojeno, braće i sestara, roditelja i djece, bližih i daljih rođaka. Ova istraživanja, na osnovu kojih se posredno zaključuje o vezi između gena i intelektualnih sposobnosti, zbog korelacijskih nacрта ne mogu dati odgovore na pitanja koliki je utjecaj gena na intelektualne sposobnosti. U drugom dijelu ovog poglavlja predstavljeni su rezultati istraživanja u kojima su istraživači pokušali precizno identificirati određene gene koji utječu na intelektualne sposobnosti. U ovim istraživanjima intelektualne sposobnosti mjerene su testovima

inteligencije kao što su Wechslerova skala inteligencije (WAIS) i Ravenove progresivne matrice ili se o inteligenciji zaključivalo indirektno, pomoću varijabli kao što je, na primjer, akademski uspjeh. Iz ovog dijela jasno je da je o utjecaju gena na inteligenciju vrlo teško zaključivati, s obzirom na pristup koji su istraživači koristili. Novije istraživačke spoznaje iz ovog područja jasno ukazuju na to da okolina na različite načine i u velikoj mjeri doprinosi inteligenciji, tako da je nemoguće jednostavno kvantitativno odrediti utjecaj genetičkih faktora na inteligenciju. Trenutni zahtjevi šire znanstvene zajednice, ali i javnosti koja se informiše o znanstvenim spoznajama preko popularnih znanstvenih i ostalih časopisa, podrazumijevaju jednostavne zaključke i identifikaciju gena koji su povezani sa različitim bolestima ili osobinama i sposobnostima. Rezultati istraživanja ne nude tako simplificirane zaključke i potrebno je mnogo više znanja da bismo shvatili i prihvatili činjenicu da nije moguće na taj način posmatrati osobinu kao što je inteligencija.

Niz teorija i istraživanja koje možemo svrstati pod biološke osnove intelektualnih sposobnosti pretpostavljao je da veličina mozga može biti značajan prediktor intelektualnih sposobnosti. Ove teorije i rezultati istraživanja opisani su u poglavlju *Psihofiziologija inteligencije*. Pitanje da li je prvenstveno veličina mozga, a onda i oblik mozga ili veličina pojedinih dijelova mozga, povezana sa intelektualnim sposobnostima potiče još od frenologa Galla i Spurzheima čija je teorija bila aktualna u prvim decenijama devetnaestog stoljeća. Frenolozi se nisu bavili intelektualnim sposobnostima onako kako se bave današnji istraživači, ali početna ideja je vrlo slična i pretpostavlja da je veličina mozga i/ili oblik i veličina pojedinih dijelova mozga u korelaciji s intelektualnim sposobnostima. I ovdje ćemo vidjeti da je tako postavljeno pitanje pretjerano simplificiranje složenih psiholoških osobina i sposobnosti kakve su intelektualne sposobnosti i da, kao što ne možemo napraviti jednostavan proračun o utjecaju genetičkih i okolinskih faktora, ne možemo imati ni jasnu sliku o fiziološkim faktorima inteligencije. Rezultati istraživanja koji se bave ovim problemom su vrlo različiti, ali se ipak može primijetiti trend pozitivne korelacije između veličine mozga i intelektualnih sposobnosti. Zamršenost i nedovoljna jasnoća ovog odnosa objašnjava se komplikovanim i raznovrsnim okolinskim utjecajima koji, od kulture do kulture, od pojedinca do pojedinca, različito i doprinose i objašnjavaju intelektualne sposobnosti.

U novijim istraživanjima, zasnovanim na tehnikama poput elektroencefalograma i slikovnih prikaza mozga, najčešće su, zbog svoje jednostavnosti, korišteni elementarni kognitivni

zadaci. Njihovom povezanošću s inteligencijom i dijelovima mozga koji se aktiviraju prilikom rješavanja ovih zadataka bavimo se u poglavlju „Elementarni kognitivni zadaci, testovi inteligencije i studije slikovnih prikaza mozga“. S razvojem tehnologije i otkrićem funkcijskih slikovnih prikaza mozga kao što su pozitronska emisijska tomografija (PET) i funkcijska magnetska rezonanca (fMR) dobili smo fantastičnu mogućnost da posmatramo aktivnost mozga tokom izvođenja različitih mentalnih aktivnosti. Čitav niz istraživanja urađen je s ciljem da se identificiraju dijelovi mozga koji su aktivni za vrijeme obavljanja različitih zadataka za koje pretpostavljamo da su mjera intelektualnih sposobnosti, kao što su elementarni kognitivni zadaci, ili za vrijeme rješavanja određenih testova inteligencije. Na temelju rezultata istraživanja u kojima su korišteni elementarni kognitivni zadaci prilikom snimanja aktivnosti mozga pomoću PET-a i/ili fMR-a zaključuje se o lokalizaciji intelektualnih sposobnosti. Korištenje elementarnih kognitivnih zadataka u ovim istraživanjima, te kasnije zaključivanje o lokalizaciji intelektualnih sposobnosti temelji se na rezultatima istraživanja u kojima je dobivena visoka pozitivna korelacija između rezultata ispitanika na elementarnim kognitivnim zadacima i/ili zadacima koji mjere radno pamćenje sa rezultatima na klasičnim testovima inteligencije kao što su Ravenove progresivne matrice. Korištenje elementarnih kognitivnih zadataka u istraživanjima gdje su korišteni slikovni prikazi mozga jednostavnije je zbog neophodnosti da zadatak koji ispitanici obavljaju za vrijeme snimanja pomoću, na primjer, PET-a ili fMR-a bude što jednostavniji. Problem s istraživanjima gdje su korišteni testovi kao što su Ravenove progresivne matrice ili WAIS i funkcijski slikovni prikazi mozga jeste taj što rješavanje ovih testova zahtijeva niz sposobnosti koje aktiviraju različite dijelove mozga, te je teško zaključiti koja je to aktivnost koja se javlja prilikom rješavanja testa inteligencije koja je aktivirala određenu lokaciju prilikom funkcijskog slikovnog prikazivanja. Ponovo imamo vrlo različite rezultate koji upravo dokazuju pretpostavku da inteligenciju ne možemo posmatrati kao jednu sposobnost i da njena definicija, kao i povezanost s funkcijom mozga, značajno ovisi o načinu na koji definiramo intelektualne sposobnosti, pa prema tome, onda, biramo testove ili zadatke koje ćemo koristiti u istraživanjima.

Aktivnost mozga prilikom rješavanja nekih zadataka, učinjena vidljivom pomoću slikovnih prikaza mozga, može nam pružiti informaciju o centrima određenih sposobnosti koje mjerimo. Međutim, i dalje se susrećemo sa slučajevima pacijenata kod kojih su centri za određene funkcije oštećeni, a da u kliničkoj slici kod njih nema vidljivih nedostataka. Opisani

su i slučajevi pacijenata kod kojih je s vremenom došlo do oporavka oštećenih intelektualnih i/ili nekih kognitivnih funkcija. Zbog toga su nam još uvijek važna klinička neuropsihološka istraživanja koja se bave poremećajem različitih funkcija nakon moždanih oštećenja. U poglavlju „Moždana oštećenja i inteligencija“ prikazani su rezultati istraživanja u kojima su procjenjivane intelektualne sposobnosti nakon moždanih oštećenja.

U posljednjem poglavlju „Uloga ishrane u razvoju inteligencije“ sumirani su rezultati sve većeg broja radova čiji je cilj istražiti i objasniti da li način ishrane i dodaci ishrani (kao što su vitamini i minerali) mogu utjecati na intelektualne sposobnosti kod ljudi. Sve se više ističe važnost ishrane na ishod različitih bolesti, zdravlje, kao i na određene psihološke osobine poput raspoloženja ili intelektualnih sposobnosti. Problem s ovakvim istraživanjima jeste taj što se ona posljednjih godina u ogromnom broju navode u različitim časopisima od kojih većina ne zadovoljava osnovne znanstvene kriterije. Stoga smo tekst u ovom poglavlju pokušali ograničiti na rezultate istraživanja objavljenih u časopisima s rigorozno postavljenim naučnim kriterijima kojima istraživanje mora udovoljiti.

2. Historijski osvrt i različite teorije inteligencije

Rasprave o konceptu inteligencije započeli su antički filozofi poput Sokrata, Aristotela i Platona. Pitanja na koja su pokušali dati odgovore ovi drevni filozofi, te objašnjenja i rasprave o inteligenciji korespondiraju današnjim. Tako je Sokrat pokušao odgovoriti na pitanje ko je najmudriji provjeravajući znanja drugih. Smatrao je da se pojedinci rađaju s različitim sposobnostima koje su većinom naslijeđene. Platon se pitao kakva je uloga osjeta kod inteligencije, te ju je opisivao kao blokove voska koji se razlikuju u veličini, čvrstoći, vlažnosti i čistoći. Smatrao je da će osobe čiji su blokovi voska pretjerano čvrsti ili mekani, muljeviti ili nečisti imati intelektualne nedostatke. U ovim Platonovim idejama nazire se pitanje individualnih razlika u inteligenciji koji su predmet izučavanja u savremenoj psihologiji.

Aristotel je opisao induktivno i deduktivno zaključivanje, te je davao veliku važnost općim sudovima. Smatrao je da je opće obilježje znanstvenog rada traženje univerzalnih zakona koji mogu objasniti brojne pojedinačne slučajeve (Gardner, Kornhaber i Wake, 1999).

U trinaestom stoljeću, Toma Akvinski navodi da su vještine razumijevanja kod inteligentnih ljudi općenitije i potpunije u odnosu na one kod manje inteligentnih ljudi. Ipak, čak i oni najinteligentniji ne mogu dostići nivo apsolutnog znanja koje posjeduje Bog. Ukratko, ova filozofska tumačenja imaju povijesnu i eksplanatornu vrijednost. Međutim, rigorozna nauka traži i dokaze za pretpostavke. Pomak u razvoju proučavanja inteligencije napravljen je pokušajima da se ovaj koncept učini mjerljivim ili testabilnim, te da se odgovori na pitanje što je u osnovi inteligencije. Odgovori na ovo pitanje rezultirali su, kao što će biti kasnije opisano, velikim brojem različitih modela i teorija inteligencije.

Mjerenje individualnih razlika započinje jednim interesantnim događajem koji se često spominje u udžbenicima psihologije i psihometrije, a koji se desio u zimu 1796. godine u zvjezdarnici Greenwich, Engleska. Naime, Nevil Maskelyne, 63-godišnji astronom, otpustio je 24-godišnjeg asistenta, Davida Kinnebrooka, zbog toga što su njegove procjene o vremenu prelaska zvijezde kroz meridijan sistematski kasnile za oko 800 milisekundi u odnosu na Maskelyneove procjene. Razlika od skoro 1 sekunde kontinuirano se ponavljala, iako je Kinnebrook bio upozoren da bude pažljiviji. Friedrich Bessel (1784–1846), poznati njemački

astronom, 1816. godine saznao je i zainteresovao se za ovaj slučaj. Zvučalo mu je interesantno da jedan mladi i sposobni astronom kontinuirano pravi grešku čak i nakon što je nekoliko puta na nju bio upozoren. Bessel je počeo proučavati razlike između sebe i ostalih iskusnih i treniranih astronoma, na osnovu čega je došao do koncepta „lična jednadžba“ kojom je pokušao ispraviti grešku koja se konstantno pojavljivala kod različitih astronoma a zbog, kako je zaključio, različite brzine perceptualnih i kognitivnih procesa kod različitih osoba. Do 1860-ih godina porastao je interes istraživača za razlike u vremenu reakcije između različitih pojedinaca. Razlike u vremenu reakcije, te povezanost između vremena reakcije i intelektualnih sposobnosti pitanje je koje još uvijek zanima znanstvenike i relevantno je za tekst koji slijedi.

Slika 1. Friedrich Bessel na njemačkoj poštanskoj markici



Wilhelm Wundt (1832–1920), osnivač prve laboratorije za eksperimentalnu psihologiju, 1879. godine bavio se mjerenjem vremena reakcije. Još jedan istraživač, holandski oftalmolog Franciscus (Franz) Donders (1818–1889), koristio je vrijeme reakcije kao metod proučavanja mentalnih procesa uključenih u doživljavanje, rasuđivanje i reagiranje. Osnovna ideja od koje

kreće Donders je da postoji jednostavno vrijeme reakcije koje je proučavao u zadacima u kojima ispitanik reagira pritiskom na taster kada se pojavi svjetlo. Drugi eksperiment je uključivao dva stimulusa (A i B), a zadatak ispitanika je da na jedan način reagira kada se pojavi stimulus A, a na drugi kada se pojavi stimulus B. Vrijeme reakcije se mjeri za oba stimulusa i ono je, u ovakvom uvjetu, duže u odnosu na vrijeme kada ispitanik reagira samo na jedan stimulus. Dakle, u prvom eksperimentu korišten je samo jedan stimulus, dok je u drugom korišten isti taj stimulus sa dodatkom novog stimulusa na koji je trebalo reagirati. Vrijeme reakcije je u drugom eksperimentu duže iako je riječ o reakciji na isti stimulus. Jedina razlika je da novi stimulus B, koji se pojavljuje kao nova mogućnost izbora, produžuje vrijeme reakcije na prvi stimulus. Jasan zaključak koji je Donders izveo je da zbog mogućnosti izbora dolazi do produženog vremena reakcije, a to vrijeme je moguće izmjeriti. Dondersovo istraživanje ide dalje. On pretpostavlja da bi ovo izborno vrijeme reakcije uključivalo dva koraka: diskriminaciju između dva stimulusa i izbor jednog nasuprot drugog stimulusa. Njegovo pitanje je bilo da li bi se vrijeme potrebno za prvi korak, tj. proces diskriminacije, moglo posebno mjeriti. Sljedeći eksperiment koji je konstruirao i proveo uključivao je nasumično prezentiranje četiri stimulusa – A, B, C i D, po nekoliko puta. Ispitanik treba reagirati samo na jedan stimulus, na primjer stimulus A, a ne na druge. Dakle, ispitanici trebaju razlikovati stimulus A od ovih drugih stimulusa prije nego što izaberu da li reagirati ili ne. Odgovarajućim računanjem, Donders je procjenjivao vrijeme potrebno za izbor, diskriminaciju i reakciju.

Wundt je preuzeo ovaj metod i, u strogim eksperimentalnim uvjetima, proveo mnogobrojne slične eksperimente.

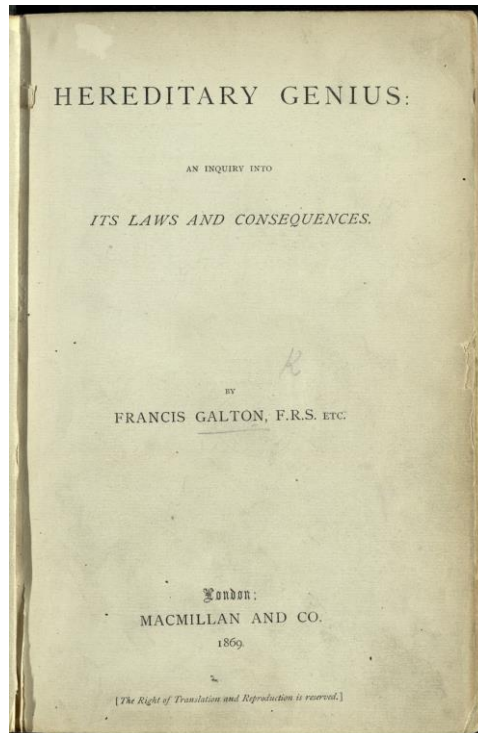
Slika 2. Wilhelm Wundt sa svojim saradnicima u prvoj psihološkoj laboratoriji



U svojim eksperimentima došao je do rezultata da je, čak i u najjednostavnijim eksperimentalnim uvjetima koji su uključivali vrijeme reakcije, postojala razlika s obzirom na to da li je ispitanik imao zadatak da se fokusira na stimulus i reagira odmah čim se stimulus pojavi ili na reakciju koja treba uslijediti nakon što se pojavi stimulus. Takav nalaz bio je prilično uvjerljiv dokaz za sve skeptike koji su sumnjali da se mentalni procesi mogu egzaktno mjeriti. Još od vremena Dondersa i Wundta, mjerenje vremena reakcije je važan dio mnogih istraživanja. Na primjer, mnogi neuropsihološki testovi koji se koriste u kliničkoj praksi, ali i u eksperimentalnim istraživanjima, kao važnu mjeru i varijablu uključuju vrijeme reakcije.

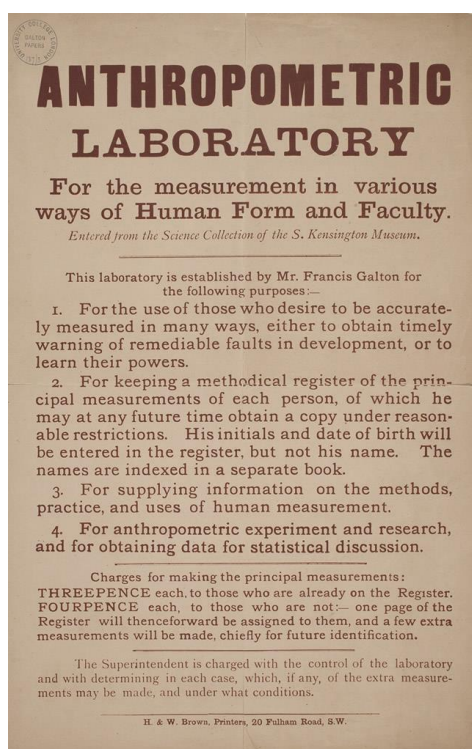
Francis Galton (1822–1911), rođak Charlesa Darwina, 1869. godine objavio je djelo „Nasljedna genijalnost“.

Slika 3. Prvo izdanje knjige „Nasljedna genijalnost“ iz 1869. godine



Pored fascinantnog broja različitih tema, Galton je prvi autor koji se sistematski bavio diferencijalnom psihologijom. U ovoj knjizi razmatra pitanje o nasljeđivanju sposobnosti. Galton je zastupao tezu da se ljudi međusobno razlikuju zbog sposobnosti koje su im date rođenjem, a koje se nasljeđuju, što ga je svrstalo među ekstremne nativiste. Pored mnogih zasluga koje mu se pripisuju u različitim područjima znanosti, važna su istraživanja koje je provodio gotovo opsesivno mjereći individualne razlike između ljudi s obzirom na mnogobrojne fizičke osobine i sposobnosti kao što su vid, sluh, viđenje boja, vrijeme reakcije, manualna snaga, kapacitet pluća, visina, težina. Mjerenja je vršio u Antropometrijskom laboratoriju otvorenom 1884. godine. Zanimljivo je da su ljudi za učešće u ispitivanju plaćali 3 penija (Slika 4).

Slika 4. Plakat za mjerenja u Galtonovom antropometrijskom laboratoriju



Galton je u oglasu objasnio ciljeve osnivanja antropometrijske laboratorije: „da služi onima koji se na različite načine žele precizno izmjeriti kako bi pravovremeno bili upozoreni na nepravilnosti u razvoju ili kako bi spoznali svoju snagu; da bi se vodio sistematski registar najvažnijih mjerenja svakog pojedinca gdje će se upisivati njegovi inicijali i datum rođenja (ne i puno ime i prezime što se upisuje u posebnu knjigu); da se prikupe informacije o metodama, postupcima i upotrebama mjerenja ljudi i da se provede antropometrijski eksperiment i istraživanje za statističku raspravu“.

Galton je smatrao da će proučavanjem individualnih razlika moći objasniti zašto su neki ljudi superiorniji u odnosu na druge. Mjerenje fizičkih karakteristika bazirao je na empirističkoj

ideji da cjelokupno znanje dolazi preko osjetila, na osnovu čega se može zaključiti da bi veći ili više inteligentni umovi trebali biti sposobniji i u senzornim sposobnostima ili u sposobnostima fine senzorne pohrane i diskriminacije.

Galtonova inovativna ideja bila je da primijeni metod belgijskog statističara Quetleta na rezultate mjerenja koje je dobio na velikom broju ispitanika, kako bi ih rangirao pomoću distribucije frekvencija raspoređenih na zvonolikoj krivulji. Takva krivulja grafički pokazuje da je učinak nekih ljudi lošiji, nekih bolji, ali da je većina negdje između, i to s obzirom na skoro sve sposobnosti koje je Galton mjerio. Takvu raspodjelu danas nazivamo normalna raspodjela, a Galton je i za inteligenciju tvrdio da slijedi zakon normalne raspodjele. Smatrao je da najveći broj ljudi ima približno prosječnu inteligenciju. Inteligenciju britanske muške populacije Galton je podijelio u 14 razreda. Sedam razreda je distribuirano od nešto iznad prosjeka pa do neobično visoke inteligencije (od razreda A do razreda G), a drugih sedam se kretalo od nešto ispod prosjeka do izuzetno niske inteligencije (od razreda *a* do razreda *g*). Galton je kasnije, prikupljajući podatke od samih ljudi, a ne iz biografskih podataka, utvrdio da ljudi koji su visoko inteligentni imaju djecu koja nisu toliko inteligentna. Tendencija da se ekstremna vrijednost koja postoji u jednoj generaciji u sljedećoj generaciji pomakne prema prosječnoj vrijednosti poznata je kao regresija prema prosjeku (Gardner, Kornhaber i Wake, 1999).

Još jedan sistematičan pokušaj da izmjeri razliku s obzirom na mentalne sposobnosti izvršio je James McKeen Cattell (1860–1944). U radovima koje je objavljivao uopće ne spominje riječ „inteligencija“, a test koji je koristio nazvao je „mentalni test“. Između 1883. i 1886. godine Cattell je objavio devet članaka u kojima se bavi vremenom reakcije i individualnim razlikama. Na studentima volonterima sa Univerziteta Pennsylvania primjenjivao je „mentalni test“ za koji je pretpostavio da mjeri osjete, najmanju razliku u težini, vrijeme reakcije, pamćenje. Cattell je smatrao da rezultati na njegovim testovima predstavljaju mjeru inteligencije. Međutim, 1901. godine, Clark Wissler, Cattellov učenik, pokazao je da ne postoji statistička povezanost između rezultata na Cattellovim testovima inteligencije i akademskog uspjeha.

Test je kasnije zamijenjen skalom koju je razvio još jedan poznati znanstvenik, veoma značajan za početak mjerenja intelektualnih sposobnosti, francuski biolog i psiholog Alfred Binet (1857–1911). Binet je eksperimentirao s mjerenjem različitih fizioloških mjera kao što

su veličina glave, karakteristike pojedinih dijelova lica, stil rukopisa i pokušavao je, kao i istraživači prije njega, utvrditi njihovu vezu s određenim mentalnim sposobnostima. Njegov zaključak je bio da ove mjere nisu u korelaciji i da fiziološke karakteristike nisu adekvatne za procjenu mentalnih sposobnosti kod ljudi. Prekretnica u ovim istraživanjima, ali i mjerenju inteligencije u psihologiji, dogodila se 1904. godine kada je francuska vlada angažirala stručno udruženje za dječiju psihologiju da napravi test kojim bi se, na brz i ekonomičan način, mogla identificirati djeca s ispodprosječnim intelektualnim sposobnostima kako bi se ona onda uključila u specijalne oblike nastave. Binet je bio skeptičan prema načinima na koje su u to vrijeme mjerene sposobnosti. Smatrao je da je suviše jednostavno pretpostaviti da se funkcija kao što je inteligencija može svesti na jednostavne senzorne funkcije ili vrijeme reakcije.

Opservacije svoje mlađe kćerke uvjerile su ga da su djeca jednako dobra kao i odrasli u jednostavnom senzornom diskriminiranju i da, iako njihovo prosječno vrijeme reakcije može biti produženo u odnosu na vrijeme zabilježeno kod odrasle osobe, to nije zbog toga što oni nisu u stanju brzo odgovoriti, nego zato što djeca, vjerovatno zbog pada pažnje, povremeno reagiraju veoma sporo. Za Bineta, inteligencija se sastoji iz više različitih sposobnosti i ovisi o različitim višim psihološkim funkcijama kao što su pažnja, pamćenje, imaginacija, razum, prosudbe i apstrakcija (Mackintosh, 2011). Još tada Binet naglašava čak i važnije funkcije kao što je uspješno suočavanje sa zahtjevima svijeta u kojem živimo, pa bi najbolji test za mjerenje inteligencije kod djece trebao uključivati zadatke na kojima će ona pokazati da su sposobna suočiti se sa svakodnevnim problemima (na primjer, da li su sposobna pratiti bazične instrukcije kao što je da pokažu gdje je nos ili gdje su usta? Da li razumiju razliku između jutra i poslijepodneva? Da li mogu prebrojati neke oblike na zadatoj površini ili nabrojati mjeseci u godini?).

Binetov značajan kritički doprinos mjerenju inteligencije je pretpostavka da bi dobra razvojna mjera intelektualnih sposobnosti za djecu bili zadaci ili zahtjevi koji su lakši za stariju djecu, u odnosu na mlađu djecu za koju su takvi zadaci teški ili nerješivi. Ovo je bilo posebno važno za glavni Binetov zadatak, a koji se odnosio na identifikaciju djece koja su umjereno ili možda značajno sniženih intelektualnih sposobnosti. Razlika između „normalnog“ i „retardiranog“ djeteta definirana je situacijom kada starije dijete nije u mogućnosti da uradi zadatke koje je uspješno riješilo dijete mlađeg uzrasta. Validnost pojedinog zadatka koji je

mjera inteligencije kod šestogodišnjaka, na primjer, značila bi da ga zna riješiti većina djece te dobi, skoro svi osmogodišnjaci, a vrlo mali broj četverogodišnjaka. Na osnovu ovih pretpostavki i zapažanja, Binet i njegov suradnik Simon konstruirali su seriju različitih testova čiji zadaci su bili različite težine, najlakši za četverogodišnjake, nešto teži za šestogodišnjake, još teži za osmogodišnjake i najteži za desetogodišnjake. Dakle, šestogodišnjak bez poteškoća će vjerovatno tačno odgovoriti na sva pitanja namijenjena četverogodišnjacima, ali samo jedno ili dva pitanja namijenjena osmogodišnjacima. Tek kasnije, prilikom revizije testa, bilo je moguće pripisati neki precizan skor (mentalna dob) nekom određenom djetetu.

Slika 5. Binet i Simon u svom laboratoriju 1909. godine



Međutim, ideja o računanju kvocijenta inteligencije (KI) potiče od Williama Sterna. Ovaj njemački psiholog smatrao je da se djeca iste hronološke dobi mogu uspoređivati s obzirom na njihovu mentalnu dob. Također je primijetio da slična odstupanja između hronološke i mentalne dobi kod djece različite hronološke dobi imaju različito značenje. Dakle, nije isto kada dijete koje ima 10 godina ima mentalnu dob od 8 godina u odnosu na situaciju kada dijete koje ima 8 godina ima mentalnu dob od 6 godina. Zbog toga je Stern 1912. godine predložio formulu za računanje kvocijenta inteligencije i to tako da se mentalna dob podijeli sa hronološkom i pomnoži sa 100. Ovakav način računanja kvocijenta inteligencije primjeren je jedino kod djece kod koje su intelektualne sposobnosti još u razvoju. Međutim, jednom izrečen broj koji bi značio kvantificiranje intelektualnih sposobnosti pokrenuo je čitav niz istraživanja u kojima se inteligencija na neki način materijalizirala. Kako navode Gardner et

al. (1999: 66): „kad se (inteligencija) materijalizirala, počela je više ličiti na osobinu koja se može uzgajati, poput visine kod konja ili težine kod svinja“. Naravno da svako razlikovanje ljudi na ovaj način neizbježno vodi i određenoj vrsti podjele u određene grupe. Kao rezultat toga danas imamo npr. udruženje Mensa koje je na stranici Wikipedia opisano kao: „Mensa (lat. *mensa* - sto)¹ je najstarije i najveće međunarodno udruženje visokointeligentnih pojedinaca. Osnovni i jedini uvjet za priključenje jeste da se poseduje količnik inteligencije viši od 133 po Binetovoj odnosno 148 po Cattellovoj skali“. Upravo je Binet ulagao napor da izbjegne bilo kakvo precizno kvantificiranje inteligencije djeteta, što vjerovatno potiče od njegovih zapažanja da različita djeca mogu imati potpuno isti broj tačno riješenih pitanja, ali prilično različite obrasce tačnih i netačnih odgovora. To je i jedan od razloga zbog kojih je Binet zagovarao da inteligencija uključuje veći broj više ili manje nezavisnih sposobnosti. Binetovo mjerenje sposobnosti imalo je za cilj razvijanje boljih obrazovnih politika, a ne podjelu na osnovu broja u nekoj profitabilnoj organizaciji. Binet je vjerovao da obrazovanje i školovanje može utjecati na povećanje sposobnosti mentalno zaostale djece. Nikada nije vjerovao da je inteligencija nepromjenljiva, niti je tvrdio da je inteligencija nasljedna i vjerovatno bi bio duboko razočaran činjenicom da uopće postoji organizacija kao što je Mensa i da koristi test inteligencije koji je on razvio i dodjeljuje brojeve na osnovu kojih uvjetuje članstvo u organizaciji.

Gardner et al. (1999) navode primjere zadataka iz Binet-Simonove ljestvice za mjerenje inteligencije iz 1911. godine iz kojih se vidi kako su Binet i Simon organizirali testovna pitanja u stupnjevine razine teškoće za djecu različite dobi, što je navedeno u Tabeli 1.

¹ Riječ mensa potiče od latinske riječi *mens* što znači um, ali, zapravo, autori su morali da preformulišu naziv jer se već jedan časopis zvao Mens. Aludirajući na mens, autori su udruženje nazvali Mensa kao sto oko kojeg se okupljaju umni ljudi.

Tabela 1. Primjeri zadataka iz „Ljestvice za mjerenje inteligencije“ Bineta i Simona iz 1911. godine
(prilagođeno iz Gardner et al., 1999).

Četiri godine

Imenovati ključ, nož, novčić
Ponoviti tri broja
Usporediti (dužinu) dvije crte

Šest godina

Razlikovati jutro i večer
Precrtati romb
Prebrojati trinaest novčića

Osam godina

Usporediti dva predmeta po sjećanju
Brojiti od dvadeset do nule
Ponoviti pet brojeva

Deset godina

Poredati pet utega od najlakšeg do najtežeg
Precrtati crtež po sjećanju
Staviti tri riječi (npr. Pariz, sreća i rijeka)
u dvije rečenice

Dvanaest godina

U tri minute izreći više od šezdeset riječi
Definirati tri apstraktne riječi
Razumjeti pobrkanu rečenicu

Prilagodbu testa za američku populaciju uradio je američki psiholog Lewis M. Terman sa Univerziteta Stanford, zbog čega se američka verzija testa naziva „Stanford-Binet“ test inteligencije. Terman je pažljivo preveo, ali i prilagodio Binetov test inteligencije čime je istakao važnost da se test napravljen u jednoj kulturu prilagodi za uvjete druge kulture. Također, Terman je proveo standardizaciju testa na velikom broju američke djece i adolescenata.

Ulazak Sjedinjenih Američkih Država u Prvi svjetski rat 1917. godine rezultirao je potrebom da se procijene sposobnosti velikog broja regruta kako bi se kasnije mogli rasporediti u

novake i oficire. Jedan od Termanovih studenata, Arthur Otis, sudjelovao je u razvoju testa inteligencije koji se mogao primijeniti grupno i čiji je verbalni sadržaj sličan kao u zadacima iz Stanford-Binetovog testa (Flanagan i Kaufman, 2012). Tako su razvijeni testovi:

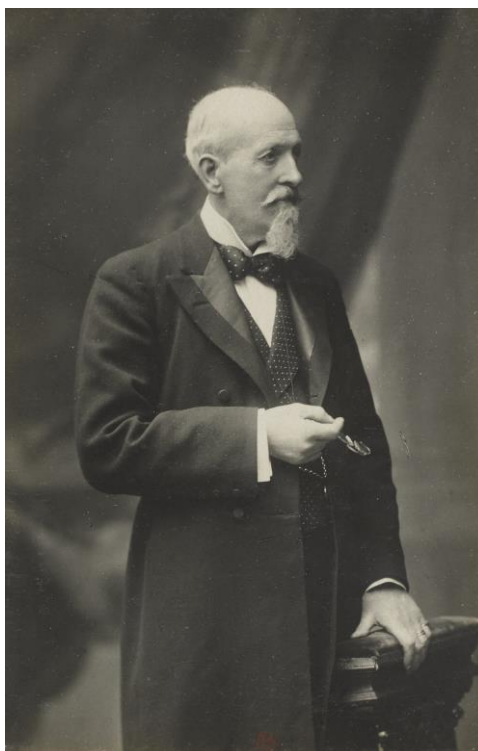
- a) Vojni alfa (engl. *Army Alpha*) verbalni test inteligencije
- b) Vojni beta (engl. *Army Beta*) neverbalni test inteligencije, primjenjiv za imigrante koji su slabije govorili engleski jezik i
- c) Vojni izvedbeni test (engl. *Army Performance Scale Examination*), za individualnu primjenu u situacijama kada nije bilo moguće provesti testiranje grupnom primjenom.

2.1. Faktorske teorije inteligencije

Charles Spearman (1863–1945), engleski vojni inženjer, a kasnije i psiholog, jedan je od najznačajnijih autora koji su se bavili pojmom inteligencije. Spearman je veliko ime eksperimentalne psihologije i psihologije uopće. Njegove ideje i istraživanja i danas imaju ogroman utjecaj na autore koji se bave inteligencijom. Spearman je provodio vrlo kreativno osmišljene i originalne eksperimente, a podatke koje je dobio analizirao je na jedan novi način koji je postao osnova za razvoj modernih statističkih analiza. Zahvaljujući njegovom doprinosu u razvoju postupka korelacije danas tako često koristimo *Spearmanov koeficijent korelacije*.

Spearman je 1904. godine testirao djecu u jednoj seoskoj školi. Prethodno je prikupio podatke o tome koliko su djeca „pametna“ na osnovu mišljenja učitelja i „bistra i zdravog razuma izvan škole“ na osnovu mišljenja dvoje starije djece koja su poznavala testiranu djecu. Također je mjerio njihov učinak na tri senzorna zadatka. Senzorni zadaci su uključivali elementarnu senzornu diskriminaciju kao, na primjer, sposobnost da se razlikuju dva tona, dvije težine ili dvije nijanse sive. Spearman je utvrdio umjerenu pozitivnu korelaciju između svih mjera: prosječna korelacija između tri mjere inteligencije bila je .55; ona između tri senzorne mjere bila je .25, te korelacija između inteligencije i senzornih mjera iznosila je .38.

Slika 6. Charles Spearman, engleski vojni inženjer i psiholog



U jednoj drugoj školi, Spearman je proveo nešto objektivnija mjerenja akademskog uspjeha. Svako dijete je dobilo rang iz četiri različita predmeta, kao i mjere diskriminacije tonova i muzičkih sposobnosti koje je procijenio nastavnik muzičkog obrazovanja. Uvažio je i Binetova zapažanja o važnosti uzrasta djece prilagođavajući rang djeteta u školi djetetovim godinama. Iz korelacione matrice koja je dobivena između ovih šest mjera (Tabela 2) može se vidjeti određena „hijerarhija“, s jednom malom iznimkom. Korelacije su, idući prema donjem i desnom dijelu tabele, sve manje. Spearman je ove rezultate objasnio dvofaktorskom teorijom inteligencije: svaki test mjeri neki specifični faktor, ali isto tako, u većoj ili manjoj mjeri, postoji jedan generalni faktor zajednički za sve ove testove. Ovaj generalni faktor Spearman naziva *g* faktor (generalna inteligencija) i objašnjava zašto sve mjere koreliraju jedna s drugom.

Tabela 2. Korelacije koje je dobio Spearman između šest različitih mjera školskog uspjeha i muzičkih sposobnosti.

	Klasični jezici	Francuski	Engleski	Matematika	Razlikovanje tonova	Muzičko obrazovanje
Klasični jezici	-					
Francuski	.83	-				
Engleski	.78	.67	-			
Matematika	.70	.67	.64	-		
Razlikovanje tonova	.66	.65	.54	.45	-	
Muzičko obrazovanje	.63	.57	.51	.51	.40	-

Tabela prilagođena iz: „History of theories and measurement of intelligence“. R.J. Sternberg i S.B. Kaufman (Ed.), *The Cambridge Handbook of Intelligence*, Mackintosh.

U okviru svoje dvofaktorske teorije inteligencije, Spearman je smatrao da je bilo koja kognitivna aktivnost funkcija dvaju faktora: generalnog (g – generalna ili opća inteligencija) i specifičnog (s – specifični faktor ili specifična inteligencija) i bilo koji test inteligencije koji ima dovoljno veliki broj različitih pitanja mjeri g faktor inteligencije. Prema Spearmanu, osnove za generalnu inteligenciju su shvatanje vlastitog iskustva, shvatanje veza ili relacija i korelata. Kasnije je sam Spearman napustio termin generalna inteligencija i počeo koristiti generalni faktor ili samo g (faktor). Ljudi će se razlikovati s obzirom na g faktor inteligencije i isto tako s obzirom na jedan ili više *specifičnih* ili s faktora: individualne vještine, talenti ili drugi faktori specifični za određenu sposobnost koju mjerimo, kao što su pamćenje ili

umjetničke sposobnosti. Ako, na primjer, mjerimo nečiju sposobnost pamćenja pozicija u šahu, ta sposobnost će djelomično biti odraz g faktora, a djelomično odraz s ili specifičnih sposobnosti koje će dijelom biti odraz poznavanja i iskustva u igranju šaha. Osobe koje mogu postići isti rezultat na tom testu mogu imati različit udio g , odnosno, s faktora.

Također, Spearman smatra da je g povezan s cijelim cortexom, tj. on je neurološki utemeljen. Ističe važnost uviđanja veza između na prvi pogled udaljenih jedinica, što je osnova analogijskog rezoniranja, a što je bila osnova za razvoj Ravenovih progresivnih matrica. Prema Spearmanu, brzina procesiranja je osnova g faktora inteligencije, ideja koju i neke novije teorije inteligencije zastupaju, o čemu će kasnije biti riječi. Mnogi su prigovori upućeni Spearmanovoj teoriji, a mogu se svesti na dva pitanja: da li zaista postoji g faktor i koliki je broj faktora koji predstavljaju inteligenciju? Korištenjem faktorske analize, mnogi istraživači nakon Spearmana su dobili različit broj faktora, ali i različitu organizaciju faktora ekstrahiranih faktorskom analizom. Istraživači se uglavnom slažu da postoje grupni faktori povezani s određenim skupinama testova. Faktori povezani s testovima rječnika, razumijevanja pročitano i testovima antonima i sinonima mogu se grupirati i nazvati verbalni ili jezični faktor, dok bi se faktori povezani s testovima koji zahtijevaju od ljudi da rotiraju različite likove u prostoru, da zamisle kako bi izgledao ravan komad papira kad se presavije duž određenih crta i da prepoznaju predmete na temelju njihovih djelimičnih prikaza mogli grupirati i nazvati mentalnom vizualizacijom ili spacijalnim faktorom (Gardner et al., 1999).

Godfrey Thomson (1916), engleski edukacijski psiholog, zastupa tezu da, umjesto mentalne energije, g faktor se sastoji od mnogih različitih intelektualnih sposobnosti, ali i od vještina i motivacije, koji djeluju simultano kada osobe rješavaju neki mentalni test. Može se činiti da sposobnost da se vozi automobil predstavlja jednu vještinu. Ali, samo zahvaljujući višestrukim vještinama koje djeluju zajedno može se uspješno izvoditi jedna takva operacija kao što je vožnja automobila.

Jedna od najpoznatijih teorija koja se temelji na faktorskoj analizi je ona Louisa L. Thurstonea. Thurstone opisuje sposobnosti koje naziva primarnim mentalnim sposobnostima. Na osnovu rezultata istraživanja na 240 studenata, koristeći faktorsko-analitičke metode, Thurstone zaključuje da postoji sedam nezavisnih primarnih mentalnih sposobnosti: (1) verbalno razumijevanje (sposobnost shvaćanja verbalnih informacija), (2) verbalna fluentnost (sposobnost brzog proizvođenja verbalnog sadržaja), (3) računanje (sposobnost brzog

računanja i rješavanja problemskih aritmetičkih zadataka), (4) pamćenje (sposobnost pamćenja različitih vrsta sadržaja kao što su slova, riječi, brojevi i slike), (5) perceptivna brzina (brzina kojom se prepoznaju slova, brojevi i predmeti), (6) induktivno zaključivanje (shvaćanje općih ideja iz pojedinačnih slučajeva) i (7) prostorno predočavanje (sposobnost rotiranja predmeta, rješavanja vizualnih problema i predočavanja različitih likova) (Thurstone i Thurstone, 1941, prema Gardner et al., 1999).

J.P. Guilford u svojoj teoriji pretpostavlja postojanje 120 zasebnih faktora. Guilford je te faktore smjestio u tri dimenzije ili „kategorije“ predloživši četiri vrste sadržaja na kojima djeluje pet vrsta operacija i još šest vrsta produkata u kojima se pojavljuju informacije. Umnožak broja faktora u svakoj kategoriji rezultira sa pretpostavljenih 120 nezavisnih sposobnosti ili čak, kako kasnije sam navodi, 150 nezavisnih faktora.

Thurstoneov i Guilfordov model inteligencije temelji se na faktorskoj analizi i nehijerarhijski je. Istraživači kao što su P.E. Vernon, R.B. Cattell, J. Horn, J.E. Gustafsson i J. Carroll također su koristili faktorsku analizu za izvođenje faktora inteligencije, ali su zastupali tezu o hijerarhijskoj strukturi grupnih faktora inteligencije. U hijerarhijskim modelima uključen je *g* faktor i on objašnjava dio varijance u svim testovima. Grupni faktori objašnjavaju varijancu određenih testova, ali ne svih (Gardner et al., 1999).

U hijerarhijskoj teoriji inteligencije Vernon obuhvaća dva glavna grupna faktora: faktor *v:ed*, ekstrahiran iz grupe testova koji su povezani sa verbalnim funkcijama, i faktor *k:m*, povezan sa funkcijama mentalne rotacije i mehaničkih sposobnosti. Ispod ova dva glavna grupna faktora nalaze se manji grupni faktori kao što su verbalne i numeričke sposobnosti, te specijalne i manualne sposobnosti. Na nižoj razini nalaze se specifični faktori dobiveni iz pojedinačnih testova.

Šezdesetih godina prošlog stoljeća, Horn i Cattell predlažu hijerarhijsku teoriju s dva široka faktora: fluidna sposobnost – *Gf* i kristalizirana sposobnost – *Gc*. Ostala tri faktora „drugog reda“ su: opća vizualizacija – *Gv* (uključuje figuralno utemeljeno rješavanje problema); opća fluentnost – *Gr* (prepoznavanje i prisjećanje naziva za kulturalne pojmove) i opća brzina – *Gs* (brzina bavljenja problemima prikazanim riječima, brojevima ili slikama).

Cattell je smatrao da testovi nizanja i klasifikacije i analogije mjere fluidne sposobnosti iako *g* onako kako ga je Spearman opisivao ne postoji u ovom modelu. Također, prema Cattellu,

testovima u kojima su bilo kakvi verbalni ili slikovni sadržaji potpuno poznati, i zbog toga zahtijevaju jedino otkrivanje odnosa među njima, ispitujemo fluidnu sposobnost. Za Gf se smatra da mjeri biološki utemeljenu sposobnost mišljenja, a Gc bi bila kristalizirana sposobnost i odnosi se na različite vještine i znanja koja se stiču u određenoj kulturi (testovi numeričkih sposobnosti, mehaničkih informacija i vještina i testovi rječnika). Prema Cattellovoj teoriji ulaganja, sposobnosti kristalizirane inteligencije dijelom ovise o ulaganju fluidne inteligencije u učenje unutar određene kulture. U velikim uzorcima mlađih ispitanika koji potiču iz iste ili slične kulture, rezultati na testovima fluidne i kristalizirane inteligencije će visoko korelirati. Cattellova ideja je da ljudi sa višom fluidnom inteligencijom imaju tendenciju da nauče više i bolje i iskoriste priliku za obrazovanje i edukaciju. Kada mjerimo kristaliziranu inteligenciju, mi ne mjerimo kakva je osoba *sada* nego kakva je bila u vrijeme kada je usvajala određena znanja. Jednom naučena informacija spada u znanje koje je kristalizirano u smislu da, na primjer, riječ koju smo jednom naučili spada u relativno stabilno znanje dostupno tokom cijelog života osobe. Razlikovanje fluidne i kristalizirane inteligencije važno je zbog nekoliko razloga. Jedan je da ove dvije mjere pokazuju visoku korelaciju samo u slučajevima kada su obrazovne i kulturološke varijable konstantne u populaciji koju ispitujemo. Ako ove varijable variraju, što je često slučaj, razlike u kristaliziranim sposobnostima će dijelom ovisiti o različitim mogućnostima koje osobe koje testiramo imaju (ili su imale). Nadalje, kao mjera trenutnih sposobnosti, fluidna inteligencija je veoma osjetljiva na promjene. Promjena koja je najviše uočljiva je ona koja se pojavljuje zbog starenja. Od tinejdžerskog doba naša fluidna inteligencija počinje opadati. Ista osoba rješava sve manje zadataka na, na primjer, Ravenovim progresivnim matricama, dok u sedamdesetim godinama samo neki od ispitanika mogu postići skor prosječan za ispitanike u mlađim godinama (Duncan, 2010). Takvo smanjenje rezultata nije tipično za verbalne sposobnosti. Ako su u istraživanje uključeni i mlađi i stariji ispitanici, rezultati na fluidnim i kristaliziranim sposobnostima će manje korelirati. Kako se povećava prosječna starost ispitanika, rezultati na ovim testovima će biti sve više različiti.

Švedski psihometričar Gustafsson ponudio je hijerarhijski model na čijem se vrhu nalazi *g* faktor, sa tri široka faktora (Gv, Gf, Gc) ispod njega. Prema Gustafssonu, Gf je isto što i *g*, Gc je uža sposobnost u odnosu na mišljenje Cattella i Horna, a Gv je faktor koji ima opterećenja na testovima koji obuhvaćaju figuralno rješavanje problema (Kvist i Gustafsson, 2007).

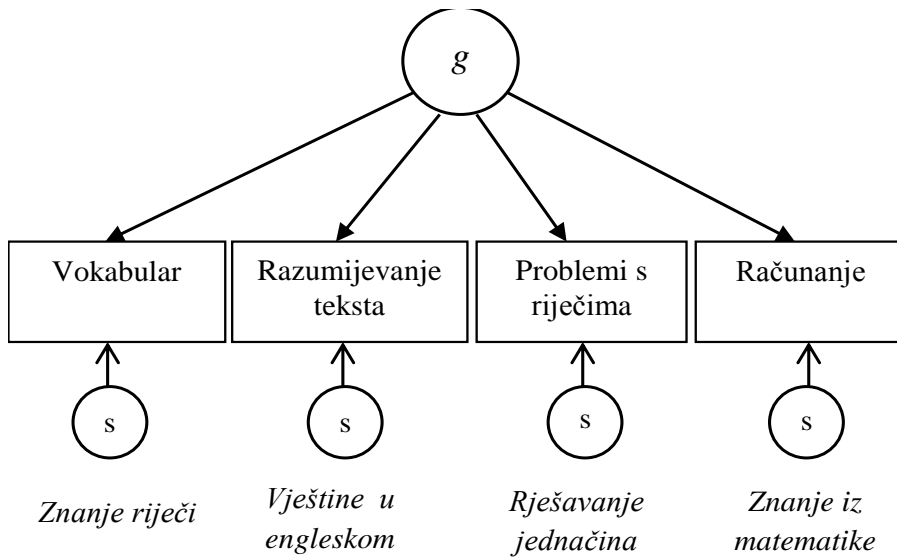
Jednakost g i Gf empirijski je dokazana u istraživanjima u kojima je pronađena visoka povezanost između g faktora višeg reda Gf faktora.

Carroll predlaže „troslojnu“ teoriju ili model Carroll-Horn-Catell (CHC) koji uključuje faktore na tri razine (Kvist i Gustafsson, 2007). Na najnižem nivou (stratum I) nalazi se oko 60 užih faktora od kojih mnogi korespondiraju sa faktorima koje su prethodno identificirali Thurstone, Guilford i ostali istraživači. Na drugom nivou (stratum II) identificirano je 10 širih faktora, od kojih su neki posebno važni. Prvi je fluidna inteligencija (Gf) definirana kao kapacitet rješavanja novih, kompleksnih problema koristeći operacije kao što su induktivno i deduktivno zaključivanje, formiranje koncepata i klasifikacija. Drugi faktor je kristalizirana inteligencija (Gc) koja predstavlja individualne razlike u znanju jezika, količini informacija i koncepata formiranih pod utjecajem kulture. Stiče se kroz edukaciju i iskustvo i primarno odražava verbalno i deklarativno znanje te vještine. Opća vizualna percepcija (Gv) je sposobnost generiranja, pohranjivanja, prisjećanja i transformacije vizualnih slika. Još jedan važan faktor je brzina kognitivnog procesiranja (Gs) koja predstavlja sposobnost da se fluentno obave relativno laki i poznati zadaci, posebno kada je potrebno usmjeriti pažnju. Ostali faktori su: kvantitativno znanje (engl. *quantitative knowledge* – Gq), sposobnost čitanja i pisanja (engl. *reading & writing ability* – Grw), kratkoročno pamćenje (engl. *short-term memory* – Gsm), dugoročno skladištenje i prisjećanje (engl. *long-term storage and retrieval* – Glr), auditorno procesiranje (engl. *auditory processing* – Ga) i odlučivanje/vrijeme reakcije/brzina (engl. *decision/reaction time/Speed* – Gt). Treći nivo ili stratum modela CHC je faktor generalne inteligencije (g). Ovaj faktor najviše je povezan sa zadacima kompleksnog rasuđivanja, dok je nešto manje povezan s faktorima koji su unutar drugog stratuma, a koji uključuju jednostavnije zadatke.

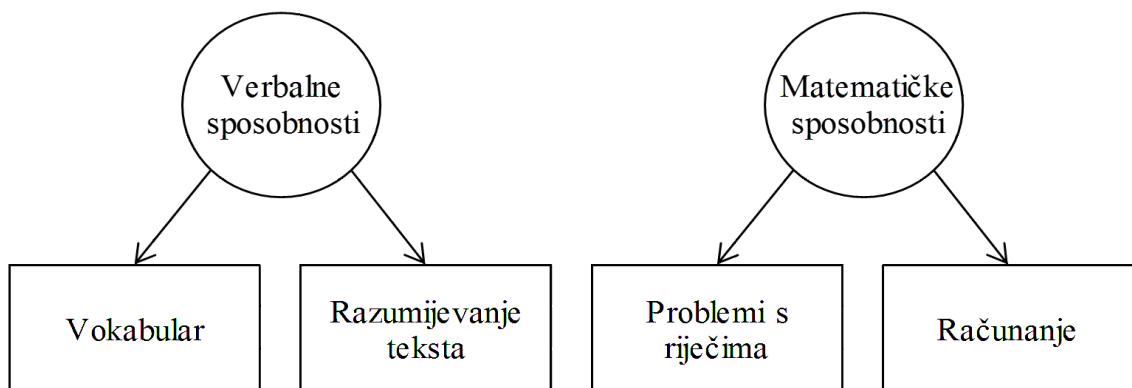
Faktorske teorije inteligencije grafički su prikazane na Slici 7.

Slika 7. Faktorske teorije inteligencije (prilagođeno iz: Cianciolo i Sternberg, 2008 i Gardner et al., 1999)

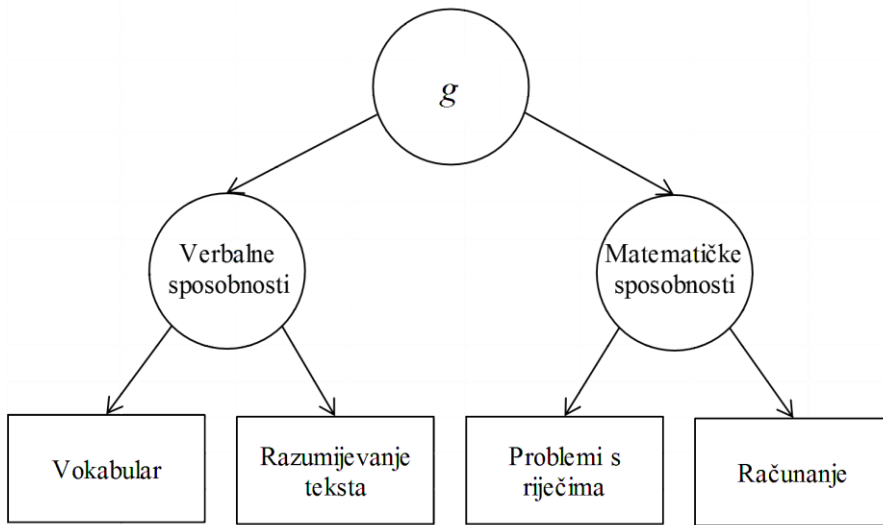
Spearmanova dvofaktorska teorija



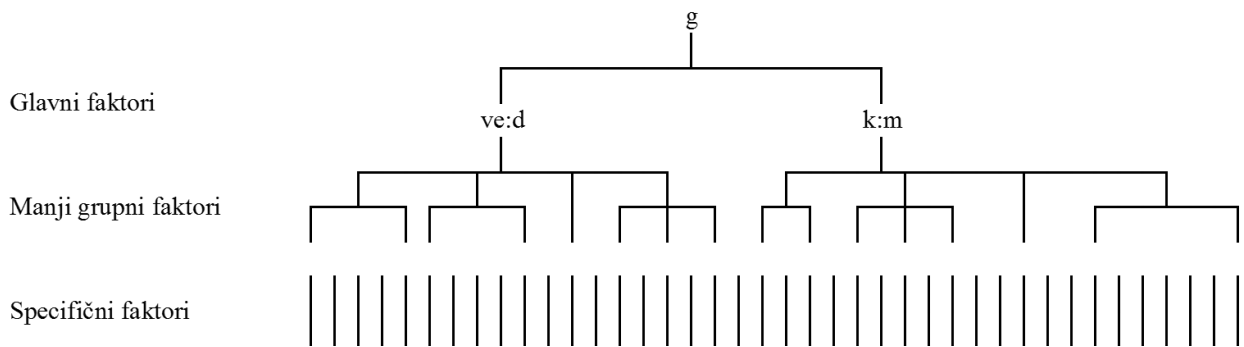
Teorije multiplih faktora



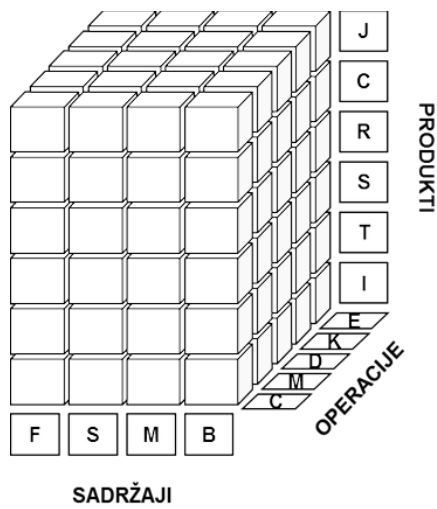
Hijerarhijske teorije



Vernonova teorija grupnih faktora



Guilfordov model strukture intelekta



2.2. Luria i PASS teorija inteligencije

Jedan od prvih autora za koje možemo reći da se bavio neuropsihologijom inteligencije je ruski psiholog Alexandar Luria (1902–1977). Luria je vjerovao da je mozak visoko diferenciran sistem čiji dijelovi su odgovorni za različite funkcije. Odvojene kortikalne regije, djelujući zajedno, proizvode misli i akcije. Poznati članak iz 1970. godine Luria započinje riječima: „Funkcionalna organizacija ljudskog mozga je problem daleko od riješenog“ (Luria, 1970: 66). Čak i uz svu tehnologiju prisutnu danas i sve rezultate istraživanja, koja su neminovno riješila mnoga pitanja, sličnom rečenicom još uvijek možemo početi tekst o funkcionalnoj organizaciji mozga.

Luria je pretpostavljao da mozak čovjeka čine tri glavne funkcionalne jedinice. Prva, jedinica uzbuđenja, kako ju je Luria nazvao, uključuje strukture moždanog stabla i srednjeg mozga. U ovu jedinicu spadaju: *medulla*, retikularni aktivirajući sistem, *pons*, *thalamus* i *hypothalamus*. Ova jedinica omogućuje određeni nivo uzbuđenja i odgovorna je za fokusiranje i zadržavanje pažnje. U slučaju da je osobi prezentiran niz multidimenzionalnih stimulusa, a zadatak je da se obrati pažnja samo na jedan, inhibicija odgovora na ostale stimulse i pomjeranje i usmjeravanje pažnje na ciljani stimulus ovisi o ovoj funkcionalnoj jedinici. Prema Luriji, potreban je optimalni nivo uzbuđenja prije ispoljavanja kompleksnijih formi pažnje koje uključuju selektivno prepoznavanje određenog stimulusa i inhibiciju irelevantnog ili irelevantnih stimulusa.

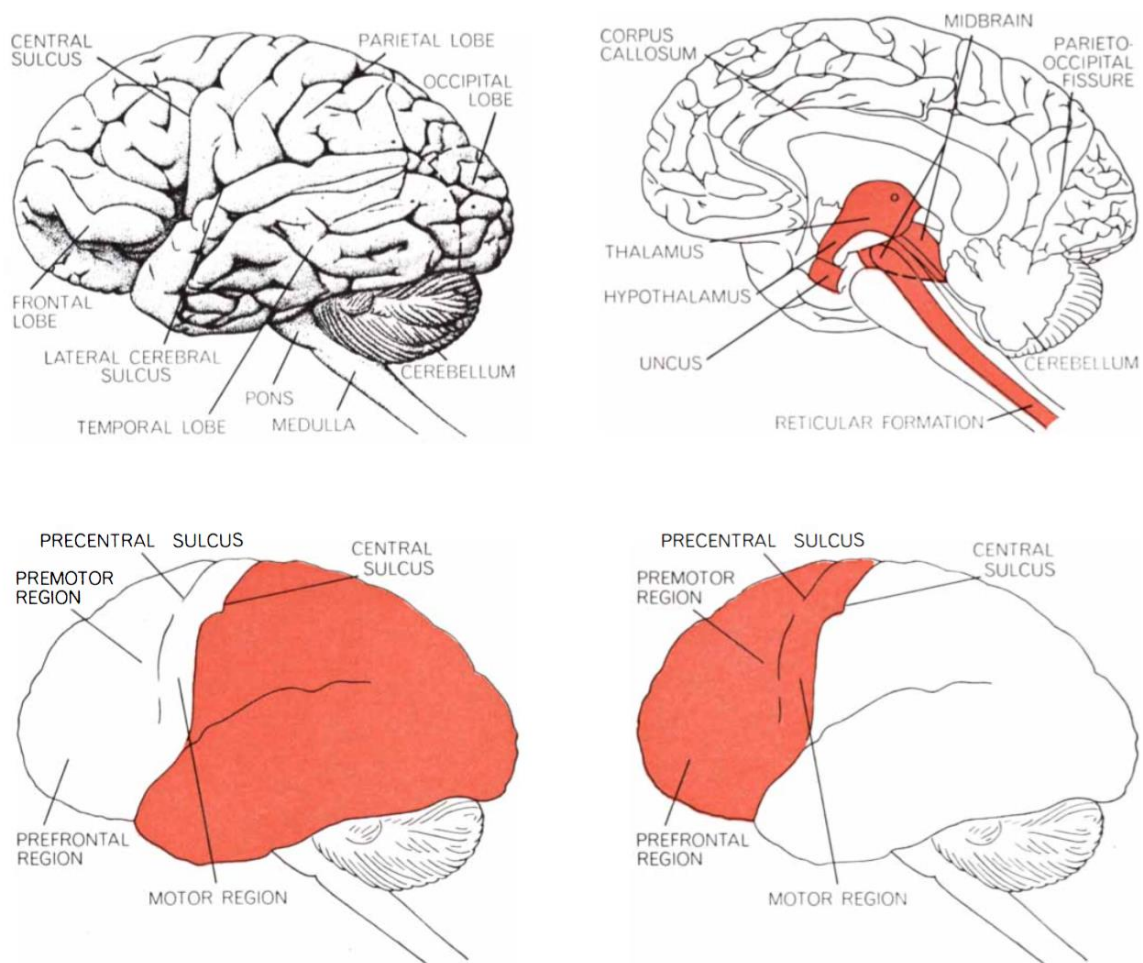
Druga jedinica mozga je jedinica senzornih inputa, koja uključuje temporalni, parijetalni i okcipitalni lobus i ona prima i pohranjuje informacije procesirajući ih i simultano i sukcesivno. Simultano procesiranje uključuje integriranje stimulusa u grupe tako da se razumiju međusobni odnosi unutar različitih komponenti. Sukcesivno procesiranje uključeno je u zasebnu interpretaciju svake informacije. Na primjer, sukcesivno procesiranje uključeno je u dekodiranje riječi koje ne razumijemo, produkciju sintaksičkih aspekata jezika i artikulaciju govora. Simultano procesiranje uključivalo bi integraciju različitih elemenata u grupe.

Treća funkcionalna jedinica povezana je s prefrontalnim dijelovima frontalnog lobusa u mozgu. Prema Luriji, frontalni lobus sintetizira informacije iz vanjskog svijeta. Uključen je u

funkcije programiranja, regulacije i verifikacije ponašanja i odgovoran je za ponašanja kao što su postavljanje pitanja, rješavanje problema i nadgledanje vlastitog ponašanja i akcija. Treća funkcionalna jedinica uključuje i funkcije kao što su regulacija voljnih aktivnosti, svjesna kontrola impulsa i različite lingvističke vještine kao što je spontana konverzacija. Ova jedinica odgovorna je za najkompleksnije forme ljudskog ponašanja uključujući ličnost i svijest. Sadrži sve strukture anteriorno od centralnog sulka.

Ovakva organizacija mozga u funkcionalne jedinice opovrgava teorije o strogoj lokalizaciji funkcija i pretpostavlja postojanje određenih zona cortexa mozga organiziranih u kompleksne funkcionalne sisteme odgovorne za izvođenje kompleksnih mentalnih aktivnosti. Kompleksne mentalne aktivnosti mijenjaju se kroz različite stadije razvoja, a ovise o vezama između funkcionalnih jedinica i kompleksnih sistema koji, zajedničkom aktivnošću, proizvode kompleksna ponašanja. Prema Luriji (1970), mozak funkcionira kao integrativni funkcionalni sistem i poremećaj u samo malom dijelu ovog kompleksnog sistema može prouzročiti dezorganizaciju cijelog funkcionalnog sistema.

Slika 8. Organizacione jedinice mozga prema Luriji (1970: 67)



Lurija (1970) je pretpostavio postojanje tri organizacione jedinice na slici predstavljene crvenom bojom. Na gornjoj lijevoj slici grubo je predstavljena anatomija ljudskog mozga. Na ostalim slikama prikazana su tri glavna bloka mozga uključena u ponašanje. Prvi (gore desno) uključuje moždano stablo i „stari“ cortex (regulira stanje budnosti i odgovore na stimuluse). Drugi blok (dolje lijevo) igra ključnu ulogu u analiziranju, kodiranju i pohrani informacija. Treći blok (dolje desno) uključen je u planiranje i voljne akcije.

Iz Lurijine teorije proizašla je tzv. PASS teorija inteligencije. Kratica PASS označava planiranje (*planning* – P), pažnju (*attention* – A), simultanost (*simultaneous* – S) i sukcesivnost (*successive* – S). Teoriju su, na temelju Lurijinih zapažanja, predložili Das, Kirby i Jarman (1975). Prema njoj, mozak se sastoji od međusobno zavisnih, ali odvojenih funkcionalnih sistema. Istraživanja u kojima su korišteni funkcijski slikovni prikazi mozga i

kliničke studije na pojedincima sa moždanim lezijama jasno pokazuju da u mozgu postoje centri koji odgovaraju određenim funkcijama. Na primjer, oštećenje specifične aree lijevog temporalnog lobusa dovest će do oštećenja produkcije, ali ne i razumijevanja govora.

PASS teorija inteligencije pretpostavlja da su kognicije organizovane u tri funkcionalna sistema (preuzeta iz Lurijine teorije) i četiri procesa. Prvo je planiranje, koje uključuje izvršne funkcije odgovorne za kontrolu i organizaciju ponašanja, odabir strategija i nadgledanje izvedbe određene funkcije. Drugo su procesi pažnje odgovorni za održavanje nivoa pobuđenosti, budnosti i usmjerenosti na relevantne stimulse. Sljedeća su dva procesa koja djeluju zajedno: simultanost i sukcesivnost za kodiranje, transformaciju i zadržavanje informacija. Simultanost procesiranja aktivira se kada je potrebno uspostaviti vezu između podražaja, te ih integrirati u cjelinu. Sukcesivno procesiranje je neophodno kod organiziranja odvojenih podražaja u sekvence kao što je prisjećanje riječi ili akcija prema tačno određenom redoslijedu kako su upravo prikazani. Ova četiri procesa su funkcije četiri dijela mozga. Planiranje je locirano u frontalnom lobusu, pažnja i pobuđenost su kombinirane funkcije frontalnih i donjih dijelova cortexa, kao i parijetalnog lobusa. Simultano i sukcesivno procesiranje aktivira posteriorne regije mozga. Simultano procesiranje je povezano s okcipitalnim i parijetalnim lobusom dok je sukcesivno procesiranje povezano sa frontalnim i temporalnim lobusom. Prema Dasu (2002), PASS model predstavlja alternativu unidimenzionalnim konceptualizacijama inteligencije kao generalne sposobnosti. Problem sa unidimenzionalnim konceptualizacijama je taj što ne mogu objasniti mnogobrojne kliničke slučajeve osoba koje imaju, na primjer, poteškoće u učenju, poremećaje pažnje ili intelektualnu onesposobljenost. PASS model se zasniva na rezultatima i kognitivnih i neuropsiholoških istraživanja i predstavlja teorijsku osnovu i za procjenu intelektualnih funkcija, ali i za određene intervencije u slučaju oštećenja.

Na osnovu glavnih postavki PASS modela Naglieri i Das (1997, prema Sparrow i Davis, 2000) razvili su CAS test inteligencije kojim se mjere PASS kognitivni procesi. Podtest planiranja od djeteta zahtijeva da osmisli, izabere i koristi efikasne strategije ili plan djelovanja u cilju rješavanja problema na testu, da prati i regulira efikasnost plana i da sam koriguje planove kad god je to potrebno. Podtestovi pažnje od djeteta zahtijevaju odabir određenog stimulusa i inhibiranje stimulusa koji predstavljaju distraktore. Simultano procesiranje je podtest koji od djeteta zahtijeva integraciju stimulusa u grupe u cilju

formiranja cjeline. Sukcesivno procesiranje je podtest koji od djeteta zahtijeva integraciju stimulusa u specifične serije ili poštovanje linearnosti stimulusa sa manjom mogućnošću međusobnog povezivanja dijelova. Test nudi rezultat na osnovu cijele skale i na osnovu pojedinih dijelova prema PASS modelu. **Skala planiranja** uključuje podtestove: Sastavljanje brojeva, Planiranje kodiranja, Planiranje veza i Planiranje pretrage. **Skala pažnje** uključuje podtestove: Detekcija brojeva, Receptivna pažnja i Ekspresivna pažnja. **Skala simultanosti** sastoji se od podtestova: Neverbalne matrice, Verbalno-spacijalne veze, Pamćenje slika. **Sukcesivna skala** uključuje: Serije riječi, Ponavljanje rečenica, Upitne rečenice i Sukcesivnu procjenu govora.

Interpretacija rezultata na testu prati postavke PASS teorije i naglašava važnost pojedinačnih rezultata na podskalama. Zaključni rezultat obuhvata i ilustrativni izvještaj sa prijedlogom relevantnih intervencija i implikacija za različite tretmane.

2.3. Novije teorije inteligencije

Gardner et al. (1999) upozoravaju da se rezultatima na testovima inteligencije koji se zasnivaju na psihometrijskom pristupu, kao i rezultatima istraživanja koja se zasnivaju na brzini obrade informacija često ne može objasniti to što se ljudi različito snalaze u svakodnevnim životnim situacijama. Odnosno, ne može se objasniti kako ekološka valjanost klasičnih testova nije visoka. Inteligentno ponašanje uvijek se odvija u nekom kontekstu i ne može se posmatrati samo u laboratorijskim strogo strukturiranim situacijama u kakvim se često provode testiranja inteligencije. Takvo shvaćanje inteligencije potiče još od Lava Vigotskog (1896–1934) koji naglašava i objašnjava socijalno porijeklo viših mentalnih funkcija. Za njega su više misaone funkcije integralno povezane sa socijalnom interakcijom. Osim socijalne dimenzije, Vigotski se fokusira na varijable kao što je kultura, saradnja, komunikacija i podučavanje. Vigotski tvrdi da su kognitivne vještine djece oblikovane, a u nekim slučajevima i kreirane, zahvaljujući interakciji s drugima u kulturi tj. sa artefaktima i simbolima koje su drugi kreirali u svrhu komunikacije. Psihometrijskim testovima se prigovara da se sastoje od zadataka koje je malo ljudi imalo priliku prije vidjeti (kao što su Ravenove progresivne matrice), a laboratorijski zadaci koji mjere perceptivnu brzinu nisu

uobičajeni u svakodnevnom iskustvu (Gardner et al., 1999). Novije teorije pokušavaju riješiti određene slabosti psihometrijskih teorija i teorija obrade informacija. U te teorije spadaju: teorija višestrukih inteligencija Howarda Gardnera, Andersonova teorija inteligencije i kognitivnog razvoja, trijarhična teorija inteligencije Roberta Sternberga i bioekološka teorija o ljudskom razvoju Stephena Cecija. Gardner 1983. godine napušta ideju o jedinstvenoj inteligenciji i zastupa tezu o nekoliko nezavisnih inteligencija koje generalno predstavljaju sposobnost rješavanja problema i to u određenom kulturalnom okruženju ili zajednici.

Prema Gardneru et al. (1999), postoji sedam vrsta inteligencije:

- lingvistička inteligencija koja se odnosi na sposobnosti govora, a najviše je razvijena kod pjesnika, novinara, pisaca, advokata.
- muzička inteligencija koja se odnosi na sposobnosti stvaranja, prenosa i razumijevanja značenja zvukova; zahtijeva intenzivno vježbanje. Nezavisna je od ostalih vrsta inteligencije i može se očitovati na visokoj razini i kod ljudi koji su prosječni ili ispodprosječni u drugim vrstama inteligencije. Najviše je razvijena kod muzičara, dirigenta, kompozitora.
- logičko-matematička inteligencija koja se odnosi na shvatanje apstraktnih odnosa, sposobnosti uviđanja, baratanje matematičkim problemima. Razvijena je kod matematičara, kompjuterskih programera, računovođa, inženjera, znanstvenika i sl.
- prostorna inteligencija koja se odnosi na sposobnost shvaćanja vidnih i prostornih informacija, zamišljanja slika u tri dimenzije i sposobnosti mentalne manipulacije predmetima bez vanjskih vidnih podražaja. Razvijena je kod vizualnih umjetnika, geografa, hirurgja.
- tjelesno-kinestetička inteligencija koja uključuje upotrebu tijela ili dijelova tijela u rješavanju problema ili oblikovanju proizvoda. Povezana je s kontrolom finih i složenih motoričkih pokreta i sposobnošću baratanja predmetima. Razvijena je kod plesača, penjača po stijenama, gimnastičara, košarkaša i ostalih sportista.
- intrapersonalna inteligencija koja se odnosi na poznavanje, upravljanje i razlikovanje vlastitih osjećaja, sposobnosti samospoznaje.
- interpersonalna inteligencija koja se odnosi na prepoznavanje tuđih osjećaja, vjerovanja i namjera. Očituje se u sposobnosti razumijevanja tuđih osjećanja i misli.

Za sve ove vrste inteligencije Gardner navodi i istraživanja čiji rezultati pokazuju deterioraciju pojedinih vrsta inteligencije nakon moždanih oštećenja, o čemu će više biti riječi u poglavlju o neuropsihologiji inteligencije.

Andersonova teorija pokušava objasniti „minimum kognitivne arhitekture“ tj. minimalni sustav mehanizama koji se nalaze u osnovi inteligencije i koji objašnjavaju pet pojava: *mehanizmi temeljne obrade* (*g* faktor) koji su u osnovi individualnih razlika u inteligenciji; *moduli* koji su univerzalni kognitivni mehanizmi u kojima nema individualnih razlika i koji se razvijaju s godinama, funkcioniraju gotovo automatski i mogu oblikovati mišljenje; *posebni procesori* povezani s jezičnim i matematičkim izražavanjem, vidnim i prostornim funkcioniranjem; *mehanizmi temeljne obrade* koji dovode, zajedno s iskustvom, do sticanja različitih znanja i tvore mišljenje te *upotreba modula u sticanju znanja*. Anderson (2001) smatra da su u osnovi individualnih razlika u visini kvocijenta inteligencije brzina procesiranja informacija i izvršne funkcije, posebno procesi inhibicije. Najvažniji dio teorije minimalne kognitivne arhitekture je upravo taj da se *g* faktor sastoji od dvije dimenzije. Prva je povezana s razlikama u kvocijentu inteligencije između različitih uzrasnih skupina i bazira se na brzini procesiranja. Druga je povezana s razvojnim promjenama u kognitivnim kompetencijama i u njoj osnovi je maturacija i usvajanje modula. Individualne razlike u kognitivnom razvoju predstavljaju dvije nezavisne dimenzije inteligencije.

Trijarhička teorija inteligencije Roberta Sternberga sastoji se od tri podteorije:

1. *komponentna podteorija* koja se odnosi na unutrašnje, osnovne procese obrade informacija. Sastoji se od *metakomponenti* koje imaju upravljačku ulogu – o njima ovisi planiranje, kontrola, motrenje i procjena procesa rješavanja problema; *izvedbenih komponenti* koje provode strategije rješavanja problema; i *komponenti sticanja znanja* koje selektivno bilježe, kombiniraju i uspoređuju informacije tokom rješavanja problema i tako omogućavaju novo učenje (Sternberg, 1985, prema Gardner et al., 1999).
2. *iskustvena podteorija* koja se odnosi na unutrašnje i vanjske aspekte inteligencije tj. na ulogu iskustva i inteligentnu izvedbu.

3. *kontekstualna podteorija* koja uključuje i pojmove kao što su kultura i vanjsko okruženje. Za ovu podteoriju ključne su tri vrste misaonih procesa: adaptacija, selekcija i oblikovanje vanjskog okruženja.

U okviru bioekološke rasprave o ljudskom razvoju, Stephen Ceci se, jednako kao i Gardner, suprotstavlja ideji o jedinstvenom, temeljnom faktoru *g* i pretpostavlja da postoje višestruki kognitivni potencijali koji imaju posebnu biološku osnovu. Tri aspekta njegovog bioekološkog modela su: kognitivni potencijali, kontekst i znanje. Svaki kognitivni potencijal omogućuje utvrđivanje određene vrste odnosa, misli i znanja o određenoj domeni. Ceci tvrdi da se okolina i geni ne mogu odvojeno posmatrati i analizirati te da su te dvije varijable simbiotički povezane. Kontekst je bitan za demonstraciju kognitivnih sposobnosti i uključuje područja znanja, radne sadržaje, motivaciju, ličnost, školovanje. Ceci tvrdi da je sposobnost složenog razmišljanja blisko povezana sa znanjem koje se stiče u kontekstu. Složeno razmišljanje je rezultat znanja u nekom području.

2.4. Mjerenje inteligencije s aspekta biopsiholoških i neuropsiholoških istraživanja

U ovom dijelu su opisani testovi koji se najčešće koriste u istraživanjima. Rezultati ovih istraživanja analizirani su u okviru biopsiholoških i neuropsiholoških aspekata inteligencije.

Jedan od najčešće korištenih testova u biopsihološkim i neuropsihološkim istraživanjima je Wechslerov test za procjenu intelektualnih sposobnosti, nazvan po američkom psihologu Davidu Wechsleru koji ga je konstruirao 1939. godine. Trenutno postoje tri verzije skale za tri različite uzrasne skupine: Wechslerova skala inteligencije za odrasle (WAIS), Wechslerova skala inteligencije za djecu (WISC) i Wechslerova skala inteligencije za predškolsku djecu. Sve tri skale takve su da ih mora primijeniti trenirani procjenjivač. Wechslerovom skalom inteligencije za odrasle (engl. *Wechsler Adult Intelligence Scale – WAIS*) mjeri se više različitih sposobnosti, fluidnih i kristaliziranih. Kvocijent inteligencije na Wechslerovim skalama inteligencije temelji se na standardiziranim rezultatima normalno raspoređenim, a ne

računanjem na temelju dobi. Posljednja verzija WAIS-a (WAIS IV) sastoji se od: *podskale verbalnih sposobnosti* (podtestovi: Sličnosti, Rječnik, Informacije, Shvatanje); *podskale perceptivnog rezonovanja* (podtestovi: Kocka-mozaik, Matrice, Slagalice, Shvatanje težine, Dopune slika); *podskale radnog pamćenja* (podtestovi: Brojevi, Aritmetika, Slovo-broj) i *podskale brzine procesiranja* (podtestovi: Traženje simbola, Šifra i Precrtavanje). Ponekad se za pitanja u Wechslerovoj skali inteligencije čini da mjere znanje ili pamćenje, a ne sposobnosti, ali Wechslerovo je mišljenje da znanje odražava i inteligenciju jer je inteligencija potrebna da bi se usvojilo znanje. Svi podtestovi na Wechslerovoj skali inteligencije međusobno koreliraju, što se može vidjeti u Tabeli 3. Zanimljivo je da postoje pozitivne i značajne korelacije između podtestova koji mjere sasvim različite sposobnosti, kao što su podtestovi Sastavljanje kocki i Informacije; ova dva podtesta se najviše razlikuju. Ipak, korelacija između rezultata na ova dva podtesta je .50 (Colman, 1990). Colman (1990) navodi da su ovakvi rezultati iznenađujući i neobjašnjivi samo za one koji tvrde da ne postoji g faktor inteligencije te da upravo pokazuju kako postoji neka globalna mentalna sposobnost koja utječe na učinak na svim podtestovima Wechslerove skale inteligencije.

Tabela 3. Prosječne korelacije između kompozitnih rezultata na podtestovima i rezultata na skalama na WAIS-u IV (prilagođeno iz Sattler i Ryan, 2009)

Podtestovi	Skale				
	VS	PR	RP	BP	US
<i>Verbalne sposobnosti</i>					
Sličnosti	.88	.57	.57	.42	.77
Rječnik	.92	.55	.60	.41	.78
Informacije	.89	.54	.56	.37	.75
Shvatanje	.79	.54	.57	.39	.71
<i>Perceptivno rezonovanje</i>					
Kocka-mozaik	.51	.86	.53	.45	.73
Matrice	.56	.82	.55	.46	.75
Slagalica	.48	.86	.49	.41	.70
Shvatanje težine	.59	.68	.62	.39	.71
Dopune slika	.46	.55	.43	.43	.58
<i>Radno pamćenje</i>					
Brojevi	.53	.52	.90	.47	.72
Aritmetika	.63	.59	.89	.44	.77
Slovo-broj	.51	.50	.70	.41	.64
<i>Brzina procesiranja</i>					
Traženje simbola	.38	.47	.43	.91	.64
Šifra	.43	.48	.49	.91	.68
Precrtavanje	.26	.36	.36	.49	.44

Skraćenice: VS – verbalne sposobnosti, PR – perceptivno rezonovanje, RP – radno pamćenje, BP – brzina procesiranja i US – ukupna skala

Sljedeći test koji se često koristi u biopsihološkim i neuropsihološkim istraživanjima su Ravenove standardne progresivne matrice, konstruirane 1938. i revidirane 1956. i 1998. godine. Test ima još dvije verzije: Obojene progresivne matrice i Progresivne matrice za napredne čije su posljednje verzije iz 1998. tj. 1962. godine. Zadaci u Ravenovim matricama su najčešće poredani po težini, neverbalni su i obično zahtijevaju od ispitanika da prepozna

određeni obrazac unutar šest ili osam slika i da posljednji prazni prostor unutar svakog zadatka dopuni odgovarajućim ponuđenim odgovorom. Za test se pretpostavlja da je nezavisan od kulture. Dakle, od ispitanika se očekuje da prepozna spacijalnu i numeričku vezu idući od veoma očitih i konkretnih do veoma kompleksnih i apstraktnih zadataka.

Uz Ravenove progresivne matrice, koje prema Ravenu mjere edukacijske sposobnosti, često se primjenjuje Mill Hill ljestvica rječnika konstruirana 1944. godine. Originalna verzija sadrži listu od 88 riječi podijeljenu u dva seta od 44 riječi gdje je zadatak ispitanika da objasni značenje riječi ili da od šest ponuđenih riječi odabere onu koja je sinonim za riječ stimulus. Prema Lezaku (2004), ovo je jedan od najčešće korištenih testova u neuropsihološkim istraživanjima sa ispitanicima nakon povreda mozga. Zahtijeva relativno kratko vrijeme za primjenu i rješavanje. Ovaj test pokazao je visoku osjetljivost u dijagnosticiranju demencije i poteškoća uzrokovanih povredom lijeve hemisfere.

U traganju za odgovarajućom definicijom inteligencije, možemo zaključiti da ona ne postoji, te da će definiranje inteligencije ovisiti o temi kojom se autor bavi u svom tekstu ili problemu i istraživačkim hipotezama koje će biti istraživane i razmatrane u određenom istraživanju. Jedna od definicija koja odgovara temi kojom se bavimo u ovoj knjizi jeste ona Linde Gottfredson koja kaže da je: „inteligencija veoma generalna mentalna sposobnost, koja, pored ostalog, uključuje sposobnost rezonovanja, planiranja, rješavanja problema, apstraktnog mišljenja, shvatanja kompleksnih ideja, brzog učenja i učenja iz iskustva. Također, ona je odraz širih i dubljih sposobnosti za shvatanje naše okoline – ‘shvatanje’, ‘davanje smisla’ stvarima, ili ‘shvatanje šta uraditi’“ (Gottfredson, 1997).

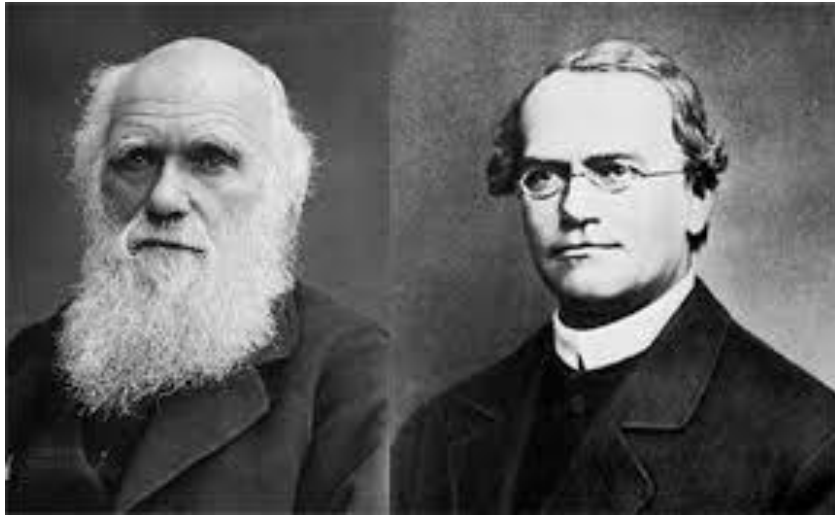
3. Genetika i inteligencija

3.1. Nativizam vs. empirizam

Jedan od najranije zabilježenih „eksperimenata“ kojim se pokušalo ustanoviti i objasniti utjecaj naslijeđa i okoline na razvoj pojedinih osobina kod čovjeka datira iz 13. stoljeća. Frederick II, kralj Njemačke, da ispita i shvati kako će to utjecati na razvoj jezika kod djece, dao je naredbu da se niko ne smije obratiti određenom broju djece od njihova rođenja. Djeca su imala kontakt sa ženama koje su ih dojile i kupale, ali bilo kakva verbalna komunikacija djece međusobno ili djece s odraslim nije postojala. Cilj je bio provjeriti da li će djeca, s kojima niko nikada nije verbalno komunicirao, govoriti jevrejski jezik, koji je najstariji, ili grčki, latinski, arapski ili pak jezik svojih roditelja. Sva djeca koja su učestvovala u ovom „eksperimentu“ su umrla, vjerovatno zbog zanemarivanja (Kimble, 1981). Tri stoljeća kasnije, mogulski car Akbar stavio je djecu u potpunu izolaciju kako bi vidio kojoj religiji će djeca kasnije pripadati. I ovaj eksperiment neuspješno je završio jer se djeca nisu normalno razvijala (Broadhurst, 1968, prema Kimble, 1981). Ovi, izrazito neetički, prvi pokušaji davanja odgovora na važno pitanje o utjecaju urođenih i okolinskih faktora na razvoj ponašanja ipak su rezultirali važnim nalazom. U nehumanim uvjetima kakvim su bila izložena, djeca se uopće nisu razvijala. Upravo tim pitanjem, koje su u vrlo primitivnom obliku postavili kralj Frederick II i car Akbar, istraživači su se bavili godinama kasnije, a bave se i danas.

Revolucija genetike počinje s Darwinom i Mendelom. Charles Robert Darwin (1809–1892) bio je britanski znanstvenik koji je postavio temelje modernoj teoriji evolucije sa svojim konceptom razvoja svih vrsta živog svijeta kroz spori proces prirodne selekcije, dok je Gregor Mendel (1822–1884) opisao razliku između fenotipa i genotipa i koncepte dominantnih i recesivnih osobina.

Slika 9. Charles Darwin, autor teorije o evoluciji živih bića i Gregor Mendel, autor zakona o nasljeđivanju



U različitim vremenskim periodima preovladavala su različita mišljenja koja su grubo podijeljena na nativistička i empiristička tj. ona koja daju prednost urođenim, odnosno, stečenim faktorima u razvoju ponašanja. Ako se prisjetimo, Galton je zastupao tezu o nasljeđivanju sposobnosti i razvio dvije metode koje su kasnije korištene u proučavanju odnosa između utjecaja nasljednih i okolinskih faktora na razvoj sposobnosti. Prvu metodu koju je Galton razvio nazvao je *metoda rodoslovlja*. Suprotnu tezu o utjecaju isključivo okolinskih faktora zastupa John Watson.

Proučavajući nekoliko generacija određenih familija iz kojih potiču neki istaknuti pojedinci, Galton je zaključio da se nadarenost za, na primjer, matematiku, književnost, pravo ili medicinu pojavljuje značajno češće kroz više generacija iste familije. Prema Galtonovim opažanjima, ugledni otac češće je imao uglednog sina nego uglednog nećaka ili drugog daljeg rođaka. Također, opaža da se kod kriminalaca javljaju neke karakteristike kojih nema kod drugih, na temelju čega zaključuje da su i takve mentalne osobine, kao što je sklonost ka kriminalu, determinirane nasljednim faktorima. Osim proučavanja različitih generacija unutar jedne familije, Galton je koristio i *metodu blizanaca*. Galton je jedan od prvih znanstvenika koji je proučavao blizance tj. sličnosti i razlike u blizanaca u odnosu na druge krvne srodnike. Nije razlikovao jednojajčane i dvojajčane blizance kao što će to biti slučaj s istraživačima

kasnije, ali je bilježio sličnosti koje su postojale među blizancima koje je on pripisivao isključivo nasljednim faktorima. Na osnovu zaključaka koje iznosi u svojim djelima, Galton se može smatrati jednim od glavnih predstavnika nativizma. Galton smatra da okolina nema nikakav utjecaj na ponašanje pojedinca, te se promjenom okoline ni kod pojedinca ništa neće promijeniti. Galton je također jedan od osnivača eugeničkog pokreta koji se bavi unapređivanjem ljudske rase na osnovu bioloških zakonitosti nasljeđivanja, čime otvaramo jako osjetljivu i kontroverznu temu. Eugeniku je 1883. Galton opisao kao „napor usmjeren stvaranju kvalitetne i zdrave djece“, što zasigurno čitatelja asocira na strahote npr. nacističke Njemačke i sličnih režima, a metode koje predlaže eugenika tiču se edukacije masa i sterilizacije nepodobnih (Matković, 2000). Galton zasigurno nije mogao predvidjeti obim zloupotrebe ovakve teorije, ali se zloupotreba desila – i to u najgorem mogućem obliku. Krajem 19. stoljeća u SAD-u osnovan je Američki eugenički pokret čiji su članovi isticali superiornost nordijskih, germanskih i anglosaksonskih naroda i zagovarali, na primjer, ograničavanje useljavanja imigranata, prisilnu sterilizaciju, programe eutanazije, organizovali takmičenja za najbolju bebu, najbolju porodicu. Eugenika se proučavala na američkim univerzitetima, donošeni su zakoni koji su omogućavali prisilnu sterilizaciju, zabranu braka svih onih koji imaju epilepsiju, koji su „imbecili“ ili slabijih mentalnih sposobnosti. Prema Kendreganu (1966), od 1907. godine pa do šezdesetih godina 20. stoljeća u SAD-u je oko 70.000 ljudi prisilno sterilizirano, a što su omogućili zakoni izglasani u mnogim američkim savezanim državama kako bi se spriječilo nasljeđivanje deficita kao što su: intelektualna onesposobljenost, mentalna oboljenja, kriminalne tendencije, epilepsija, alkoholizam, ovisnost o drogama, tuberkuloza, sifilis, sljepoća, gluhoća, fizički deformiteti, pa je čak sterilizacija preventivno rađena kod siročadi ili ekstremno siromašnih. Postoji direktna veza između eugenike u SAD-u i fašističke i nacističke ideologije. Ideologija fašističke Njemačke, te nacionalističke ideologije koje se kroz historiju pojavljuju u različitim dijelovima Europe i svijeta, jednim dijelom su inspirirane teorijom koju je zastupao Galton. Zanimljivo je da su prisilne sterilizacije bile zakonski opravdane čak i sedamdesetih godina prošlog stoljeća u SAD-u.

U istom periodu pojavljuju se i autori koji naglašavaju da su i okolinski faktori bitni, ako ne i ključni i jedini u razvoju pojedinca. Poznata Watsonova rečenica iz 1924. godine najbolje oslikava stavove o dominaciji okolinskih nad genetičkim faktorima: „Dajte mi tuce zdrave novorođenčadi i moj specifični svijet u kojem će biti odgojeni i garantiram vam da ću

slučajnim odabirom istrenirati ih da postanu specijalisti u bilo kojem području koje izaberem – liječnici, advokati, umjetnici, trgovci i da, čak i prosjaci, lopovi, bez obzira na njihove talente, sklonosti, tendencije, sposobnosti ili rasu njihovih predaka“. Ovakvi empiristički stavovi potječu još od filozofa kao što je John Lock (1632–1704) koji je smatrao da je ljudski um u početku prazan, „bijeli papir“ ili „tabula rasa“ (prazna ploča), a iskustvo je ono što je temelj znanja. Ne postoje urođene spoznaje. Sva spoznaja potječe iz iskustva. Immanuel Kant (1724–1804) u knjizi *Kritika čistog uma* uspijeva pomiriti ova dva suprotna gledišta. Kant tvrdi da postoji intrinzična priroda intelekta, data prije iskustva. Prema Kantu, um ima neka urođena svojstva nezavisna od iskustava koja dobivamo našim osjetilima, ali kako bi stekli znanje, ljudi koriste osjetilno iskustvo. Prema Kantu, ljudski um percipira osjetilni svijet na način koji mu je rođenjem određen. Kant ponosno svoju filozofiju naziva „kopernikanski obrat“. Tako ljudski um zauzima božansko prijestolje, on je prije prirode, prije povijesti, prije društvenih iskustava, on je prije i svoje vlastite biologije. Ipak, Kant je smatrao da ne može postojati znanost o umu jer um nema materijalnu osnovu. Za razliku od tjelesnih organa, um ne miruje tokom ispitivanja, on je pokretna meta, mijenja se i nemoguće ga je „uhvatiti“. Bihevoristi poput Watsona i Skinnera naglašavali su da je okolina ključna u određivanju ljudskih sposobnosti, ali nisu prihvaćali Lockove pretpostavke da „um“ ima neke ideje. John Locke (1632–1704) je smatrao da naš duh do ideja dolazi iz iskustva, a ideje se konačno izvode iz osjeta ili iz refleksije. Dakle, osjetila (koja u duh donose opažaje vanjskih predmeta) i refleksije (opažanje vlastitog duha, kao što su opažaji, misli, sumnje, vjerovanja i htijenja) čine iskustvo. Iz tih dvaju izvora proizilaze sve naše ideje. Ovo su početni principi empirizma, a bihevoristi na um gledaju kao na „crnu kutiju“ o kojoj se malo toga može otkriti.

Cianciolo i Sternberg (2008) navode teorije inteligencije koje imaju u fokusu sociološke utjecaje naglašavajući činjenicu da smo svi mi saučesnici u razvoju inteligencije. Prema ovim teorijama, mi pomažemo intelektualni razvoj drugih, a osobito djece koristeći govor i jezik, imaginaciju i različite predmete da bismo prenijeli znanje i koncepte učinili jasnijima. Mi također oblikujemo intelektualna ponašanja drugih kroz vlastite stavove o inteligenciji, testiranju inteligencije i kroz obrazovanje.

Lav Vigotski na kulturu gleda kao na centralnu silu intelektualnog razvoja. On je vjerovao da ljudi koriste tzv. psihološke alate da bi unaprijedili sposobnosti mišljenja drugih ljudi. Psihološki alati su jezik, imaginacija, stilovi mišljenja i drugi artefakti u specifičnoj kulturi

koji se koriste za unapređenje mentalnih sposobnosti. Tako Vigotski smatra da su verbalne instrukcije i geste psihološki alati. Ovim instrukcijama ljudi razvijaju svoje psihološke alate, kao što su terminologija, vještine, procedure koje onda mogu prenijeti na svoje učenike. Jezik i govor omogućuju ljudima da reguliraju svoje ponašanje kroz unutarnji govor, za koji Vigotski smatra da je kritičan za učenje i usvajanje, kao i razvoj inteligencije. Vigotski je razvio koncept zone proksimalnog razvoja koji se odnosi na razliku između djetetovih trenutnih sposobnosti i onoga što može da nauči samo, i potencijalnih sposobnosti tj. onoga što može naučiti uz podršku i pomoć starijeg djeteta ili odraslog.

Na sličan način Reuven Feuerstein, u svojoj teoriji posredovanog iskustva učenja, pretpostavlja da sposobniji pojedinci utječu na kognitivni razvoj manje sposobnih pojedinaca tako što pažljivo i svjesno strukturiraju i kreiraju okolinu u kojoj se uči i usvaja znanje. Okagaki (2001) govori o utjecaju porodičnih sistema na kognitivni razvoj kroz različite okolinske varijable kao što su interakcija roditelja, stil roditeljstva, interakcije između braće i sestara i tako dalje. Općenito, djeca čiji roditelji imaju viša očekivanja imaju više intelektualne sposobnosti i bolji akademski uspjeh, u odnosu na djecu čiji su roditelji više permissivni i imaju manja očekivanja. Pozitivan utjecaj ovakvog stila roditeljstva moderiran je kroz povećanu uključenost roditelja u školske aktivnosti djeteta. Naglašavajući okolinske faktore, sociološki pristupi inteligenciji objašnjavaju kako je okolina povezana i kako oblikuje intelektualni razvoj određene grupe ljudi.

Cianciolo i Sternberg (2008) navode i antropološke konceptualizacije inteligencije koje kulturu vide kao centralni faktor pri definiranju šta znači biti inteligentan. Procjene inteligencije mogu biti kulturološki pristrasne i mogu dovesti do toga da ispitanici budu „pametni“ na nekom testu koji je dizajnirao pripadnik iste kulture, a „glupi“ na testu inteligencije koji je dizajnirao pripadnik neke druge kulture. Ova teorija je bazirana na pretpostavci da ljudi u različitim kulturama mogu razviti drugačije intelektualne sposobnosti u zavisnosti od toga koje vrste sposobnosti su im bile potrebne ili se cijene u njihovoj kulturi. Tako, na primjer, Yang i Sternberg (1997, prema Cianciolo i Sternberg, 2008) navode da, iz konfučijanske perspektive, inteligentna osoba će provoditi mnogo vremena čitajući i učeći i uživati će u cjeloživotnom učenju, dok je u taoističkoj tradiciji naglasak na poniznosti i skromnosti, oslobađanju pojedinca od konvencionalnih i vanjskih motiva. Rezultati različitih istraživanja potvrđuju ove pretpostavke i ističu važnost istraživanja kulturoloških razlika u

definiranju inteligencije, što implicira da konstruiranje testova treba biti univerzalno i oslobođeno od kulture. Zapravo, postoji snažna veza između kulture i inteligencije, jer se inteligentni pojedinci prilagođavaju određenoj kulturi u kojoj žive i zahtjevima okoline koja ih okružuje.

3.2. Istraživanja na blizancima i srođnicima odgajanim zajedno ili odvojeno

Iako je Kant smatrao da je um nemoguće „uhvatiti“ pa ga stoga ne možemo ni istraživati, psihologija se zasniva na rezultatima istraživanja koja je ponekad vrlo teško, ali ipak moguće provoditi. Veliki problem istraživanja veze između genetičkih i okolinskih faktora i njihovog utjecaja na intelektualne sposobnosti jeste nepostojanje jedinstvene definicije inteligencije, što smo vidjeli u prethodnom poglavlju. Odnosno, veliki broj različitih definicija doveo je do akumuliranja velikog broja testova za procjenu intelektualnih sposobnosti, pojedinačnih faceta i tipova inteligencije. Činjenica da različite kognitivne sposobnosti međusobno više ili manje koreliraju navodi na zaključak o postojanju već opisanog *g* faktora, te veliki broj istraživača upravo koristi instrumente za koje se navodi da su mjera fluidne inteligencije, kao što su Ravenove progresivne matrice. Metaanalize, koje će biti opisane u nastavku, nisu izjednačavale istraživanja prema testovima, pa stoga imamo rezultate na osnovu velikog broja istraživanja u kojima su korišteni različiti testovi inteligencije, što treba imati na umu.

Heritabilnost kvocijenta inteligencije tj. dio varijabiliteta kvocijenta inteligencije populacije koji se može pripisati efektima gena, kao što smo vidjeli iz uvodnog teksta, tema je kojom su se istraživači počeli baviti prije oko 200 godina. Ipak, još uvijek predstavlja aktualan i kontroverzan problem. Veća heritabilnost indicira veću kovarijancu između genetičkih faktora i fenotipa, dok niža heritabilnost indicira veću kovarijancu između okolinskih faktora i fenotipa. Aktualni modeli pretpostavljaju da kovarijanca između srođnika nije samo povezana s genima nego i s okolinom koja može biti manje ili više slična. Kognitivne sposobnosti koje su proučavane u ovim istraživanjima grubo se mogu podijeliti na one koje zahtijevaju usvajanje znanja i učenje vještina, što nazivamo kristalizirane sposobnosti, i fluidne kognitivne sposobnosti kao što su kapacitet usvajanja novih sadržaja, snalaženje u novim

situacijama, brzina i tačnost rješavanja jednostavnih kognitivnih zadataka. Učinak na različitim zadacima koji mjere različite kognitivne sposobnosti je sličan kod istih ispitanika. Ljudi koji su uspješni u jednoj domeni, kao što je pamćenje, vjerovatno će biti uspješni i na drugim zadacima i testovima kognitivnih sposobnosti. Istraživanja o učinku na različitim testovima kognitivnih sposobnosti uglavnom su uključivala proučavanje blizanaca, jednojajčanih i dvojajčanih, odgojenih zajedno ili odvojeno. Jednojajčani blizanci, genetički, skoro su identični te se često i nazivaju „identični blizanci“, što možda i nije najsretniji termin s obzirom na to da upravo zahvaljujući okolini nisu identični. Dvojajčani blizanci² dijele otprilike 50% genetičkih sličnosti, kao što je slučaj i sa braćom i sestrama koji nisu blizanci. Istraživanja uzimaju u obzir tri vrste okoline: zajedničku okolinu u istom vremenskom periodu, zajedničku okolinu u različitim vremenskim periodima i različitu okolinu u istom vremenskom periodu. Pretpostavka je da je zajednička okolina u kojoj odrastaju blizanci sličnija od okoline u različitim periodima u kojoj odrastaju braća i sestre koji nisu blizanci, a još je više različita od okoline, koja opet može imati više ili manje zajedničkih osobina, u slučajevima usvajanja blizanaca i neblizanaca. Treba imati na umu da je u slučajevima usvajanja riječ o porodicama koje su morale zadovoljiti stroge zakonom propisane kriterije da bi dobile mogućnost da usvoje djecu, čime su te porodice prilično izjednačene.

S razvojem genetike kao nauke sve više saznajemo o heritabilnosti određenih psiholoških osobina (kao što je kvocijent inteligencije), ali i o razvoju određenih psihičkih poremećaja. Erlenmeyer-Kimling i Jarvik (1963) objavili su članak u kojem zaključuju, a na osnovu pregleda podataka tokom 50 godina istraživanja, da postoji značajna konzistentnost nalaza koji ukazuju na to da mentalno funkcioniranje ima genetičku osnovu. Iz tog vremena potiču i prve studije o genetičkim faktorima koji utječu na pojavu mentalnih bolesti (Heston, 1966). Bouchard i McGue (1981) objavili su pregled istraživanja o inteligenciji u kojem su sumirali rezultate 111 istraživanja o korelacijama između kvocijenata inteligencije više od 100.000 srodnika iz preko 500 obitelji. Ova istraživanja, uključujući i studije na blizancima i srođnicima odgojenim zajedno ili odvojeno, demonstriraju postojanje genetičkih utjecaja na kvocijent inteligencije. Jedan od najkonzistentnijih nalaza svih studija jeste da je veća sličnost u kvocijentima inteligencije između jednojajčanih u odnosu na dvojajčane blizance i da je

² Jednojajčani blizanci imaju identičnu genetičku osnovu jer se razvijaju diobama ćelija iz istog oplodnog jajašca, a dvojajčani blizanci se istovremeno razvijaju iz dva različita jajašceta oplodena različitim spermijima.

veća povezanost, s obzirom na intelektualne sposobnosti, između bioloških srodnika čak i kada su odgajani odvojeno (McGue, Bouchard, Iacono i Lykken, 1992). Korelacije prikazane u Tabeli 4. također snažno podržavaju i utjecaj okolinskih faktora: korelacija između zajedno odgojenih jednojajčanih blizanaca je samo nešto veća od odvojeno odgojenih jednojajčanih blizanaca; biološki rođaci odgojeni zajedno su sličniji nego biološki rođaci odgojeni odvojeno; i postoji značajna korelacija između članova porodice koji nisu u biološkoj vezi, ali su zajedno odgojeni.

Tabela 4. Prosječne korelacije između kvocijenata inteligencije

Srodstvo	Prosječan r
	Zajedno odgojeni biološki srodnici
Jednojajčani blizanci	0.86
Dvojajčani blizanci	0.60
Braća i sestre	0.47
Polubraća i polusestre	0.35
Rođaci	0.15
	Odvojeno odgojeni biološki srodnici
Jednojajčani blizanci	0.72
Braća i sestre	0.24
	Zajedno odgojeni nebiološki srodnici
Braća i sestre	0.32

Tabela prilagođena iz „Familial Studies of Intelligence: A Review“,
Bouchard i McGue, 1981.

Istraživanja na blizancima u velikom su broju obuhvaćala osobe od 20 godina ili mlađe. Nameće se prigovor da se rezultati dobiveni na uzorcima većinom djece i adolescenata ne mogu generalizirati kako bi se odnosili na populaciju odraslih. Postoji kumulativni utjecaj okolinskih faktora koji ne može biti zahvaćen istraživanjima koja uključuju uglavnom mlađe ispitanike i zbog toga Baltes (1987, prema McGue et al., 1993) pretpostavlja da heritabilnost kvocijenta inteligencije opada s godinama. Scarr i McCartney (1983) zastupaju ideju da heritabilnost kvocijenta inteligencije s godinama raste i to tako da se povećava individualna kontrola nad formativnim iskustvom. Iskustvo koje sami biramo dijelom je uvjetovano genetičkim utjecajima. Navedene autorice smatraju da i geni i okolina učestvuju u razvoju, ali imaju različite uloge. Geni diktiraju smjer ljudskog iskustva, a iskustvo je neophodno da bi se čovjek razvijao. Individualne razlike potiču od restrikcija u mogućnostima koje pruža okolina. U slučajevima velikog broja mogućnosti, većina razlika između ljudi može se pripisati genetički determiniranim razlikama koje su utjecale na izbor iskustava iz okoline. Teorija uzima u obzir individualne razlike u odgovoru na različite okolinske utjecaje – razlike koje nisu primarno interakcija genotipa i okoline. Naglašava se da je način na koji genotip i okolina kombinovano utječu na razvoj dinamičan, a ne statičan proces. McGue et al. (1993), analizirajući rezultate studija na jednojajčanim blizancima, zaključuju da njihova intelektualna sličnost raste s godinama. Dokazi za sličnost između dvojajčanih blizanaca je manje konzistentna. Ipak, rezultati pokazuju povećanje genetičkog utjecaja i smanjenje utjecaja zajedničke okoline tokom adolescencije i ranog odraslog doba. Autori naglašavaju da je ovakav zaključak baziran isključivo na transverzalnim studijama, i postoji potreba, osobito za dvojajčane blizance, za istraživanjima na ispitanicima srednje odrasle dobi. Također, većina istraživanja ne obuhvaća ispitanike koji su na krajevima normalne distribucije kvocijenata inteligencije. Nalazi se ne mogu generalizirati na uvjete gdje postoji ekstremna okolinska deprivacija karakteristična za mnoge osobe čiji je kvocijent inteligencije manji od 70. Iskustvo ima značajan utjecaj na razvoj intelektualnih sposobnosti, ali taj utjecaj je dijelom genetički determiniran. Za mlađu djecu, intelektualno iskustvo velikim dijelom određuju roditelji, nastavnici i djetetova bliža okolina i zbog toga dijete koje naslijedi gene za razvoj viših intelektualnih sposobnosti vjerovatno će se i znatnije razvijati unutar obitelji koja

omogućuje dobru intelektualnu stimulaciju. Tokom odrasle dobi, iskustvo je uglavnom određeno onim što pojedinac stvara i odraz je naslijeđenih sposobnosti, interesa i dispozicija tako da je korelacija između genotipa i iskustva aktivno generirana. Tokom razvoja, iskustvo odražava i potkrepljuje individualne genetičke razlike. Model Scarr i McCartney (1983) pretpostavlja da će jednojajčani blizanci biti sličniji u odrasloj dobi, jer su bili izloženi sličnijoj intelektualnoj stimulaciji. Opadanje sličnosti u odrasloj dobi kod dvojajčanih blizanaca i usvojene braće i sestara odraz je promjena u omjeru genotipa i iskustva. McGue et al. (1993) naglašavaju i to da će dijete prosječnih intelektualnih sposobnosti, u porodici u kojoj se potiču visoka postignuća, ili ako ima brata ili sestru sa iznadprosječnim kvocijentom inteligencije, vjerovatno imati posebnu pažnju i biti izloženo bogatijim okolinskim uvjetima. Izuzetan roditeljski napor će biti intelektualno stimulativan i rezultirati minimiziranjem razlika između članova porodice. Opadanje sličnosti kod dvojajčane ili usvojene braće i sestara u odrasloj dobi može biti odraz diskontinuiranog utjecaja ili slabljenja utjecaja okolinskih faktora koji su bili prisutni u ranijoj dobi. Treba naglasiti da studije na blizancima ne omogućavaju izvođenje zaključaka o procentualnom utjecaju naslijeđenih ili okolinskih faktora. Takve vrste simplificiranja tipične su za novinske članke koji pogrešno tumače i prenose rezultate ovakvih istraživanja. Urođene i stečene varijable doprinose razvoju individualnih razlika u inteligenciji. Genetička istraživanja inteligencije prevazišla su ovo simplificirano pitanje.

3.3. Genetički poremećaji i intelektualne sposobnosti

Druga vrsta istraživanja o vezi između genetičkih faktora i inteligencije bila su usmjerena na utvrđivanje povezanosti genetičkih poremećaja koji uključuju simptome intelektualne onesposobljenosti. Mandelman i Grigorenko (2011) navode podatak da postoji preko 300 genetičkih poremećaja povezanih sa simptomima intelektualne onesposobljenosti. Svi ovi poremećaji su različiti, ali imaju četiri zajednička faktora:

1. Uzrokovani su poremećajem na jednom genu.

2. U fenotipu su prisutni simptomi intelektualne onesposobljenosti (od umjerene do teške).
3. Kada se zasebno posmatraju, rijetki su (zastupljenost oko .01%), ali uzeto zajedno, značajno su zastupljeni u populaciji razvojnih poremećaja.
4. Imaju plejotropni učinak što znači da poremećeni gen utječe na funkcionalnost mnogih puteva u mozgu koji onda uzrokuju značajna odstupanja u odnosu na normalan razvoj intelektualnih, ali i drugih funkcija.

Prema najnovijoj verziji Dijagnostičkog statističkog priručnika za duševne poremećaje – DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013), intelektualna onesposobljenost je poremećaj koji počinje za vrijeme razvojnog perioda, a uključuje i intelektualne deficite i deficite adaptivnog funkcioniranja u konceptualnom, socijalnom i praktičnom području. Razine težine intelektualne onesposobljenosti su: laka, umjerena, teža i teška. Iako u istraživanjima čije ćemo rezultate navoditi u ovom dijelu još uvijek postoji klasifikacija u smislu da svaka razina intelektualne onesposobljenosti podrazumijeva tačno određen koeficijent inteligencije, u DSM-5 se navodi da su različite razine težine (intelektualne onesposobljenosti) određene na osnovi adaptivnog funkcioniranja, a ne rezultata na testovima inteligencije izraženih kao kvocijent inteligencije, zbog toga što je adaptivno funkcioniranje ono što određuje potrebnu razinu podrške. Ističe se da su mjere izražene kao kvocijent inteligencije manje valjane u nižim dijelovima raspona kvocijenta inteligencije (American Psychiatric Association, 2013: 33).

Važno pitanje koje se postavlja u vezi genetičkih osnova intelektualne onesposobljenosti jeste to da li postoje istraživanja čiji bi rezultati ukazivali na etiološku osnovu individualnih razlika s obzirom na intelektualne sposobnosti ljudi u općoj populaciji. Odgovor na ovo pitanje još uvijek nije konačan, ali rezultati istraživanja nude solidnu osnovu za zaključak da mutacija gena koji uzrokuje intelektualnu onesposobljenost ne mora biti direktno povezana sa individualnim razlikama u intelektualnim sposobnostima u općoj populaciji. Drugim riječima, u općoj populaciji, geni koji su uzrok intelektualne onesposobljenosti u populaciji ljudi s nekim poremećajem, nisu isti geni koji doprinose individualnim razlikama u intelektualnim sposobnostima (Mandelman i Grigorenko, 2011). Genetički poremećaji koje ćemo kratko opisati najčešće se spominju po specifičnom fenotipu koji u velikom broju slučajeva uključuje

intelektualnu onesposobljenost. To su: sindrom fragilnog X, Downov sindrom, Angelmanov sindrom, Prader-Willov sindrom, Neurofibromatoza-1, sindrom delecije 22q11, sindrom 5p i Williamsov sindrom.

Sindrom fragilnog X predstavlja poremećaj povezan s jednim genom nazvanim fragilni gen za mentalnu retardaciju 1 (engl. *fragile mental retardation 1 gene*, FMR1) koji postaje neaktivan i, posljedično, sa smanjenom efikasnošću proizvodi protein FMR1 za koji se smatra da ima važnu ulogu u razvoju centralnog nervnog sistema. S obzirom na to da je riječ o grešci na X hromosomu, muškarci su češće pogođeni ovim poremećajem u odnosu na žene (učestalost je 1:4000 kod muškaraca i 1:6000 kod žena). Istraživanja na djeci i adolescentima pokazuju povećan volumen nucleusa caudatusa, thalamusa i ventrikularne cerebrospinalne tekućine. S godinama dolazi do promjena u bijeloj masi. Intelektualne sposobnosti kod ovog poremećaja su većinom u okviru umjerene intelektualne onesposobljenosti uz određene poteškoće motoričkih i specijalnih sposobnosti, probleme sa matematikom, apstraktnim rezonovanjem i planiranjem (Klein-Tasman, Phillips i Kelderman, 2007).

Najčešći poremećaj koji u većini slučajeva rezultira poteškoćama u intelektualnim sposobnostima je Downov sindrom. Trisomija X na najmanjem 21. hromosomu uzrokuje Downov sindrom. Jasno je na koji način su geni uključeni u javljanje Downovog sindroma, ali još uvijek nije jasno koji geni i na koji način su povezani sa intelektualnom zaostalošću kod osoba sa Downovim sindromom. Iako je zasigurno riječ o genetičkim dispozicijama, osobe sa Downovim sindromom, u rijetkim slučajevima, mogu imati intelektualne sposobnosti u okviru graničnih ili prosječnih. Prema autorima Pennington, Moon, Edgin, Stedron i Nadel (2003), na kvocijent inteligencije kod osoba sa Downovim sindromom, isto kao i kod djece koja imaju normalan razvoj, utječu i okolinski i genetički faktori. Na primjer, postoji pozitivna korelacija između kvocijenta inteligencije roditelja i kvocijenta inteligencije djece sa Downovim sindromom. Čini se da je i distribucija rezultata djece s Downovim sindromom na testovima inteligencije slična kao i ona kod djece bez Downovog sindroma, samo nešto pomjerena prema lijevo. Kod djece s Downovim sindromom postoji i konstantno opadanje intelektualnih sposobnosti koje počinje još u prvoj godini života djeteta tako da odnos između mentalne i hronološke dobi nije stalan (Hodapp i Zigler, 1990). Do odrasle dobi kvocijent inteligencije je najčešće u okvirima umjerene intelektualne onesposobljenosti. Osobe s Downovim sindromom tipično imaju poteškoće s gramatičkim aspektima jezika, ali relativno

dobre spacijalne sposobnosti. Verbalno kratkotrajno pamćenje je često više pogođeno od vizualnog i generalno postoje deficiti pamćenja.

Angelmanov sindrom nastaje usljed mutacije gena na 15. hromosomu naslijeđenom od majke. Karakteristična fizička svojstva uključuju prisustvo ataksije i hipotonije kao i epileptičke napade. Intelektualna onesposobljenost je najčešće od teže do teške sa specifičnim poteškoćama motoričkih i verbalnih sposobnosti. Ova djeca se često opisuju kao vrlo vesela i stalno dobro raspoložena.

Idic-15 ili invertirana duplikacija 15 je poremećaj na 15. hromosomu, što rezultira specifičnim fizičkim simptomima (hipotonija i epileptički napadi), odgođenim razvojem motoričkih i jezičkih funkcija, kao i čestim razvojem poremećaja iz autističnog spektra.

Neurofibromatoza-1 je autosomni poremećaj vezan za mutacije na hromosomu 17 koji može utjecati na multiple organske sisteme. Kliničke manifestacije mogu uključivati promjene na koži, tumore na mozgu i povećan volumen mozga. Rezultati istraživanja intelektualnih funkcija su nekonzistentni i uključuju rezultate u kojima se govori o normalnim intelektualnim sposobnostima do lake ili umjerene intelektualne onesposobljenosti. Postoje i rizici za poteškoće sa učenjem i pažnjom, oslabljenim vizuospacijalnim sposobnostima, finim motoričkim vještinama i izvršnim funkcijama (North, 2000, prema Klein-Tasman et al., 2007).

Sindrom delecije 22q11 (22q11 DS) ili Didžordžov sindrom rezultat je mikrodelecija na hromosomu 22q11 zbog čega dolazi do kongenitalnih fizičkih malformacija kao što su anomalije srca, nedostatak ili hipoplazija timusa (uz imunodeficijenciju i česte infekcije), hipoparatiroidizam s posljedičnom hipokalcemijom, gastrointestinalni problemi, usporen psihomotorni razvoj i sklonost ka razvoju psihijatrijskih poremećaja i kriza svijesti (Popović-Deušić et al., 2011). Studije slikovnih prikaza mozga pokazuju smanjen volumen mozga sa specifičnim redukcijama bijele mase u frontalnim dijelovima. Intelektualne sposobnosti su u rangu graničnih s relativno dobrim verbalnim sposobnostima i zaostajanjem u apstraktnom rezoniranju, matematičkim i generalno neverbalnim sposobnostima, kao i poteškoćama učenja (Klein-Tasman et al., 2007).

Sindrom mačjeg plača (*cri du chat*) ili sindrom 5p javlja se zbog delecije kratkog kraka hromosoma 5. Ova djeca imaju specifičan fizički izgled, usporen razvoj, sitnu glavu,

mjesečast oblik lica, karakterističan plač, probleme s hodanjem i govorom. Slikovni prikazi pokazuju atrofiju moždanog stabla. Fenotipski profil uključuje tešku intelektualnu onesposobljenost, probleme s pažnjom i koncentracijom, impulsivnost, agresivno i samopovređujuće ponašanje.

Williamsov sindrom je neurorazvojni poremećaj koji nastaje zbog mikrodelecija nekoliko gena na hromosmu 7. Fizičke karakteristike uključuju specifičan izgled lica, usporeni rast i mišićno-skeletne probleme, kao i probleme sa srcem i krvnim žilama. Odrasli s Williamsovim sindromom imaju smanjen volumen mozga, posebno okcipitalne kore i talamičke sive mase. Dijelovi amigdale, gornjeg temporalnog gyrusa i orbitalno prefrontalne kore su povećanog volumena (Klein-Tasman et al., 2007). Karakterističan kognitivni obrazac uključuje dobre jezičke sposobnosti i poteškoće sa vizuospacijalnim vještinama i finom motorikom. Ove osobe od ranog djetinjstva pokazuju snažan interes za socijalnom interakcijom.

U istraživanjima intelektualnih sposobnosti kod genetičkih poremećaja naglašava se efekt rane intervencije. U određenim slučajevima, rana intervencija može omogućiti normalan razvoj intelektualnih sposobnosti, a zasigurno može spriječiti dalje intelektualno nazadovanje koje se može dogoditi ako zanemarimo okolinske faktore koji su, čak i u slučajevima genetički determiniranih bolesti, od izuzetne važnosti.

3.4. Istraživanja povezanosti između pojedinačnih gena i intelektualnih sposobnosti

Nakon što su prikazani rezultati istraživanja na blizancima i istraživanja koja su uzimala u obzir različite genetičke poremećaje koji utječu na razvoj kvocijenta inteligencije, u ovom dijelu knjige prezentirani su rezultati istraživanja u kojima su istraživači pokušali identificirati specifične gene povezane sa intelektualnim sposobnostima. Molekularna genetika omogućila je identificiranje specifičnih gena odgovornih za genetički utjecaj na kognitivne sposobnosti. Rezultati provedenih genetičkih istraživanja ukazuju na to da genetički faktori, u manjoj ili većoj mjeri, utječu na g faktor što se onda reflektira na druge kognitivne sposobnosti. Fisher et al. (1999) navode da je inteligencija, osobito njen g faktor, jedna od najheritabilnijih osobina u neuroznanosti. Ovi autori navode da je genetički utjecaj

na *g* faktor rezultat kombinirane akcije vjerovatno više gena, a možda i nekoliko na svakom hromosomu. Većina istraživača se slaže da je *g* povezan s više gena. Fisher et al. (1999) prvi su koristili sjedinjene DNK uzorke (engl. *DNA pooling*) za istraživanje hromosomske mape gustoće DNK markera (eng. *dense map*) za alelnu povezanost sa *g*. Autori zaključuju da postoje specifični geni odgovorni za razlike u kognitivnom funkcioniranju, učenju i pamćenju između djece sa visokim i niskim *g* faktorom. Poredeći puliranu DNK 51 djeteta s visokim generalnim intelektualnim sposobnostima (visoki *g*) sa 51 djetetom s prosječnim *g*, utvrdili su jedanaest značajnih veza sa mjestom količinskih značajki (quantitative trait loci – QTL). Veze s tri od tih jedanaest markera potvrđene su na drugom uzorku 50 veoma inteligentne djece i 50 djece u kontrolnom uzorku, kao i kada su genotipi ispitanika odvojeno testirani. Autori navode da su ta tri markera D4S2943, MSX1 i D4S1607.

I pored već navedenih rezultata mnogobrojnih istraživanja, do 2014. i 2015. godine, kada su objavljeni rezultati dva do tada najveća istraživanja (Rietveld et al., 2014. i Johnson et al., 2015), nismo mnogo znali o genetičkim determinantama kognicije. Do tada su istraživači najčešće koristili dvije metode. Prva se odnosila na testiranje manjeg broja genetičkih varijacija na povezanost sa fenotipom koji nas interesuje. Koristeći ovu metodu, istraživači su dobili rezultate na manjim uzorcima. Međutim, rezultati nisu potvrđeni u istraživanjima u kojima se nastojalo identificirati određene gene koji utječu na inteligenciju, a koja su rađena na velikim uzorcima (Rietveld et al., 2014). Druga strategija je ispitivanje genoma, gdje istraživači testiraju stotine hiljada varijacija gena ili nukleotidnih polimorfizama (engl. *single nucleotide polymorphism*, SNP) i njihovu povezanost sa fenotipom. Rietveld et al. (2014) koristili su novi pristup koji je kombinirao dvije navedene metode gdje se u prvom stadiju identificiraju varijacije gena povezane s fenotipom, a potom, u drugom stadiju, ove varijacije služe kao osnova za testiranje povezanosti ovih gena sa određenim fenotipom (u ovom istraživanju su to bile kognitivne funkcije) na nezavisnim uzorcima. Rietveld et al. navode da su 59 istraživača različitih profesija na uzorku od 106.736 ispitanika proveli istraživanje povezanosti genoma s varijablom definiranom kao uspjeh u školi. Pronađeno je 69 varijacija gena koji su bili povezani sa uspjehom u školi. Dalje, koristeći uzorak od 24.189 ispitanika, mjerena je povezanost ovih varijacija gena sa uspjehom u školi i sa učinkom na testovima kognitivnih sposobnosti. Tri varijacije gena (rs1487441, rs7923609 i rs2721173) u značajnoj su vezi sa učinkom na testovima kognitivnih sposobnosti. Jačinu te veze autori objašnjavaju na način da je svaki od ovih gena povezan sa porastom od približno 0,02 standardne devijacije

na učinku na kognitivnim testovima ili sa 0,3 boda na skali koeficijenta inteligencije. Koeficijent determinacije (R^2), izračunat na osnovu veze između gena i školskog uspjeha, iznosio je približno $R^2 \sim 0.0002$, što je daleko niže u odnosu na koeficijent determinacije koji povezuje gene i neke fizičke osobine kao što su na primjer visina ili indeks tjelesne mase. Efekti tri gena koji su se pokazali značajnim u predikciji uratka na kognitivnim testovima su toliko mali da ih ne možemo smatrati korisnim za predviđanje bilo kakvih individualnih razlika. Ipak, iako naslovi nekih tekstova u kojima se navode rezultati ovog istraživanja naglašavaju da genetika nema nikakvog utjecaja na kognitivne funkcije, autori istraživanja upozoravaju da su potrebna nova istraživanja koja će dodatno rasvijetliti interakciju između gena i okoline. Ovi autori izvještavaju i o značajnoj vezi gena s pamćenjem i odsustvom simptoma demencije na temelju istraživanja na uzorku od 8652 starija ispitanika. U ovom istraživanju pokazano je da se genima objašnjava izuzetno mali procent varijabiliteta koji se odnosi na učinak na testovima kognitivnih sposobnosti i/ili školski uspjeh.

Johnson et al. (2015) svoje impresivno istraživanje proveli su na 100 mozгова miševa, 122 uzorka ljudskog mozga i 102 mozga koja su istraživali postmortem. Od kognitivnih funkcija ispitivane su sposobnosti pamćenja, pažnje, brzine procesiranja, rezonovanje i intelektualne sposobnosti. Autori naglašavaju kako je oštećenje kognitivnih funkcija jedno od temeljnih kliničkih obilježja neurorazvojnih poremećaja uključujući shizofreniju, autizam, epilepsiju. Zbog toga su istraživali mreže koje reguliraju geni, a koje su povezane i s kognitivnim funkcijama i s neurorazvojnim poremećajima. Rezultati sugeriraju da postoje dvije mreže gena koje su vjerovatno pod kontrolom istog vrhovnog regulatornog sistema koji leži iza različitih kognitivnih sposobnosti ljudi. Mreže nazvane M1 i M3, jedna sa preko 1000 gena i druga sa preko 100 gena, igraju ulogu i u javljanju neurorazvojnih poremećaja kao što su epilepsija, shizofrenija i poremećaj iz spektra autizma. Autori naglašavaju da se tačna funkcija obje mreže tek treba ustanoviti.

Genetika, i to veći broj različitih gena, učestvuje u razvoju kognitivnih sposobnosti. Ipak, naša znanja o odnosu između gena i okoline još uvijek su nedovoljna. Pouzdano znamo da geni igraju određenu ulogu, ali ostaje nejasno u kojoj mjeri i kako. Buduća istraživanja će vjerovatno uspjeti ponuditi kompletniju sliku i inkorporirati dosadašnje spoznaje kako bismo dobili odgovor na kompleksno pitanje koji to geni i kako ostvaruju ulogu u razvoju kognitivnih sposobnosti.

4. Psihofiziologija inteligencije

4.1. Odnos između veličine mozga i inteligencije

U posljednje vrijeme, istraživači izvještavaju o vezi između volumena mozga i g faktora inteligencije. Interes istraživača o mogućoj vezi između veličine mozga i inteligencije potiče još od vremena Brokea (1861, prema Vernon et al., 2000) i Galtona (1888). Za procjenu veličine mozga, Galton je koristio vanjske mjere glave, te ih je povezo sa uspjehom studenata na testovima, što je uzeo kao mjeru kognitivnih sposobnosti. Galton, prije 128 godina, zaključuje: „(...) da ljudi koji imaju visok društveni status imaju i znatno veći mozak u dobi od 19 godina. To je drugačije za iste ljude u dobi od 25 godina. Njihova dominacija je u to vrijeme smanjena za polovicu od onoga što je bilo u dobi od 19 godina“ (Galton, 1888). Ova rana istraživanja nisu mogla biti potkrijepljena pouzdanim dokazima s obzirom na to da nisu još uvijek postojale odgovarajuće statističke tehnike, kao što je, na primjer, koeficijent korelacije, ali i zbog nedostatka odgovarajućih i pouzdanih mjera intelektualnih sposobnosti. Volumen mozga također nije bilo moguće mjeriti, pa je zbog toga kao mjera uzimana veličina glave za koju je pokazano da je umjereno povezana sa veličinom mozga. Istraživači su se susreli s još jednim ozbiljnim problemom, a to je kako definirati veličinu mozga. Pod pretpostavkom da je veličina mozga povezana s kognitivnim sposobnostima i imajući u vidu činjenicu da je čovjek najinteligentnije biće na Zemlji, možemo pretpostaviti da čovjek, od svih vrsta, ima najveći mozak. Ali već odavno je poznato da to nije tako. Zapravo, slon ima nekoliko puta veći mozak u odnosu na čovjeka. Ljudi nemaju ni najpovoljniji odnos između veličine tijela i veličine mozga (što je bila predložena alternativna mjera) jer, na primjer, rovka ima značajno povoljniji odnos između veličine tijela i veličine mozga, pa ipak ne možemo govoriti o superiornosti rovke nad čovjekom u intelektualnim sposobnostima. Onda se pretpostavilo da je koeficijent encefalizacije taj koji je najveći kod ljudi i primata, a koji predstavlja količnik, gdje je djeljenik veličina mozga u kubnim centimetrima, a djelitelj umnožak težine u gramima s eksponentom 0.67 i broja 0.12 (Jerisen, 1973, prema Pietschnig et al., 2015). U ovoj formuli, brojevi 0.12 i 0.67 su parametri empirijski izvedeni tako da najbolje odgovaraju kognitivnim razlikama između vrsta. Ipak, utvrđeno je da ni ova formula nema prednosti u predviđanju kognitivnih razlika među različitim vrstama nad mjerom

apsolutne veličine mozga, što je slučaj i sa svim prethodnim relativnim mjerama. Zbog toga se kvocijent encefalizacije sve više odbacuje kao koristan indeks. Još jedna bitna činjenica koja se može povezati s kognitivnim sposobnostima je broj neurona kod ljudi za koji se procjenjuje da iznosi oko 86 milijardi (Herculano-Houzel, 2012). Taj broj je manji za 14 milijardi od onog koji se najčešće spominje u literaturi (100 milijardi), ali ipak najveći među primatima, što može biti povezano s intelektualnim sposobnostima. Osobito broj neurona u odnosu na veličinu mozga, i to u određenim kortikalnim areama mozga, čovjeka stavlja na prvo mjesto u odnosu na sve ostale vrste.

Zahvaljujući razvoju tehnologije, prilično grube mjere procjene veličine mozga na osnovu veličine glave i slično zamijenili su slikovni prikazi mozga kao što su magnetska rezonanca i pozitronska emisijska tomografija. Slikovni prikazi mozga, osim o veličini i strukturi, što je značajno za ovo poglavlje, mogu pružati informaciju i o funkciji mozga.

Jedan od autora koji se bavio vezom između veličine mozga i inteligencije je Rushton koji 1988. godine objavljuje svoj prvi pregled bioloških i drugih podataka formulirajući teoriju o ulozi „rase“ na nasljeđivanje ljudskog ponašanja. Centralna teza teorije je da selektivna evolucija vodi razvoju različitih reproduktivnih strategija kod različitih „rasa“, što dovodi do razlika u veličini mozga i inteligenciji. Rushton zastupa tezu da razlike u veličini mozga dijelom uzrokuju razlike u inteligenciji. U svom posljednjem preglednom članku o odnosu između veličine mozga i općih mentalnih sposobnosti, Rushton i Ankney (2009) sumirali su i predstavili rezultate 28 istraživačkih studija o odnosu između prosječne veličine mozga i općih mentalnih sposobnosti, 59 istraživanja o povezanosti veličine glave sa općim mentalnim sposobnostima i šest istraživanja koja su koristila metod koreliranih vektora u procjeni generalnog faktora mentalnih sposobnosti. Također, osvrnuli su se na odnos između veličine mozga i općih intelektualnih sposobnosti s obzirom na dob, socioekonomski status, spol i naslijeđe, kao i na odnos između veličine mozga i mentalnih sposobnosti sa stanovišta evolucije i bihevioralne genetike. Na osnovu 28 studija (1389 zdravih ispitanika) u kojima su korištene tehnike slikovnih prikaza mozga, kao što je magnetska rezonanca (MRI) i kompjuterizirana tomografija (CT), koeficijent korelacije između veličine mozga i općih mentalnih sposobnosti varirao je od 0.05 do 0.66. Rezultati 59 istraživanja (63.405 djece, adolescenata i odraslih) ukazuju na povezanost između veličine glave i općih mentalnih sposobnosti od $r=0.02$ do $r=0.55$. Na osnovu šest istraživanja koje je analizirao Jensen (1988,

prema Rushton i Ankney, 2009), koristeći metod koreliranih vektora (kako bi izdvojio g faktor iz različitih podtestova na testu inteligencije), došao je do korelacije od $r=.63$. U jednom od prvih istraživanja gdje je korištena magnetska rezonanca, na uzorku od 40 zdravih studenata, utvrđena je povezanost ($r=.51$) između volumena mozga i ukupnog rezultata na Wechslerovoj skali inteligencije za odrasle (Willerman, Schultz, Rutledge i Bigler, 1991). Na uzorku odrasle braće, Wickett, Vernon i Lee (2000) su utvrdili da volumen mozga korelira sa kvocijentom inteligencije $r=.35$ ($p<.01$). Veličina glave također je pozitivno korelirala sa g faktorom. Rezultati indiciraju da je vjerovatnije da će viši skorovi na testovima inteligencije više i korelirati s volumenom mozga. Na osnovu rezultata provedenog istraživanja Wickett et al. (2000) zaključuju da iako je volumen mozga (i u manjoj mjeri veličina glave) prediktivna mjera g faktora, fluidnih sposobnosti i pamćenja, to nije prediktivna mjera kristaliziranih sposobnosti. Vernon, Wickett, Bazana i Stelmack (2000) na osnovu 15 istraživanja na preko 700 ispitanika izvještavaju o korelaciji od $r=.40$ između volumena mozga i g faktora. Dakle, ispitanici s većim volumenom imaju više rezultate na testovima inteligencije koji mjere g faktor. Najnovija metastudija o povezanosti između volumena mozga kod ljudi i inteligencije objavljena je 2015. godine. Pietschnig, Penke, Wicherts, Zeiler i Voracek (2015) upozoravaju na probleme prisutne u prethodnim studijama i izvode nešto opreznije zaključke o vezi između ovih varijabli. Njihovom studijom obuhvaćeno je 88 istraživanja provedenih na 148 uzoraka kliničke i nekliničke populacije (preko 8000 ispitanika). Ova studija obuhvaća i istraživanja koja nisu objavljena, a do rezultata ovakvih istraživanja autori su došli kroz osobnu komunikaciju sa autorima. Na taj način je smanjena pristrasnost objavljivanja rezultata (engl. *publication bias*) koji su u skladu s hipotezom izvedenom iz dominantne teorije, u ovom slučaju teorije koja podržava vezu između veličine mozga i razine intelektualnih sposobnosti. Rezultati 120 koeficijenata korelacije pokazuju značajan ukupni efekt $r=.24$ ($p<.001$) za ukupan rezultat na testu intelektualnih sposobnosti, kao i za pojedinačne aspekte koeficijenata inteligencije, s tim da je veći efekt za ukupni nego za verbalni i neverbalni koeficijent inteligencije. Interesantno je da je kod svih intelektualnih domena (ukupan kvocijent inteligencije, verbalni kvocijent inteligencije i neverbalni kvocijent inteligencije) efekt veći kod zdravih ispitanika nego kod kliničkog uzorka. Isto tako, interesantno je da je efekt veći za objavljene nego za neobjavljene studije (do čijih rezultata su autori ovog članka došli preko osobne komunikacije). Ovaj nalaz potvrđuje sumnje da postoji pristrasnost u objavljivanju rezultata istraživanja u kojima je ispitivana veza između veličine

mozga i intelektualnih sposobnosti. Efekti su manji s obzirom na godinu objavljivanja članka: što je istraživanje novijeg datuma, to su manji efekti koji potvrđuju povezanost inteligencije i veličine mozga. Ovom metaanalizom nisu utvrđene rodne razlike u vezi između veličine mozga i intelektualnih sposobnosti, kao ni značajan efekt dobi.

Novim tehnologijama omogućeno je detaljno mapiranje ljudskog cortexa, distribucije sive mase, gyrusa i procjene moždane asimetrije, što može biti povezano s varijablama kao što su spol, godine, dominacija ruke, lateralizacija. Thompson et al. (2001) su utvrdili da postoje značajne individualne razlike u distribuciji sive mase u kori velikog mozga. Isti autori tvrde da su razlike u moždanim strukturama uvjetovane genetičkim razlikama, te da genetički faktori značajno utječu na kortikalne strukture u Brokinom i Wernickeovom području, poznatim kao područja mozga uključena u funkcije govora, kao i u frontalnim moždanim regijama. Thompson et al. (2001) utvrdili su da je korelacija između jednojajčanih blizanaca u volumenu sive mase $r=.95$. Iste mjere za dvojajčane blizance koji, kao i sva braća i sestre, dijele 50% zajedničkih gena, značajno manje koreliraju. Isti autori bave se i sličnostima u volumenu bijele mase. Sivu masu grade tijela neurona, dok bijelu masu čine aksoni. Veze između neurona dijelom su rezultat učenja koje se razlikuje od osobe do osobe zbog različitog iskustva. Preliminarne korelacije Thompsona et al. (2001) sugeriraju da razlike u volumenu sive mase u frontalnim dijelovima mozga mogu biti povezane sa Spearmanovim g faktorom. Posthuma et al. (2002) također su pokazali da je veza između volumena sive mase i g faktora posredovana genima. Prema ovim autorima, inteligencija do određene mjere ovisi o strukturalnim razlikama u mozgu koje su pod kontrolom gena. Gray i Thompson (2004) tvrde da volumen sive mase frontalnih regija ima prediktivnu valjanost za g faktor. Haier, Jung, Yeo, Head i Alkire (2004) koristili su morfometriju zasnovanu na vokselima (*voxel-based morphometry* – VBM)³ na dva neovisna uzorka u cilju identificiranja dijelova sive mase koji koreliraju sa intelektualnim sposobnostima. Na osnovu analize rezultata 47 dobrovoljaca, količina sive mase u nekoliko područja kore velikog mozga (frontalno Brodmanove aree 10, 46 i 9; temporalno Brodmanove aree 21, 37, 22, 42; parijetalno Brodmanove aree 43 i 3 i okcipitalno Brodmanova area 19) značajno je korelirala sa ukupnim rezultatom na testu

³ Morfometrija zasnovana na vokselima je slikovna tehnika mozga kojom se istražuju fokalne razlike u anatomiji mozga koristeći statistički pristup parametrijskog mapiranja. Volumen cijelog mozga ili njegovih dijelova izračunava se na osnovu slika regija mozga dobivenih skeniranjem.

inteligencije. Bijela masa blizu Brodmanove aree 39 (desno) bila je povezana sa rezultatom na testu inteligencije (Diamond, Scheibel, Murphy i Harvey, 1985). Do zanimljivih rezultata, koji pokazuju da su potrebna dalja istraživanja kako bi se ustanovilo koji su dijelovi mozga, zašto i kako povezani sa inteligencijom, došli su istraživači koji su u istom periodu, nezavisno jedni od drugih, proučavali povezanost između veličine određenih dijelova mozga i inteligencije kod muškaraca i žena. Kod dječaka i djevojčica postoje i različiti obrasci razvoja dijelova mozga, ali i razvoja i prisustva veza između dijelova mozga za koje se smatra da su centri intelektualnih sposobnosti (Schmithorst i Holland, 2007). Haier, Jung, Yeo, Head i Alkire (2005) naglašavaju da su te razlike značajne i da možda predstavljaju dokaz o utjecaju evolucije na potpuno različite obrasce rada mozga kod različitih individua, a koji se moraju uzeti u obzir prilikom interpretacije rezultata istraživanja u kojima su korišteni funkcijski slikovni prikazi mozga. Frontalne aree se više aktiviraju kod žena, a posteriorne aree kod muškaraca, čak i u slučajevima kada muškarci i žene imaju jednak skor na testu inteligencije.

5. Kritike istraživanja veze genetičkih i fizioloških faktora inteligencije

Brojne kritike upućene su autorima koji pojednostavljeno povezuju genetičke faktore i faktore poput veličine i volumena mozga sa intelektualnim, ali i drugim sposobnostima, osobito unutar određenih „rasa“. Među prvim autorima koji kritikuju Rushtonovu teoriju su Zuckerman i Brody (1988) koji navode da je Rushton u zaključivanju koristio pogrešnu logiku, da njegovim izvorima nedostaje kredibiliteta, da je selektivno citirao samo podatke koji podržavaju njegove hipoteze, da nije kontrolirao varijable kao što je socioekonomski status i da nije koristio odgovarajuće statističke postupke. Cain i Vanderwolf (1990) podržavaju i potvrđuju kritike Zuckermana i Brodyja (1988) i naglašavaju kako je Rushton pogrešno citirao zaključke i podatke određenih istraživanja, ne objašnjavajući zašto postoji razlika između originalno objavljenih podataka i onih koje on navodi.

Najviše kritika upućeno je na račun Rushtonove, po mnogim autorima, rasističke podjele ljudi na pripadnike mongolske, kavkaskе i negroidne rase, te njegovih istraživanja u vezi sa razlikama između ove tri „rase“ u određenim sposobnostima, uključujući i intelektualne. Kako naglašava Zuckerman (1990), pitanje šta je to „rasa“ može biti jednostavno samo za laika koji svoje stavove gradi isključivo na osnovu stereotipnih prikaza u umjetnosti, literaturi i medijima. Postoji slaganje među antropolozima da danas egzistira samo jedna vrsta ljudi – *Homo sapiens sapiens*. Kod biologa, „rasa“ se može odnositi na izoliranu populaciju koja se razlikuje od neke druge prema fizičkim osobinama nastalim zbog ograničenog razmnožavanja unutar određene populacije i unutar ograničenog geografskog područja tokom dužeg vremenskog perioda, što dovodi do razvoja specifičnih fizičkih karakteristika. Geografska izolacija bila je značajan faktor u evolucijskoj prošlosti koji je doveo do toga da se razmnožavanje ograniči na određeni geografski region, ali danas su barijere koje razdvajaju populacije političke, kulturalne i religijske više nego geografske. Većina modernih antropologa vjeruje da su varijacije koje se koriste da bi se razlikovale populacije relativno skorijeg datuma i predstavljaju klimatske adaptacije ili specifičnosti izoliranih populacija. Većina autora se slaže da je *Homo sapiens* evoluirao iz *Homo erectusa* prije oko 200.000 godina u Istočnoj Africi i proširio se na Afriku i Euroaziju (Cann, Stoneking i Wilson, 1987, prema Zuckerman, 1990). Ne znamo koja je bila boja kože te populacije od koje svi potičemo. Fairchild (1991) također upozorava da je koncept „rase“ politički konstrukt, te da

pretpostavke o različitim sposobnostima različitih „rasa“ predstavlja znanstveni rasizam. Navodi četiri argumenta protiv valjanosti koncepta „rase“: (a) pojam „rase“ je ideološki izum koji podržava europski i američki imperijalizam; (b) definicija „rase“ kao reproduktivno izolirane grupe koja ima jedinstvene karakteristike u fenotipu podrazumijeva postojanje hiljada različitih „rasa“, a ne samo tri; (c) varijacije unutar tri „rasne skupine“ veće su nego prosječne razlike između grupa; i (d) rasnom klasifikacijom se zanemaruje ogromna genetička sličnost svih pripadnika vrste *Homo sapiens* i ova biološka činjenica više ide u prilog hipotezi da postoji samo jedna „rasa“, a ne tri ili nekoliko hiljada.

Utjecaj gena i okoline na razvoj pojedinih sposobnosti nemoguće je izraziti u određenim brojkama. Od momenta začeća, okolina djeluje na genetički predisponiran razvoj. Varijable kao što su plodnost, uvjeti života i ishrana majke prije začeća i tokom trudnoće kao i mortalitet novorođenčadi dobro ilustriraju probleme biološkog determinizma i poteškoće pri razdvajanju genetičkih od okolinskih faktora. Weizman, Wiener, Wiesenthal i Ziegler (1996) također upozoravaju na mnogobrojne probleme u vezi Rushtonove interpretacije grupnih razlika u intelektualnim sposobnostima između različitih „rasa“. Indeks heritabilnosti, koji koriste Rushton i drugi autori, predstavlja procjenu proporcije varijance određene osobine koja je rezultat genetičkog varijabiliteta među ispitanicima u nekom istraživanju (Pinel, 2002). Drugačije rečeno, što je više razlika između individua s obzirom na neku osobinu koja se pripisuje genetičkim razlikama, to je veći indeks heritabilnosti. S obzirom na to da je heritabilnost proporcija varijance, on može biti od 0.00 do 1.00. Weizman et al. (1996) naglašavaju da indeks heritabilnosti može biti koristan u svrhu selektivnog uzgoja biljaka ili životinja jer nam on daje informaciju o broju mogućih varijacija za selektivni uzgoj. Korištenje indeksa heritabilnosti u druge svrhe je problematično i diskutabilno. Heritabilnost zavisi i od varijacija osobine koja se može posmatrati (fenotip) i od genetičkih faktora (genotip). Što su individue genetički sličnije, vjerovatnije je da će ispoljene razlike među njima biti uvjetovane okolinskim faktorima. Genetički faktori će igrati značajniju ulogu u razvoju razlika između genetički različitih individua koje se razvijaju u sličnim okolinskim uvjetima, što znači da će heritabilnost u tim slučajevima biti visoka. Heritabilnost ovisi o specifičnim genetičkim osobinama populacije i okolinskim faktorima kojima je populacija izložena. Ne može se generalizirati na druge populacije ili druge okolinske uvjete. Dakle, heritabilnost ne treba miješati sa nasljeđivanjem koje označava ulogu gena u razvoju individue. Utjecaj gena na određenu individuu ne može biti procijenjen na osnovu količine

genetičkih razlika unutar određene grupe. Rushton zanemaruje ova ograničenja i pogrešno zaključuje na osnovu koeficijenta heritabilnosti o količini genetičkih faktora u razvoju određene osobine i čak govori o genetičkim uzrocima razlika između različitih nacija i „rasa“ (npr. razlike u kvocijentu inteligencije između crnaca i bijelaca). Zuckerman i Brody (1988) naglašavaju da Rushton nije uzimao u obzir i nije citirao istraživanja koja su ispunjavala uvjete zahtjevnog metodološkog nacrtu koji bi omogućio razdvajanje genetičkih i okolinskih faktora kao uzroka grupnih razlika. U nekoliko takvih istraživanja Zuckerman i Brody (1988) nisu mogli naći dokaz genetičkog porijekla grupnih razlika u inteligenciji.

Još jedan problem indeksa heritabilnosti je da se on kod ljudi izračunava na osnovu korelacijskih istraživanja o sličnostima unutar porodice, a ne na osnovu kontroliranog programa selektivnog uzgoja. Formula za izračunavanje koeficijenta heritabilnosti na osnovu podataka iz korelacionih istraživanja ne zadovoljava osnovne kriterije. Nasuprot jednostavnim mjerama osobina kod biljaka i životinja (na primjer, veličina ili boja), socijalne ili psihološke osobine, kao što je inteligencija, mnogo su kompleksnije i često mjerene samo testovima papir i olovka, što predstavlja dodatan problem pri prikupljanju i interpretiranju podataka o heritabilnosti kod ljudi. Sve navedeno je i dovelo do vrlo različitih koeficijenata heritabilnosti inteligencije u različitim, ranije navedenim istraživanjima.

Za vezu između veličine mozga i intelektualnih sposobnosti bitno je napomenuti i rezultate već spomenutih istraživanja Herculano-Houzel (2009) na osnovu kojih se sada zna da su broj neurona i potpornih stanica CNS-a faktori povezani s intelektualnim sposobnostima. Međutim, veličina mozga ne korelira značajno s brojem neurona. Dakle, autorica naglašava da nema osnove za pretpostavku da postoji linearna korelacija između veličine mozga i broja neurona, što bi se onda, opet neopravdano, moglo koristiti kao osnova za hipotezu da individue sa većim mozgom imaju više neurona pa su zbog toga „pametnije“ od individua sa manjim mozgom (Herculano-Houzel, 2009). Veća je vjerovatnost da drugi faktori, kao što je broj sinapsi i veza među neuronima unutar i između različitih moždanih struktura (koje se grade na statistički prosječnom ili „normalnom“ broju neurona, što ovisi i o genetičkim i o okolinskim faktorima), determiniraju interindividualne razlike u kognitivnim sposobnostima kod ljudi.

6. Elementarni kognitivni zadaci, testovi inteligencije i studije slikovnih prikaza mozga

Uporedo s prvim pokušajima definiranja pojma inteligencije otvoreno je i pitanje o njenim biološkim osnovama. Istraživači pokušavaju dati odgovor na pitanje koji su to anatomski i fiziološki korelati inteligencije i to najčešće proučavanjem mentalne brzine. Ovaj pojam potiče još iz vremena kada se smatralo da se ljudsko kognitivno ili intelektualno funkcioniranje može razlučiti na elementarne kognitivne procese za koje se pretpostavlja da su sastavnice intelektualnog funkcioniranja (Neubauer i Fink, 2005). Kad se koriste tzv. elementarni kognitivni zadaci (EKZ) koji podrazumijevaju minimalne zahtjeve za ispitanike (zbog čega je manja vjerovatnoća da ispitanici koriste različite strategije), veliki broj istraživanja pokazuje da je kraće vrijeme reakcije u ovim zadacima povezano sa višom psihometrijskom inteligencijom.⁴ Među prvim istraživanjima mentalne brzine je Hickovo (1952) istraživanje jednostavnog i izbornog vremena reakcije, gdje je pronađena linearna veza između količine informacija procesiranih u vizualnom zadatku, vremena reakcije i učinka ispitanika. U Hickovom zadatku korišten je aparat na kojem je u polukrug raspoređeno osam tipki za odgovore i tzv. tipka kućište na koju se, tokom mirovanja između zadataka, postavlja kažiprst dominantne ruke. U zadatku jednostavnog vremena reakcije, od ispitanika se zahtijeva da tim kažiprstom, što je moguće brže, pritisne tipku za odgovor ispod lampice koja zasvijetli (0 bita informacije). Ako ispitanik treba odlučiti između dvije alternative ili 2 vizualna stimulusa, riječ je o jednoj binarnoj odluci (1 bit); kada postoje četiri opcije, potrebne su dvije binarne odluke (2 bita) itd. Iako izgleda nevjerovatno, individualne razlike u vremenima reakcije na jednostavnim zadacima koji ne podrazumijevaju i nemaju nikakav intelektualni sadržaj i zbog toga ih je vrlo lako izvoditi, značajan su prediktor intelektualnih sposobnosti. Vrijeme reakcije na ovim zadacima korelira sa različitim sposobnostima na testovima inteligencije kao što su kompleksni testovi sposobnosti rezonovanja, rječnik i opće znanje. Ipak, vjerovatno je da je korelacija prisutna samo između elementarnih kognitivnih

⁴ Pod psihometrijskom inteligencijom obično podrazumijevamo onu inteligenciju koju definišemo na osnovu teorije iz koje je proizašla konstrukcija nekog testa inteligencije, te istraživanja njegovih mjernih karakteristika. Jedna od prvih takvih teorija je Binetova teorija inteligencije, a kasnije Spearmanova i sl.

zadataka i g faktora inteligencije jer je ona veća kod testova koji su više saturirani g faktorom te kada se g statistički ukloni iz korelacije između vremena i reakcije i psihometrijske korelacije, parcijalna korelacija je blizu nule (Jensen, 1993). Prema Jensenu (1993), g faktor je produkt individualnih razlika u različitim kognitivnim sposobnostima. Konceptualni status i empirijska realnost g faktora ne ovisi o bilo kakvom znanju. Unutar određene vrste, glavni strukturalni i funkcionalni aspekti mozga su isti za sve biološki zdrave pojedince. Prema tome, individualne razlike u kognitivnim sposobnostima odražavaju razlike u načinu na koji su pohranjene i načinu na koji uspješno možemo prizvati informacije iz dugoročnog pamćenja, što ovisi o tome kako su te informacije pohranjene i organizirane u dugoročnom pamćenju. Vjerovatno je da je g faktor zajednički za sve kognitivne sposobnosti i zbog toga ne može biti definiran kao neko specifično znanje ili vještina nego prije kao neka esencijalna komponenta koja odražava variranje u brzini i efikasnosti procesiranja informacije.

Jensen (1987, prema Neubauer i Fink, 2005) daje pregled rezultata koji povezuju Hickovu paradigmu sa psihometrijskom inteligencijom: na osnovu 33 nezavisna uzorka (2317 ispitanika) korelacija između brzine reakcije u zadacima jednostavnog vremena reakcije i psihometrijske inteligencije iznosila je između -0.12 i -0.28. Dakle, kraće vrijeme reakcije u jednostavnim i izbornim zadacima vremena reakcije povezano je sa višom psihometrijskom inteligencijom.

S psihometrijskom inteligencijom povezana su i dva zadatka koja uključuju skeniranje ili dosjećanje informacije iz kratkoročnog ili dugoročnog pamćenja (Sternberg, 1966, prema Neubauer i Fink, 2005) i brzinu dosjećanja iz dugoročnog pamćenja (Posner i Mitchell, 1967, prema Neubauer i Fink, 2005). U Sternbergovom zadatku ispitanicima je slučajnim redoslijedom predstavljeno šest brojeva koji su trebali biti zadržani u kratkoročnom pamćenju. Nakon upozoravajućeg signala, od ispitanika je traženo da, što je moguće brže, prepoznaju da li je neki broj bio predstavljen ili ne. Povećanje broja elemenata linearno je povezano sa produženim vremenom reakcije zbog toga što je više elemenata trebalo biti zadržano u kratkoročnom pamćenju. Na osnovu ove linearne veze između vremena reakcije i količine materijala za pamćenje može se izračunati regresija vremena reakcije za broj čestica u kratkoročnoj memoriji. Ova procedura omogućava računanje dva parametra: prvo, veličina ove regresije predstavlja indikator vremena potrebnog za dosjećanje jednog elementa iz kratkoročnog pamćenja; drugo, odsječak ove regresije trebao bi biti indikator trajanja

kodiranja stimulusa i procesa motoričkog odgovora. Korelacije između pojedinih dijelova Sternbergovog zadatka i psihometrijske inteligencije dobivene na osnovu pregledne studije Neubauera kojom su obuhvaćeni rezultati 972 ispitanika (1995, 1997, prema Neubauer i Fink, 2005) iznose $r=-.27$ za prosječno vrijeme reakcije, $r=-.35$ za varijabilnost vremena reakcije.

Brzina dosjećanja iz dugoročnog pamćenja povezivana je s rezultatom na zadacima kreiranim na osnovu Posnerove paradigme uparivanja slova gdje se ispitaniku prikažu dva slova koja su ili grafički ista (npr. „AA“) ili semantički ista ali grafički različita („Aa“) ili pak semantički različita („Ab“). U jednom uvjetu ispitanici procjenjuju fizički identitet prezentiranog stimulusa pritišćući dugme „DA“ za stimulus tipa „aa“ ili „BB“, odnosno, dugme „NE“ za stimulus tipa „Ab“ ili „Aa“. U kompleksnijem uvjetu, zadatak ispitanika je da procijeni da li se prezentirana slova jednako imenuju ili ne (npr. da odgovori sa „DA“ na stimulus tipa „Aa“ ili „bB“, tj. sa „NE“ na stimulus tipa „Ab“ ili „Ba“). U uvjetu procjene fizičkog identiteta potrebna je vizualna diskriminacija, dok je u uvjetu procjene imenovanja identiteta potrebno pristupiti naučenom materijalu smještenom u dugoročnom pamćenju tj. slovima abecede. Razlika između vremena reakcije u ova dva uvjeta reflektira vrijeme potrebno za dosjećanje iz dugoročnog pamćenja. Na osnovu rezultata 1064 ispitanika u 11 nezavisnih istraživanja, Neubauer (1995, 1997, prema Neubauer i Fink, 2005) navodi da je prosječna korelacija između aritmetičke sredine vremena reakcije na zadacima koji uključuju samo procjenu fizičke sličnosti slova i rezultata na testovima inteligencije iznosila $r=-.23$. Prosječna korelacija između vremena reakcije na zadacima imenovanja i rezultata na testovima inteligencije iznosila je $r=-.33$. Razlika između ova dva uvjeta u Posnerovom zadatku (što je mjera dosjećanja iz dugoročnog pamćenja) također negativno korelira sa psihometrijski determiniranom inteligencijom (prosječna vrijednost $r=-.27$). Zaključak je da postoji veza između brzine procesiranja informacija u elementarnim kognitivnim zadacima i psihometrijske inteligencije tj. visoka psihometrijska inteligencija povezana je sa bržim reagiranjem u elementarnim kognitivnim zadacima.

Kritičari ovakvog pristupa upozoravaju da niske negativne korelacije između vremena reakcije na elementarnim kognitivnim zadacima i inteligencije ne mogu objasniti više od 10% varijance rezultata na testovima inteligencije. Međutim, Neubauer i Fink (2005) upozoravaju da većina kritičara ignorira činjenicu da su relativno niske korelacije između vremena reakcije i inteligencije dijelom povezane sa homogenim uzorcima koji su testirani (u oko 90%

istraživanja uzorci su bili studenti). Više korelacije dobiju se kada se istraživanja vrše na drugim uzorcima. U istraživanju koje su proveli Neubauer i Bucik (1996) veza između mentalne brzine i psihometrijske inteligencije dobila je snažan empirijski dokaz. Brže procesiranje informacija na elementarnim kognitivnim zadacima bilo je povezano sa psihometrijskom inteligencijom, i to za Ravenove progresivne matrice korelacija je iznosila $r=.44$, što je značajno više u odnosu na rezultate dobivene u dotadašnjim studijama. Autori smatraju da je razlog tome što su u prethodnim istraživanjima bili uglavnom homogeni uzorci i to uglavnom studenata, a u istraživanju Neubauera i Bucika (1996) ispitanici su bili regrutovani preko lokalnih novina. Također, autori smatraju da je način na koji su dobili mjeru brzine procesiranja na elementarnim kognitivnim zadacima preko ekstrakcije generalnog faktora (što je povećalo pouzdanost) utjecao i na veću korelaciju između mentalne brzine i inteligencije. Ranije opisani elementarni zadaci vrlo su slični zadacima koje brojni autori koriste kao mjere radnog pamćenja. Conway, Kane i Engle (2003) analiziraju povezanost kapaciteta radnog pamćenja sa generalnom inteligencijom i zaključuju da postoji visoka pozitivna korelacija između kapaciteta radnog pamćenja i g faktora. Naglašava se da oni ipak nisu isti konstrukti, kao i to da je osnova veze između kapaciteta radnog pamćenja i g faktora najvjerojatnije mehanizam kontrole izvršne pažnje, specifična sposobnost velikim dijelom vezana za funkcioniranje prefrontalnog cortexa.

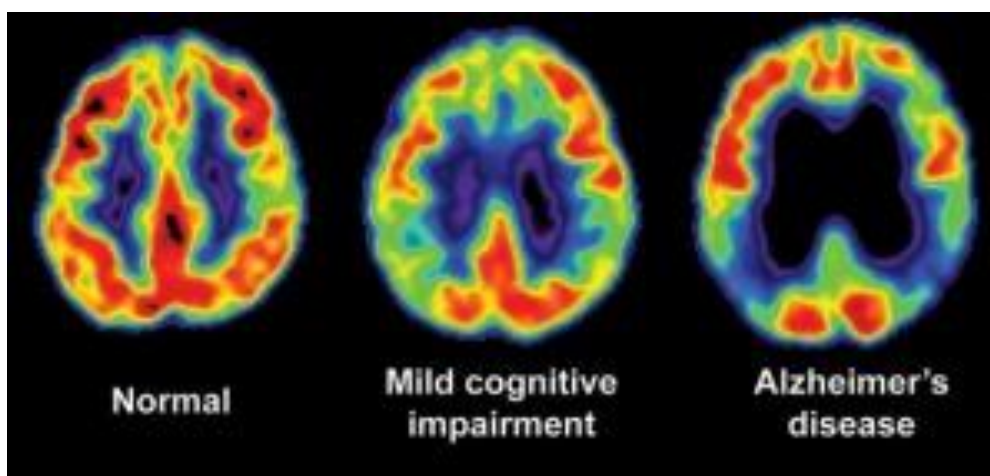
Dokazana veza između mentalne brzine na elementarnim kognitivnim zadacima i inteligencije poslužila je autorima u pokušaju pronalaženja fizioloških korelata inteligencije.

6.1. Funkcijski slikovni prikazi mozga (PET i fMR)

U istraživanjima aktivnosti mozga prilikom obavljanja nekih funkcija tj. prilikom rješavanja određenih zadataka najčešće se koriste pozitronska emisijska tomografija (PET) i funkcijska magnetska rezonanca (fMR).

PET skeniranje je prva moderna tehnika slikovnog prikazivanja primjenjivana u istraživanju inteligencije. Pruža nam jedinstvenu informaciju o aktivnosti mozga za vrijeme obavljanja određenog kognitivnog zadatka. PET predstavlja tehniku nuklearnog slikovnog prikazivanja koja se koristi karakteristikama pozitronskog raspada radionuklida. Ovi radionuklidi su stvoreni u ciklotronu i služe kao detektori regiona koji nas interesuje. Tokom PET skeniranja u tijelo se intravenozno, injekcijom ubrizgava mala količina radioaktivne supstance koja se distribuira u tijelu u skladu s biohemijskim osobinama tkiva. PET skener se sastoji od niza detektora koji su dizajnirani tako da fotone, nastale anihilacijom, konvertuju u električni signal koji se može čitati pomoću određene elektronike. Ishod PET skeniranja je 3D slika gdje je intenzitet signala u bilo kom obliku proporcionalan količini radionuklida u datom vokselu. PET slike nam omogućuju kvantitativno mapiranje prostorne distribucije radioobilježivača, a moguće je i mjerenje koncentracije radionuklida u tkivima u funkciji vremena. Tako se dobijaju informacije o brzinama pojedinih bioloških procesa. Kod snimanja mozga, izotop F^{18} veže se za neurone. Svaki put, prilikom aktivacije neurona, dolazi do potrošnje glukoze. Što je određena zona mozga aktivnija, to troši više glukoze i PET skeniranje upravo detektira i prikazuje zone u kojima je prisutna povećana potrošnja. PET snimke (Slika 10) su obojene mape radioaktivnosti u svakoj tački koja čini snimku. Kao primjer, na Slici 10 vidi se normalni nivo metabolizma glukoze (lijevo) o kojem zaključujemo na osnovu crvenih i žutih zona koje znače aktivnost. Nivoi metabolizma glukoze u mozgu opadaju kod pacijenata sa blagim kognitivnim poteškoćama (u sredini), a kod pacijenta sa Alzheimerovom demencijom (prikazano krajnje desno) ta je aktivnost značajno snižena.

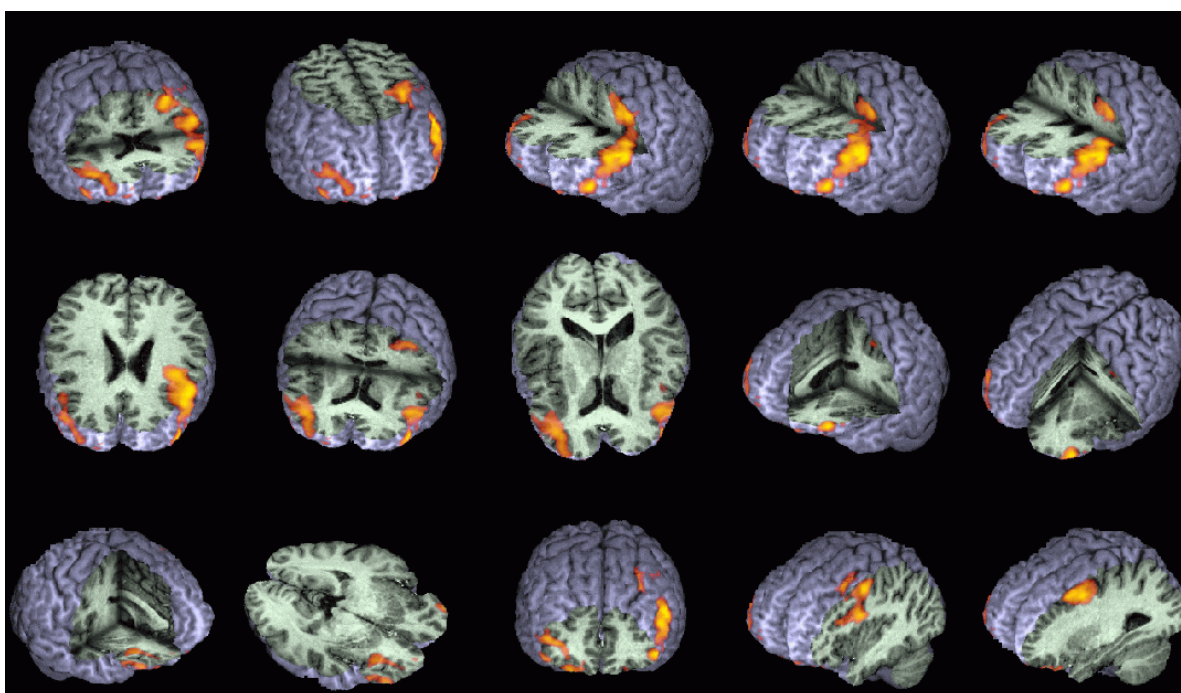
Slika 10. Primjer PET snimke mozga zdravog ispitanika, ispitanika s blagim kognitivnim oštećenjima i pacijenta s Alzheimerovom demencijom



Izvor: <http://www.cbc.ca/news/>

Magnetska rezonanca je još jedna savremena metoda koja se koristi u dijagnostičke, ali i u istraživačke svrhe i koja omogućava prikaz struktura mozga. Zasniva se na djelovanju radio-talasa unutar jakog magnetskog polja, bez upotrebe jonizirajućeg zračenja i bilo kakvih izvora radioaktivnosti, što je značajno za pacijente ili ispitanike koji su zabrinuti zbog štetnih efekata snimanja. Funkcijska magnetska rezonanca (fMR) je tehnika koja se primjenjuje pri mjerenju moždane aktivnosti za vrijeme obavljanja različitih zadataka i koja nam daje informaciju o povećanom dotoku kisika u krvi u aktivnim područjima mozga. Prednosti fMR-a nad PET-om, značajne za ispitanike i istraživače, su te što ispitaniku ne treba davati nikakve injekcije, što na istoj slici dobivamo podatke i o strukturi i o funkciji; prostorna rezolucija je bolja i moguće je dobiti trodimenzionalni prikaz aktivnosti čitavog mozga (Pinel, 2002). Prilikom rješavanja zadataka na testu inteligencije (Ravenove progresivne matrice za napredne) prvi put je korištena funkcijska magnetska rezonanca u istraživanju koje su proveli Prabhakaran et al. (1997, prema Haier, 2011). Na Slici 11 prikazan je primjer funkcijskih magnetskih slika i aktivnih dijelova mozga za koje se pretpostavlja da su povezani sa kreativnošću.

Slika 11. Prikaz dijelova mozga pomoću fMR-a povezanih s kreativnošću



Izvor: <http://www.cbc.ca/news/>

6.2. Slikovni prikazi mozga i verbalni zadaci

Rezultati istraživanja pokazuju da se aktivnost određene regije povećava s povećanjem težine zadataka i to onih koji mjere razumijevanje rečenica, radno pamćenje, kao i prilikom rješavanja zadataka koji uključuju mentalne rotacije. Keller, Carpenter i Just (2001) istraživali su kortikalnu aktivaciju prilikom izvođenja verbalnih zadataka. Rezultati pokazuju da rješavanje leksičkih i sintaksičkih zadataka aktivira ne samo pojedinačne aree u mozgu nego određenu mrežu koja obuhvata različita područja u lijevoj strani mozga. Zadatak razumijevanja uključuje multiple regije mozga. Frontalna područja vjerovatno su povezana sa generiranjem lingvističkih reprezentacija dok su parijetalna i temporalna povezana sa funkcijama interpretacije, elaboracije i pohrane takvih reprezentacija. Autori naglašavaju da lingvistički nivoi obrade (sintaksički, semantički, fonološki i ortografski) ne korespondiraju s nekim strogo ograničenim anatomskim lokacijama. Sintaksičko procesiranje zahtijeva koordiniranu komunikaciju između Brokinog i Wernikeovog područja i, osim područja u

lijevoj hemisferi, uključuje dijelom i područja u desnoj hemisferi. Semantičko procesiranje uključuje aktivaciju multiplih područja uključenih u mrežu procesiranja jezičkih stimulusa. Fonološko procesiranje zahtijeva interaktivnu komunikaciju Brokinog područja, Wernikeovog područja i lijevog inferiornog i parijetalnog lobusa. Ortografsko procesiranje aktivira bilateralno ventralne ekstrastriatne puteve, ali čini se da sposobnost leksičke obrade na osnovi ortografske informacije aktivira mrežu za procesiranje jezika koja uključuje i druge dijelove lijeve hemisfere mozga. Za verbalnu fluentnost pretpostavlja se da je povezana s povećanom aktivacijom u lijevom dorzolateralnom prefrontalnom cortexu i bilateralno smanjenom aktivnošću u auditornom i superiornom (gornjem) temporalnom cortexu (Frith, Friston, Liddle i Frackowiak, 1991).

6.3. Slikovni prikazi mozga i g faktor

Istraživanja o lokalizaciji funkcija u mozgu uglavnom uključuju fMR i PET snimanja, ali ovo poglavlje početi ćemo s rezultatima istraživanja u kojem je mjerena povezanost volumena pojedinih dijelova mozga i g faktora. Rezultati ovih istraživanja pokazuju da postoji povezanost između volumena sive mase u nekoliko moždanih regija i g faktora inteligencije. Pozitivna korelacija između generalnih intelektualnih sposobnosti i volumena sive mase u orbitofrontalnom cortexu, cingularnom gyrusu, cerebellumu i talamusu ustanovljena je kod mlađih ispitanika, ali je potvrđena i negativna korelacija između volumena sive mase u nucleus caudatusu i g faktora inteligencije (Frangou, Chitins i Williams, 2004). Colom, Jung i Harier (2006) izvještavaju o povećanom volumenu sive mase u frontalnim, parijetalnim, temporalnim i okcipitalnim regijama, na osnovu čega zaključuju da g faktor inteligencije nije povezan samo s frontalnim dijelovima mozga kako se to u istraživanjima često navodi. Pregledni članak (Luders, Narr, Thompson i Toga, 2009) podržava P-FIT model (o kojem će kasnije biti govora jer je nastao kao rezultat istraživanja u kojima su korišteni funkcijski slikovni prikazi mozga) i, kao korelate inteligencije, navodi regionalni i globalni volumen cortexa, kortikalnu debljinu sive i bijele mase, kortikalnu konvoluciju (postojanje i izgled gyrusa i sulkusa), i procjene corpora callosa. Na 34 odrasla ispitanika, Amat et al. (2008) primijenili su test generalne inteligencije (WAIS) i mjerili volumen hippocampusa i

amygdale. Korelacije između volumena hippocampusa i kvocijenta inteligencije bile su značajne i negativne. Volumen lijevog i desnog hippocampusa značajno je negativno korelirao sa skorovima i na verbalnom i na neverbalnom dijelu WAIS-a. Korelacija s volumenom amygdale nije pronađena. Autori pretpostavljaju da bi manji anteriori (prednji) hippocampus mogao doprinosti većoj efikasnosti neuralnog procesiranja.

Neka istraživanja su, koristeći funkcijske slikovne prikaze mozga (fMR i PET studije) i uspoređujući spacijalne obrasce kortikalne aktivacije, došla do rezultata koji ukazuju na povećanu aktivnost frontalnog cortexa tokom izvođenja zadataka koji mjere *g* faktor u odnosu na kognitivne zadatke koji nisu saturirani *g* faktorom inteligencije. Jedno od pitanja na koje istraživači pokušavaju dati odgovor jeste da li različiti zadaci koji su visoko saturirani *g* faktorom aktiviraju samo jedno područje mozga ili više njih. Duncan et al. (2000) koristili su spacijalne, verbalne i perceptualno-motorne zadatke koji imaju visoku povezanost sa *g* faktorom. Rješavanje sve tri vrste zadataka rezultiralo je aktivacijom lateralnog frontalnog cortexa u jednoj ili obje hemisfere. To podržava teoriju o unitarnosti inteligencije tj. aktiviranja samo jedne regije mozga pri rješavanju zadataka visoko saturiranih *g* faktorom i u suprotnosti je s već spomenutim istraživanjima u kojima je mjeren volumen mozga.

U drugim istraživanjima, istraživači su koristili sličan dizajn i funkcijska magnetska snimanja, ali su došli do drugačijih rezultata. Prabhakaran, Smith, Desmond, Glover i Gabrieli (1997) ispitali su aktivnost mozga pomoću funkcijske magnetske rezonance tokom zadatka rješavanja problema koristeći Ravenove progresivne matrice. Desna frontalna i bilateralno parijetalne regije bile su aktivnije tokom rješavanja slikovnih nego kontrolnih problema. Bilateralno frontalne i lijevo parijetalna, okcipitalna i temporalna regija bile su aktivne više kod analitičkih nego slikovnih problema. Također, autori primjećuju da se aktivacija ovih regija javlja i prilikom rješavanja zadataka radnog pamćenja. U jednom drugom istraživanju, ponovo pomoću funkcijske magnetske rezonance, rješavanje matematičkih problema dovelo je do aktivacije frontalnog cortexa, dok je procesiranje riječi dovelo do aktivacije temporalnog cortexa (Prabhakaran, Rympha, Gabrieli, 2001).

Rezultati oba istraživanja u suprotnosti su sa onima do kojih su došli Duncan et al. (2000), a jedan od razloga može biti to što su koristili dvije različite metode slikovnog prikazivanja mozga, PET tj. fMR, ili to što su koristili različite vrste zadataka koji su mjera različitih

funkcija, ali podržavaju zaključke do kojih su došli istraživači mjereći volumen pojedinih dijelova mozga.

Aktivnost prefrontalnog i frontalnog cortexa je rezultat većine istraživanja koja su koristila zadatke koji su mjera radnog pamćenja. Prema Kane i Engle (2002) funkcije izvršne pažnje smještene su u dorzolateralnom prefrontalnom cortexu. Smith i Jonides (1999) navode da rezultati više istraživanja pokazuju aktivaciju različitih frontalnih regija kod različitih vrsta informacija: verbalni materijali aktiviraju Brokinu areu i lijevi premotorni cortex, a smještaj spacijalnih informacija aktivira desni premotorni cortex, dok dva fundamentalna izvršna procesa, selektivna pažnja i upravljanje zadacima, aktiviraju anteriorni cingularni i dorzolateralni prefrontalni cortex. Autori Koechlin, Basso, Pietrini i Grafman (1999) navode da se kod kompleksnih zadataka rješavanja problema aktivnost fronto-polarnog prefrontalnog cortexa (FPPC) ne aktivira kada ispitanici moraju misliti na glavni zadatak dok izvode neki drugi zadatak (radno pamćenje), niti u zadacima pretraživanja izvora pažnje između alternativnih zadataka (učinak na dualnim zadacima), ali da aktivnost FPPC postoji onda kada osobe imaju zadatak selektivnog posredovanja kada trebaju misliti ili operirati informacijama koje će im kasnije trebati dok procesiraju i izvršavaju sekundarne zadatke, što je proces koji zahtijeva planiranje i rasuđivanje.

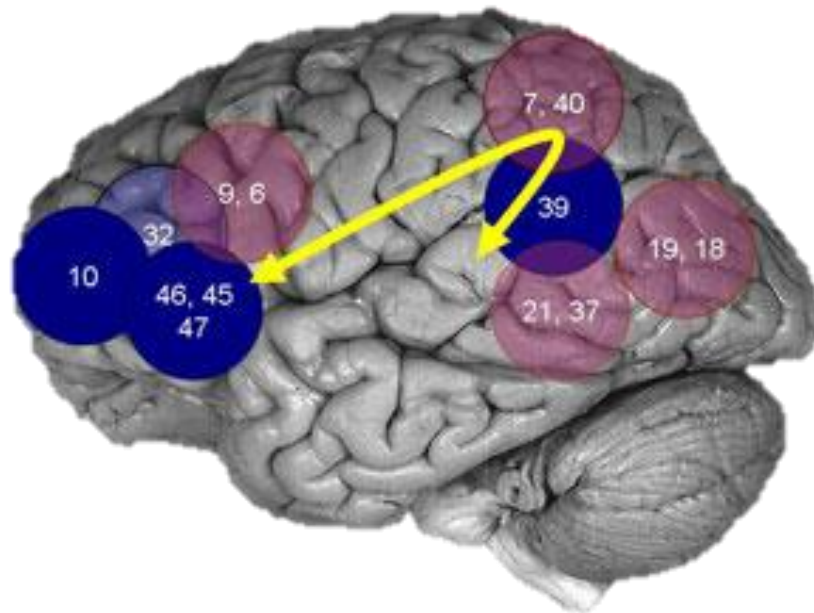
6.4. Rezultati preglednih studija

Rezultati navedeni u prethodnom poglavlju samo su neki od najznačajnijih od velikog broja istraživanja koja, koristeći se PET i fMR tehnikama snimanja moždane aktivnosti, pokušavaju lokalizirati različite kognitivne funkcije u specifičnim dijelovima mozga. Najbolji uvid u raznolikost rezultata daju nam pregledni članci. Cabeza i Nyberg (2000) analizirali su rezultate čak 275 istraživanja u kojima su korišteni PET ili fMR i mjere pažnje (zadržana i selektivna pažnja, Stroop zadatak, orijentacija, podijeljena pažnja), percepcije (objekata, lica, prostora, pokreta, mirisa), imaginacije (objekata, prostora, pokreta), jezika (prepoznavanje pisanih ili izgovorenih riječi, verbalni i neverbalni odgovori), radnog pamćenja (verbalnog/numeričkog, spacijalnog, rješavanje problema), semantičkog pamćenja (kategorizacija), epizodičkog pamćenja (verbalno, pamćenje predmeta, spacijalno), priming-a

(perceptualnog, konceptualnog) i proceduralnog pamćenja (kodiranje, učenje motoričkih i nemotoričkih vještina). Autori navode da kod funkcija pažnje i radnog pamćenja dolazi do aktivacije prefrontalnih i parijetalnih regija. Za jezik i dosjećanje semantičkih sadržaja tipične regije uključuju lijeve prefrontalne i temporalne. Za kodiranje kod epizodičkog pamćenja, aktivne su lijeve prefrontalne i medijalne temporalne regije. Za dosjećanje kod epizodičkog pamćenja obrasci aktivacije uključuju prefrontalne, medijalne temporalne i posteriorne regije. Kod proceduralnog pamćenja, dolazi do aktivacije kako u motornim tako i u nemotornim areama mozga. Raznolikost rezultata istraživanja navedenih u ovom preglednom članku najbolje se vidi iz tabela koje sažimaju nalaze različitih istraživanja a u vezi sa centrima za različite funkcije. Tako su, na primjer, na osnovu rezultata iz 59 različitih istraživanja za funkciju radnog pamćenja navedena čak 32 područja aktivacije za različite funkcije radnog pamćenja.

Jung i Harier (2007) predlažu model koji su nazvali parijeto-frontalna teorija integracije gdje naglašavaju ulogu parijetalnih i frontalnih area i njihovu uključenost u intelektualne sposobnosti. Na osnovu pregleda 37 istraživanja u kojima su korišteni slikovni prikazi mozga (PET, fMRI i MRI spektroskopija, morfometrija bazirana na vokselima), Jung i Harier (2007) zaključuju da se kroz sve studije pojavljuje aktivnost parijetalnih i frontalnih dijelova mozga. Parijeto-frontalna teorija integracije ili P-FIT model uključuje Brodmanove aree 6, 9, 10, 45, 46 i 47 dorzolateralnog prefrontalnog cortexa; Brodmanove aree 39 i 40 inferiornog i Brodmanovu areu 7 superiornog (gornjeg) parijetalnog lobusa, te Brodmanovu areu 32 anteriornog (prednjeg) cingulusa i regije Brodmanovih area 21 i 37 unutar temporalnog i Brodmanovih area 18 i 19 unutar okcipitalnog lobusa. Bijela masa fasciculus arcuatusa je također uključena u ovaj model (Slika 12).

Slika 12. Brodmanove aree povezane sa intelektualnim sposobnostima
(Jung i Harier, 2007)



Plavim krugovima označene su aree mozga u lijevoj hemisferi koje su značajno povezane s inteligencijom i rasuđivanjem, dok su crvenim krugovima označene aree koje su povezane s inteligencijom a koje su aktivne u obje hemisfere. P-FIT model pretpostavlja da su te aree povezane neuralnim putem fasciculusa arcuatusa (na slici predstavljen strelicom) koji je ključan za produkciju i razumijevanje govora (sliku koristimo uz ljubaznu saglasnost prof. Junga).

P-FIT model naglašava važnost protoka informacija između area prikazanih na slici 11. Može se smatrati da ove aree učestvuju u stadijima procesiranja informacija, gdje u prvom stadiju temporalne i okcipitalne aree procesiraju senzorne informacije (Brodmanove aree 18 i 19) i gyrus fusiformis (Brodmanova area 37), koji je uključen u funkcije prepoznavanja, imaginacije i elaboracije vizualnih inputa. Wernickeova area (Brodmanova area 22) odgovorna je za analizu i elaboraciju sintaksičkih i auditornih informacija. U drugom stadiju informacije se integriraju u parijetalnom režnju (Brodmanove aree 39 – *gyrus angularis*, 40 – *gyrus supramarginalis* i 7 – *lobus superior parietalis*). U trećem stadiju, ove parijetalne aree zajedno sa frontalnim lobusom učestvuju u rješavanju problema, evaluaciji i testiranju hipoteza. Frontalno, aktivne su Brodmanove aree 6, 9, 10, 45, 46 i 47. U finalnom stadiju, cingulus anterior (Brodmanova area 32) odgovorna je za selekciju odgovora i inhibiciju alternativnih odgovora nakon što je u prethodnom stadiju odabrano najbolje rješenje.

Fasciculus arcuatus, bijela masa, igra važnu ulogu u povezivanju informacija kroz ove procesne jedinice (Haier, 2011). Bijela masa, posebno fasciculus arcuatus, igra ključnu ulogu u pouzdanom i stabilnom protoku informacija kroz jedinice pretpostavljenog modela. Jung i Harier (2007) smatraju da nisu sve ove navedene aree jednako važne s obzirom na inteligenciju. Aree u dorzolateralnom parijetalnom cortexu (Brodmanove aree 9, 45, 46 i 47) i parijetalni cortex (Brodmanove aree 7 i 40) smatraju se najvažnijim areama kada govorimo o inteligenciji kod ljudi.

6.5. Hipoteza neuralne efikasnosti

Jedno od značajnih doprinosa kognitivne neuroznanosti jeste zaključak da su funkcionalne jedinice viših kognitivnih funkcija neuralne mreže, a ne pojedina područja. Upravo su istraživanja koja su uključivala slikovne prikaze mozga bila osnova za hipotezu neuralne efikasnosti. Rezultati PET studija pokazuju da inteligencija negativno korelira s metabolizmom cerebralne glukoze tokom mentalne aktivnosti (Haier et al., 1988). Prema ovoj hipotezi, inteligentnije osobe troše manje neuralnih resursa za rješavanje problema iste težine. Koristeći računarsku igricu Tetris, Haier et al. (1992) istraživali su da li dolazi do smanjenja aktivnosti nakon učenja. U kreativno dizajniranom eksperimentu, ispitali su osam učesnika pomoću PET-a prije nego što su igrali Tetris (niko od učesnika nikada prije nije vidio niti igrao Tetris, jer je u to vrijeme Tetris tek bio predstavljen u SAD-u) i nakon 50 dana igranja Tetrisa. Kao što su pretpostavili, a što je u skladu s hipotezom o neuralnoj efikasnosti, nakon vježbe aktivnost je bila manja u nekim areama mozga, a svi ispitanici imali su bolji učinak i kraće vrijeme pri donošenju odluke. Svi učesnici u ovom eksperimentu su u nekoliko navrata rješavali test inteligencije (Ravenove progresivne matrice za napredne). Učesnici koji su imali veći skor na testu inteligencije pokazivali su značajnije opadanje aktivnosti mozga mjerene pomoću PET-a u frontalnim i cingularnim areama mozga. Najinteligentniji učesnici pokazali su najveće smanjenje aktivnosti mozga tj. najveću efikasnost nakon učenja. Haier (2011) navodi da bi objašnjenje povećane efikasnosti mozga i smanjene aktivnosti nakon uvježbavanja moglo biti u povećanju sive mase. Više sive mase moglo bi značiti da mozak posjeduje više resursa, što rezultira manjim zahtjevima za rješavanje problema. Kako bi

testirali ovu hipotezu, Haier, Karama, Leyba i Jung (2009) mjerili su strukturalne i funkcionalne promjene na mozgu pomoću MRI-ja ponovo koristeći igricu Tetris. U eksperimentu je sudjelovalo 15 djevojaka, adolescentica, u eksperimentalnoj grupi koja je igrala Tetris tri mjeseca, i 11 djevojaka u kontrolnoj grupi u kojoj se nije igrao Tetris. Funkcijska magnetska rezonanca, korištena kao mjera praćenja aktivnosti mozga, pokazala je sniženu aktivnost nakon tri mjeseca prakse, posebno u frontalnim područjima. Nije postojala korelacija između strukturalnih i funkcionalnih promjena na osnovu čega autori pretpostavljaju da neuralna efikasnost nije funkcija povećanja sive mase. Također, ova studija nije potvrdila vezu između promjena na mozgu i rezultata na testu inteligencije.

Novija istraživanja dovode u pitanje ovu hipotezu. Rezultati istraživanja također pokazuju da ova veza nije ista za ispitanike i ispitanice. Niži nivo kortikalne aktivacije povezan je sa višom inteligencijom, ali postoji interakcija ovog obrasca neuralne efikasnosti sa spolom i vrstom zadataka: ispitanice pokazuju viši nivo neuralne efikasnosti na Posnerovom zadatku, dok na specijalnim zadacima ispitanici pokazuju očekivanu negativnu korelaciju između kvocijenta inteligencije i kortikalne aktivnosti (Neubauer, Fink i Schrausser, 2002). Haier i Benbow (1995) ispitivali su studente i studentice koji su imali visoke i prosječne rezultate na testu matematičkog rasuđivanja. Na osnovu hipoteze o neuralnoj efikasnosti, autori su pretpostavili da će studenti i studentice sa visokim matematičkim sposobnostima imati niži nivo cerebralne aktivnosti prilikom rješavanja matematičkih problema. Suprotno predviđanjima i pretpostavkama na osnovu hipoteze o neuralnoj efikasnosti, učesnici koji su imali viši nivo matematičkih sposobnosti nisu pokazali nižu cerebralnu aktivnost. Različit obrazac odnosa između aktivnosti mozga prilikom rješavanja matematičkih problema kod grupe sa višim i prosječnim sposobnostima rješavanja matematičkih problema dobiven je za ispitanike i ispitanice. Kod grupe momaka sa višim matematičkim sposobnostima, pronađena je pozitivna korelacija između aktivnosti mozga i rješavanja matematičkih problema, što je u suprotnosti sa hipotezom o neuralnoj efikasnosti, dok kod djevojaka nije utvrđena povezanost. Rezultati još nekih istraživanja iz ovog područja idu u prilog postojanju višeg nivoa neuralne aktivnosti kod inteligentnijih ispitanika prilikom rješavanja testova koji mjere *g* faktor (Gray, Chabris i Braver, 2003, Duncan et al., 2000) što je također u potpunoj suprotnosti sa očekivanim rezultatima prema teoriji o neuralnoj efikasnosti.

U preglednom članku Neubauer i Fink (2009) polemiziraju o mogućim razlozima koji dovode do ovakvih razlika u rezultatima istraživanja. Autori zaključuju da neuralna efikasnost dolazi do izražaja kada se osobe suoče sa zadacima (subjektivno) niskih do srednje teških zahtjeva i uglavnom se može primijetiti u frontalnim areama mozga. Dakle, za laganije kognitivne zadatke ili nakon određenog perioda vježbe, ispitanici razvijaju odgovarajuće (efikasne) strategije na osnovu kojih rješavaju zadatke. Kod veoma kompleksnih zadataka čini se da sposobniji ispitanici ulažu više kortikalnih resursa što rezultira pozitivnom korelacijom između aktivacije moždanih regija i kognitivnih sposobnosti. Na osnovu dosadašnjih rezultata nije jasno da li je ova promjena veze između moždane aktivnosti i inteligencije prisutna zbog toga što jednostavno inteligentnije osobe svjesno odlučuju da ulože više truda u poređenju sa manje inteligentnim osobama, koje možda jednostavno odustanu nakon što iskuse da zadatak nadilazi njihove sposobnosti. Stoga su neophodna nova istraživanja koja bi ustanovila granice između reaktivnosti na zadani zadatak početnika i eksperata, kao i ona koja bi uzela u obzir nivoe motiviranosti za rješavanje određenog problema što bi, između ostalog, mogli biti faktori koji su utjecali na to da su različita istraživanja imala i različite rezultate.

6.6. Teorija neuralnog procesiranja i 4CAPS model

Istraživanja inteligencije dobila su potpuno novu dimenziju nakon što su istraživači počeli koristiti funkcijske slikovne prikaze mozga za vrijeme rješavanja testova ili zadataka kojima se mjere intelektualne sposobnosti. Prethodno su opisana istraživanja različitih aspekata inteligencije i njene povezanosti s aktivnošću različitih dijelova mozga. Na osnovu analize rezultata istraživanja u kojima su korišteni slikovni prikazi mozga (najčešće funkcijska magnetska rezonanca) koncipirano je nekoliko teorija i modela koji pokušavaju integrirati rezultate različitih istraživanja. Dvije najobuhvatnije – teorija neuralnog procesiranja i 4CAPS model – bit će objašnjene u nastavku.

Newman i Just (2005) predlažu teoriju neuralnog procesiranja u kojoj pokušavaju objediniti i dati jasniji opis neuralnih osnova inteligencije. Teorija objašnjava neurološke osnove fluidne inteligencije ili *g* faktora. Prema ovim autorima, inteligencija nastaje na osnovu funkcije mreža kortikalnih area i stoga istraživanje ovih kortikalnih mreža može rezultirati

objašnjenjem individualnih razlika u intelektualnim sposobnostima. Teorija je nastala na osnovi nekoliko principa koje su postavili Just i Varma (2003, prema Newman i Just, 2005), a koje su u svom radu Newman i Just (2005) potkrijepili rezultatima istraživanja u kojima je korištena najčešće funkcijska magnetska rezonanca. Ti principi su sljedeći:

1. Tokom obavljanja kognitivnih zadataka dolazi do potrošnje energije, a svaka kortikalna area ima ograničen kapacitet. Ovaj princip direktno je povezan s individualnim razlikama u intelektualnim sposobnostima. Podrazumijeva se da količina dostupnih neuralnih resursa varira, ali i da može varirati potrebna količina resursa za obavljanje istih aktivnosti.
2. Topologija ili kortikalna kompozicija neurokognitivnih mreža dinamički je povezana s promjenama u određenom zadatku, i prilagođava se zahtjevima zadatka. Efikasnost, koja se pojavljuje s ovim topološkim promjenama, vjerovatno doprinosi individualnim razlikama s obzirom na učinak na pojedinim zadacima.
3. Kortikalne regije u izvođenju zadatka funkcioniraju zajednički. Varijacije u stepenu sinhronizacije ili efikasnosti u komunikaciji između regija doprinose individualnim razlikama u uspješnosti izvođenja zadatka.
4. Kvalitet puteva bijele mase koji povezuju kortikalne aree može utjecati na brzinu procesiranja. Varijacije u stepenu ili kvaliteti anatomskih veza između moždanih regija uključenih u određeni zadatak mogu doprinositi individualnim razlikama u uspješnosti izvođenja zadatka.

Prema ovim principima, fluidna inteligencija je vjerovatno rezultat adaptivnog, fleksibilnog neuralnog sistema. Ona predstavlja sposobnost neuralnog sistema da se adaptira dinamičkim promjenama u kompleksnim kognitivnim procesima. Autori ove teorije naglašavaju da navedene principe treba posmatrati kao odskočnu dasku za nova istraživanja i teorije o individualnim razlikama.

Just i Varma su 2007. godine objavili članak u kojem opisuju tzv. **4CAPS** model (engl. *Capacity Constrained Concurrent Cortical Activation-based Production System*). Naziv se može prevesti kao proizvodni sistem ograničenog kapaciteta zasnovan na istovremenoj kortikalnoj aktivaciji. Autori predlažu set principa koji upravljaju ovom organizacijom, a sistem sačinjava niz kortikalnih centara za koje je karakteristična zajednička aktivnost u sklopu kortikalne mreže. Ovi principi, prema autorima, trebali bi pomoći u razumijevanju

kako kortikalne aree zajednički proizvode tako kompleksne kognicije kakva je inteligencija. Aktivacija kortikalnih area, mjerena pomoću fMR-a i PET-a, varira u zavisnosti od kognitivnog opterećenja. Pet principa upravljaju ovom adaptivnom sposobnošću:

- Autori prvi princip zapravo predstavljaju kao multi ili inicijalni princip da je mišljenje rezultat istovremene aktivnosti više area mozga koje zajednički formiraju kortikalnu mrežu.

Teorijsko jezgro 4CAPS modela čine sljedeća četiri principa:

1. Svaka kortikalna area može učestvovati u izvedbi multiplih kognitivnih funkcija i mnoge kognitivne funkcije mogu biti rezultat rada više od jedne kortikalne aree.
2. Svaka kortikalna area ima ograničen kapacitet dostupnih resursa što ograničava njenu aktivnost.
3. Topologija velikih kortikalnih mreža se dinamički mijenja tokom kognitivnog funkcioniranja, prilagođavajući se limitiranim resursima različitih kortikalnih area i funkcionalnim zahtjevima zadatka koji se trenutno obavlja.
4. Infrastruktura komunikacije podržava zajedničko procesiranje i istovremeno je izvor ograničenih resursa što se tumači kao faktor ograničene propusnosti.

Autori su ove pretpostavke potkrijepili rezultatima različitih istraživanja koja su uključivala slikovne prikaze mozga, što je omogućilo da ovaj teorijski konstrukt bude prepoznat kao osnovan i validan.

4CAPS model je jedan od tzv. modela kognitivne arhitekture tj. kognitivne neuroarhitekture u kojima se za specifične funkcije opisuje lokalizacija u mozgu. Kao i ostali modeli, 4CAPS pretpostavlja set centara koji korespondiraju s kortikalnim areama koje se aktiviraju prilikom obavljanja kognitivnih zadataka i funkcija. Osnovni principi 4CAPS modela koji se odnose na aktivaciju dijelova mozga prilikom obavljanja različitih kognitivnih funkcija sumirani su u nekoliko postulata (Just i Varma, 2007):

- Mišljenje je produkt zajedničke aktivnosti više centara koji se aktiviraju unutar neuronske mreže.

- Svaki centar može obavljati višestruke kognitivne funkcije i, nasuprot tome, neka kognitivna funkcija može aktivirati više od jednog centra u mozgu.
- Svaki centar ima limitirani kapacitet što ograničava njegovu aktivnost.
- Aktivacija nekog centra prilikom obavljanja određene funkcije je dinamički proces koji se prilagođava dostupnosti izvora i funkcionalnim zahtjevima zadatka.
- Infrastruktura komunikacije koja podržava zajedničko procesiranje je i faktor povezan s ograničenjem određene funkcije što određuje limit funkcioniranja.
- Aktivacija kortikalne aree mjerena pomoću funkcijskih slikovnih prikaza mozga (fMR i PET) varira s obzirom na kognitivno opterećenje prilikom obavljanja određene funkcije.

4CAPS model se posebno bavi sljedećim funkcijama: razumijevanje rečenica, rješavanje spacijalnih problema i obavljanje dualnih zadataka. U nastavku je elaborirana svaka od navedenih funkcija modela.

Razumijevanje rečenica

Model pretpostavlja da različite kortikalne aree obavljaju različite verbalne funkcije i da lingvističke funkcije, koje lingvisti na ponašajnom nivou unitarno objašnjavaju, aktiviraju neuronske mreže koje uključuju zajedničku aktivnost različitih moždanih area. Na osnovu rezultata većine istraživanja, razumijevanje rečenica uključuje bilateralno Wernickeovu i Brockinu areu. Wernickeova area je specijalizirana za asocijativno prisjećanje gdje postojeće reprezentacije služe kao znaci za dosjećanje informacija povezanih s jezikom. Wernickeova area prikuplja ove asocijacije i zajedno s perceptualnim inputima i postojećim reprezentacijama stvara nove jezičke reprezentacije. Brockina area koristi asocijacije aktivirane u Wernickeovoj arei za stvaranje novih strukturalnih reprezentacija. Ove reprezentacije posjeduju unutrašnju strukturu. Brockina area nije vezana samo za sintaksičku analizu jezika nego i za druge nivoe i tipove zadataka kao što je na primjer procesiranje muzičkog ritma. Funkcija razumijevanja rečenica zahtijeva komplementarno bilateralno funkcioniranje Brockine i Wernickeove aree.

Rješavanje spacijalnih problema

Generalni model rješavanja spacijalnih problema sintetizira dvije postojeće teorije: računalni model rješavanja problema i neuropsihološku teoriju izvršnih funkcija. Model je nastao na osnovu istraživanja u kojima je korišten test rješavanja problema (Londonski toranj) i test mentalne rotacije (Shepard-Metzler figure). 4CAPS model pretpostavlja četiri centra povezana sa spacijalnim rješavanjem problema: desni i lijevi superiorni (gornji) parijetalni lobus i desna i lijeva intraparijetalna sulkus area. Desna area je više specijalizirana za usmjeravanje vizuospacijalne pažnje, dok je lijeva hemisfera više specijalizirana za stvaranje, transformaciju i supresiju vizuospacijalnih reprezentacija. Specifična funkcija modela pretpostavlja sposobnost mozga da se prebaci s jednog modula procesiranja na drugi s obzirom na specifičnost zadatka i zahtjeva koje zadatak pretpostavlja. Kod zadatka Londonski toranj dolazi do prebacivanja s modela perceptualnog procesiranja na model strategijskog procesiranja i to s povećanjem težine zadatka. Ovakvo prebacivanje i povećanje težine zadatka povećava aktivnost izvršnih i spacijalnih centara u lijevoj hemisferi i bilateralno prefrontalnih i lijevih parijetalnih područja mozga.

Obavljanje dualnih zadataka

Prema Justu i Varmi (2007), prilikom obavljanja dva kompleksna zadatka istovremeno dolazi do jednostavnog povezivanja prethodno opisanih modela koji objašnjavaju razumijevanje rečenica i mentalnu rotaciju. Model obavljanja dualnih zadataka uključuje zajedničku aktivaciju osam centara prilikom obavljanja dualnih zadataka. Wernickeova area bilateralno, lijevi i desni inferiorni frontalni gyrus koji uključuje i Brocinu areu, lijevi i desni dorsolateralni prefrontalni cortex, te lijeva i desna superiorna (gornja) parijetalna area uključeni su u obavljanje dualnih zadataka. 4CAPS model pretpostavlja da postoje i strukture preko kojih komuniciraju navedeni centri. Te strukture su različite za lingvističke i spacijalne funkcije, te se pretpostavlja da se bilateralno superiorni (gornji) i medijalni temporalni gyrus i

inferiorni (donji) frontalni gyrus aktiviraju prilikom obavljanja lingvističkih funkcija, a prilikom specijalnih funkcija dolazi do aktivacije area koje su uključene u kontrolu vizuospacijalnog procesiranja (bilateralno dorzolateralni prefrontalni cortex, te intraparijetalni sulkus i superiorni (gornji) parijetalni lobus). Model pretpostavlja da su funkcionalna i anatomska povezanost ključni aspekti kognicija, te da povezanosti centara moždane kore može imati hijerarhijsku organizaciju.

7. Moždana oštećenja i inteligencija

7.1. *Historijski aspekti neuropsihologije inteligencije*

Još je u drugom stoljeću Galen (129–199), radeći pet godina kao liječnik s gladijatorima kao pacijentima, primijetio da oštećenja mozga izazivaju promjene u ponašanju i poremećaje vezane za ponašanje. Na osnovu svog kliničkog iskustva iznio je pretpostavku da je mozak organ zadužen za psihičke funkcije. Ipak, mnogi autori i prije, ali i poslije njega, kao što je Aristotel (384–322 p.n.e.), smatrali su da je srce organ koji utječe na psihičke funkcije mozga. To je razlika između moždane i srčane hipoteze, o čemu se raspravljalo sve do pojave frenologije.

Prva globalna teorija o tome kako mozak radi je frenološka teorija koju su razvili Franz Josef Gall (1758–1828) i Johan Casper Spurzheim (1776–1832). Gall i Spurzheim su pretpostavili da su cortex i njegovi gyrusi građeni od funkcionalnih ćelija povezanih sa moždanim stablom i kičmenom moždinom. Cortex šalje signale u kičmenu moždinu, a kičmena moždina sadrži ćelije koje šalju signale u mišiće. Tako cortex kontrolira ponašanje. Također su zaključili da se mozak sastoji iz dvije simetrične hemisfere spojene corpusom callosumom koje su na taj način međusobno u interakciji. Od ove anatomske osnove, Gall je predložio teoriju kako mozak proizvodi ponašanje predlažući da različite kortikalne aree imaju različite funkcije. Gallove ideje o ponašanju potiču iz njegove rane mladosti. Naime, primijetio je da učenici sa dobrom memorijom imaju velike i prodorne oči. To je objasnio mogućnošću da je area za pamćenje iza očiju. Vršio je mnoga istraživanja ili, bolje reći, opservacije da bi dokazao svoju teoriju. Ali Gallova i Spurzheimova istraživanja nisu vodila u pravom smjeru iz nekoliko razloga. Glavni razlog je bio taj da osobine ili facete za koje su tražili lokalitet u mozgu imaju malo veze sa realnim ponašanjem. Mnoge je vrlo teško definirati i objektivizirati. Prvi pravi proboj kada je u pitanju lokalizacija desio se kada su istraživači povezivali aree mozga sa objektivnim ponašanjem kao što je govor. Poremećaje govora nakon moždanog oštećenja prvi je uočio, opisao i prezentirao nepoznati seoski liječnik, Marx Dax, 1836. godine na sastanku medicinskog udruženja u Francuskoj. To je bilo njegovo prvo i jedino znanstveno priopćenje. Dax je uočio činjenicu da od njegovih 40-ak pacijenata s mozgovnom ozljedom koji su imali teškoću u govoru niti jedan nije imao ozljedu ograničenu na desnu hemisferu. Njegovo

priopćenje nije izazvalo naročitu pozornost jer je većina njegovih savremenika vjerovala da mozak djeluje kao cjelina i da se pojedine funkcije ne mogu pripisati pojedinim dijelovima mozga. Ironično, Dax je, godinu dana kasnije, umro posve nesvjestan činjenice da je predvidio jedno od danas najvažnijih područja neuropsiholoških istraživanja. Paul Broca (1824–1880) opisao je slučaj svog pacijenta Leborgnea koji je izgubio mogućnost govora. Mogao je izgovoriti samo jednu riječ: „tan”. Tan je umro 17. aprila 1861. i sljedeći dan Broca je poslao svoje mišljenje Antropološkom društvu u kojem je opisao oštećenja lijevog frontalnog lobusa prisutnog kod pacijenta Tana. Do 1863. godine, Broca je prikupio još osam slučajeva sličnih Tanovom i svi su opisani kao slučajevi danas poznate Brocine afazije sa oštećenjem u danas poznatoj Brocinoj arei. Carl Wernicke (1848–1904) je detaljno opisao afaziju, koju danas zovemo Wernickeova afazija, povezanu sa dijelom temporalnog lobusa koji danas nazivamo Wernickeova area.

D.O. Hebb je 1940. godine prvi primijenio test inteligencije na osobama s oštećenjem mozga. Iznenađujući rezultat njegovog istraživanja bio je da lezije u frontalnim dijelovima mozga, koje su već u to vrijeme smatrane centrom viših intelektualnih sposobnosti, ne dovode do smanjenja rezultata na testovima inteligencije (Kolb i Whishaw, 1996). Njegova istraživanja podstakla su saradnju neurologa i psihologa i ukazala na važnost procjene funkcija mozga kod pacijenata s različitim oštećenjima mozga.

Autori koji su značajno unaprijedili i promovisali neuropsihološki pristup među znanstvenicima, kliničarima, ali i u široj publici su Alexander Luria i Oliver Sacks (1933–2015). Luria (1970) je u svom članku opisao funkcionalnu organizaciju mozga i to na osnovi zapažanja i proučavanja pacijenata sa ozljedama mozga. Prema Luriji, ozljede prvog organizacionog bloka mozga (moždano stablo i moždana kora) mogu dovesti do slabljenja selektivnosti kortikalnih akcija, otežane diskriminacije stimulusa i slabljenja kontrole ponašanja. Takve promjene, navodi Luria (1970), prisutne su kod tumora srednjih dijelova frontalnog lobusa i dubljih dijelova mozga. Ozljede drugog bloka dovode do kompleksnih poremećaja vizualne orijentacije u prostoru i problema u organiziranju ulaznih informacija u simultane matrice. Ozljede se očituju u problemima sa gramatikom ili strukturom jezika. Ozljede trećeg bloka (frontalni lobus) dovode do problema kod pacijenata sa svim visoko kompleksnim procesima u ponašanju (Luria, 1970). U svojoj knjizi, originalno naslovljenoj *The Man With a Shattered World* (Čovjek slomljenog svijeta) iz 1972. godine, Luria

predstavlja portret borbe jednog čovjeka sa mentalnim problemima proizašlim iz ozljede mozga. Zasetsky, kojeg je Luria pratio i tretirao tokom 25 godina, što je detaljno opisano u knjizi, bio je ranjen u glavu tokom Drugog svjetskog rata nakon čega je imao mnoge i vrlo neobične simptome. Mogao se prisjetiti događaja iz djetinjstva, ali ne iz bliske prošlosti, polovina vidnog polja mu je bila oštećena, imao je problema s govorom, čitanjem i pisanjem. Luria je detaljno opisao oštećenja struktura mozga kod ovog pacijenta, te kako je to utjecalo na njegovo ponašanje. Slično Lurijanim tekstovima, knjiga zahvaljujući kojoj se može zavoljeti područje tako komplikovane kliničke neuropsihologije svakako je ona nedavno preminulog neurologa Olivera Sacksa: *Čovjek koji je ženu zamijenio šeširom* (1985). Na jedan beletristički način Oliver Sacks opisuje slučajeve iz svoje dugogodišnje prakse, te daje objašnjenja i analizira uzroke. Ipak, u knjizi je primjetno da je u skoro svim opisanim slučajevima inteligencija očuvana. Čini se da oštećenja mozga moraju biti difuzna da bi inteligencija u smislu generalne inteligencije bila pogođena. U sljedećem poglavlju navest ćemo rezultate istraživanja u kojima je inteligencija nakon moždanog oštećenja pretrpjela određene promjene.

7.2. Inteligencija nakon moždanog oštećenja

Problemi u primjeni testova inteligencije kod pacijenata s oštećenjem mozga proizilaze, kako je i objašnjeno u dosadašnjem tekstu, zbog nedostatka precizne, odnosno općeprihvaćene definicije inteligencije, pa stoga nema ni jedinstvenog testa koji bi se mogao primjenjivati u različitim situacijama i kod pacijenata s različitim moždanim oštećenjima. Iz tog razloga se u kliničkoj neuropsihološkoj praksi najčešće primjenjuju testovi koji mjere različite kognitivne sposobnosti kao što su računanje, brzina procesiranja, prepoznavanje objekata, razumijevanje. Neki od testova koji se najčešće koriste, kao što je Wecklerova skala za procjenu inteligencije i Ravenove progresivne matrice, prethodno su opisani.

Neuropsihološka istraživanja pokušavaju „locirati“ dijelove mozga koji su odgovorni za određene funkcije ili koji su aktivni prilikom obavljanja različitih funkcija. Kod jednostavnijih funkcija, istraživanja mogu uključivati invazivne eksperimente na životinjama, ali prilikom istraživanja kompleksnijih funkcija, kao što je inteligencija i kognitivne funkcije,

najčešće se provode kvazieksperimentalna istraživanja na ljudima koja uključuju proučavanje funkcija kod ljudi nakon određenog oštećenja mozga koje može biti uzrokovano fizičkom traumom glave ili bolestima kao što su tumori, cerebrovaskularne i neuropsihičke bolesti. U ovom poglavlju prezentirana su istraživanja koja se bave posljedicama moždanih oštećenja na intelektualno funkcioniranje.

Kako navodi Lezak (2004), neuropsihološka istraživanja značajno su doprinijela redefiniranju pojma inteligencije. Jedan od najranijih neuropsiholoških nalaza je da kvocijent inteligencije na standardiziranim testovima inteligencije ne mora biti povezan s veličinom moždane lezije. S druge strane, minimalna lezija na mozgu može uzrokovati deficite u kognitivnom funkcioniranju. Ti deficiti mogu biti različitog intenziteta i kvaliteta, od onih neprimjetnih ili tek primjetnih u svakodnevnom životu do onih koji mogu svakodnevni život učiniti nemogućim i gdje pacijenti ne mogu samostalno funkcionirati. Neke deficite možemo primijetiti tek na testovima kognitivnih funkcija koji bi uvijek trebali obuhvaćati testove intelektualnih sposobnosti, kao i testove specifičnih kognitivnih sposobnosti kao što su *pamćenje* (radno pamćenje, svakodnevno, eksplicitno, implicitno, kratkoročno, dugoročno, epizodičko i semantičko pamćenje) i *pažnja*. U novije vrijeme često se koriste testovi za ispitivanje izvršnih (engl. *executive*) funkcija povezanih s funkcioniranjem prefrontalnih režnjeva mozga. Rješavanje testova intelektualnih sposobnosti podrazumijeva normalno funkcioniranje jednostavnijih kognitivnih sposobnosti čije oštećenje može, ali i ne mora utjecati na ukupan skor na testu inteligencije. Klinički testovi za procjenu intelektualnih sposobnosti, kao što je Wechslerova skala inteligencije (WAIS-Wechslerova skala inteligencije za odrasle i WISC-Wechslerova skala inteligencije za djecu), rijetko su osjetljivi na takve male promjene u kognitivnom funkcioniranju. Međutim, primjena pojedinih podtestova, tj. rezultat na pojedinim podtestovima, može iskusnom neuropsihologu ukazati na specifičan problem koji se primjenom drugih, specifičnijih testova, može detektirati. Dakle, u analizi rezultata učinka pacijenta s moždanim oštećenjem na neuropsihološkim testovima kompozitni skor ne pruža značajne informacije. Zapravo, važniji su rezultati na svakom pojedinom podtestu ili čak rezultati na pojedinačnim zadacima unutar podtestova. Intelektualne sposobnosti mogu biti podložne različitom propadanju kod različitih neuropsiholoških oboljenja i povreda mozga. To može ovisiti o mnogobrojnim faktorima od kojih su neki: vulnerabilni faktori, vrsta i intenzitet tretmana, rehabilitacija i starost pacijenta. Iz neuropsihološke perspektive, Piercy (1964, prema Lezak, 2004) navodi da inteligencija

predstavlja tendenciju da različite regije mozga podržavaju proporcionalan razvoj različitih intelektualnih sposobnosti kod pojedinca. Prema tome, ljudi s dobro razvijenim verbalnim sposobnostima imat će i dobro razvijene neverbalne sposobnosti. Neuropsiholozi smatraju da su individualne razlike kod zdravih odraslih osoba rezultat specijaliziranih interesa i aktivnosti kojima su pojedinci izloženi kroz svoja životna iskustva. Socijalizacija, iskustvo, osobna očekivanja, edukacija, emocionalni problemi, fizičke bolesti, disfunkcija mozga su faktori koji povećavaju interindividualne razlike na testovima inteligencije (Lezak, 2004). Iz neuropsihološke perspektive, kvocijent inteligencije nije unitaran konstrukt već predstavlja rezultat na osnovu baterije testova dizajnirane da mjeri hipotetičku intelektualnu sposobnost. Kompozitni skorovi na različitim testovima ili podtestovima različitih baterija za mjerenje intelektualnih sposobnosti predstavljaju dobar prediktor akademskog uspjeha, ali ne predstavlja pouzdan indikator neuropatološke deterioracije. Specifični defekti ograničeni na specifičnu funkciju koja može biti od velike važnosti za postignuće na testu inteligencije može dovesti do pogrešnog zaključka da su intelektualne funkcije oštećene, iako je možda niži skor na testu inteligencije odraz oštećenja samo jedne specifične kognitivne sposobnosti čije je oštećenje dovelo do nižeg skora na cijelom testu. To može biti, na primjer, pažnja ili samo pojedinačni aspekti pažnje ili radno pamćenje i slično, te je neophodno u neuropsihološkim procjenama uključiti i testove za procjenu ovih funkcija, a ne samo intelektualnih. Nasuprot tome, rezultat na testu inteligencije neće detektirati neke specifične kognitivne probleme. Dobar primjer za to su ekstremni oblici anterogradne amnezije gdje pacijent ne može usvojiti ništa novo od trenutka povrede koja je izazvala amneziju, a rezultat na testu inteligencije može odražavati normalno intelektualno funkcioniranje. U neuropsihološkoj praksi bilo koji rezultat koji predstavlja kompozit ili kombinaciju rezultata na različitim podtestovima koji mjere različite sposobnosti predstavlja gubitak podataka. Naprimjer, rezultat na WAIS-u koji predstavlja kompozitni skor na osnovu rezultata na pojedinačnim podtestovima, podijeljenih u pojedine skale, ne pruža nam puno informacija, jer on skriva onaj najniži i najviši skor na podtestovima na osnovu kojeg nemamo mogućnost zaključivanja o rezultatima na specifičnim zadacima u pogledu kompetencije ili disfunkcije. Primjena ovakvih testova u kliničkoj praksi može biti korisna ako se posebno analizira učinak na svakom pojedinačnom podtestu. Ipak, u istraživačke svrhe, WAIS se najčešće koristi.

Jedno od prvih istraživanja čiji je cilj bio ispitati utjecaj povrede glave na intelektualno funkcioniranje i oporavak intelektualnih funkcija provedeno je na 40 odraslih pacijenata sa

teškom povredom glave pomoću WAIS-a (Mandleberg i Brooks, 1975). Rezultati su poređeni sa pažljivo odabranom kontrolnom grupom ispitanika. Pokazali su da se verbalni kvocijent inteligencije kod ovih pacijenata približava rezultatu kontrolne grupe u roku od godine dana nakon povrede, dok je rezultat na neverbalnom dijelu skale bio značajno slabiji u poređenju sa rezultatom kontrolne grupe tokom tri godine nakon povrede glave. U ovom istraživanju nije uzimana u obzir lokalizacija povrede. Corkin, Rosen, Sullivan i Clegg (1989) procjenjivali su intelektualne sposobnosti 57 ratnih veterana iz Drugog svjetskog rata četrdesetak godina nakon povrede koju su preživjeli. Zaključak ovog istraživanja bio je da su kognitivni kapaciteti ovih ratnih veterana reducirani. Od devedesetih godina, sa porastom istraživanja o kognitivnom funkcioniranju kod pacijenata sa moždanim oštećenjem zbog povrede ili neke bolesti, sve se češće govori o učešću frontalnog i parijetalnog režnja u kognitivnom i intelektualnom funkcioniranju. Visoka pozitivna korelacija između različitih sposobnosti na testovima inteligencije bila je osnova za pretpostavku o postojanju *g* faktora ili faktora generalne inteligencije ili, kako se često naziva, Spearmanovog *g*. Prema Duncanu (1995), *g* faktor je smješten u frontalnom režnju mozga. Pacijenti sa lezijama frontalnih režnjeva imaju oštećene izvršne funkcije (disegzekutivni sindrom ili poremećaj izvršnih funkcija), pokazuju dezorganizirano ponašanje, imaju problema sa planiranjem, inicijacijom, inhibicijom ili supresijom dominantnih odgovora, perceptualnim zadacima, pamćenjem, pasivni su, pretjerano osjetljivi na distraktore, impulsivni su, imaju problema sa planiranjem i svrsishodnim akcijama. Deficiti u ovoliko različitih vrsta ponašanja ukazuju na to da je riječ o oštećenom *g* faktoru. Poput *g* faktora, radno pamćenje, osobito njegov izvršni aspekt, sposobnost je koja se povezuje sa funkcijama frontalnog režnja. Ipak, istraživanja pokazuju da oštećenja frontalnih režnjeva ne dovode uvijek do smanjenog rezultata na testovima inteligencije, kao i da oštećenja područja mozga koja nisu vezana za frontalni dio moždane kore mogu dovesti do oštećenja intelektualnih funkcija. Duncan, Burgess i Emslie (1995) predlažu da paradoks očuvane inteligencije kod ovih pacijenata može biti riješen preispitivanjem psihometrijskog koncepta *g* faktora. Psihometrijski definiran, *g* odražava općenitu tendenciju dobrog ili lošijeg rezultata na testovima što je više povezano sa fluidnim sposobnostima. Duncan et al. (1995) smatraju da WAIS, metoda koja se u istraživanjima najčešće koristi, predstavlja mjeru kristaliziranih sposobnosti, te su stoga ponovno procijenili intelektualne sposobnosti dva pacijenta s povredom frontalnih režnjeva. Oni su prethodno bili ispitivani testovima koji su bolje mjere fluidnih sposobnosti tj. sa Ravenovim progresivnim

matricama i Cattellovim testom intelektualnih sposobnosti. Kao što su pretpostavili, iako je rezultat na WAIS-u odražavao normalne intelektualne sposobnosti, oba pacijenta su na testovima koji su mjera više fluidnih sposobnosti postigli značajno niže rezultate.

Wood i Rutterford (2006) proveli su longitudinalnu studiju u kojoj su tokom 16 godina pratili učinak na WAIS-u kod 74 osobe sa povredom glave. Podaci ukazuju na dugoročne negativne efekte traume na intelektualno funkcioniranje. Roca et al. (2010) tvrde da deficiti izvršnih funkcija kod oštećenja frontalnih dijelova mozga nastaju zbog oštećene fluidne inteligencije. Ovu pretpostavku zasnivaju na rezultatima istraživanja koja kontinuirano pokazuju pozitivnu korelaciju između fluidne inteligencije i rezultata na testovima koji mjere izvršne funkcije. Rezultati istraživanja koje su proveli na pacijentima sa oštećenjima mozga pokazuju da fluidna inteligencija najviše doprinosi objašnjenju frontalnih deficita. Pretpostavka Wooglara et al. (2010), kojom pokušavaju objasniti nekonzistentne rezultate istraživanja o povezanosti lezija različitih dijelova mozga i fluidne inteligencije, jeste da postoje neuralni krugovi, koji se spominju u istraživanjima pomoću funkcijskih slikovnih prikaza mozga, a odgovorni su za sposobnosti koje mjere testovi fluidne inteligencije. Testovi fluidne inteligencije daju karakterističan obrazac aktivnosti u posteriolateralnom frontalnom, dorzomedijalnom frontalnom i medijalnom parijetalnom dijelu moždane kore. Ispitana je fluidna inteligencija 80 pacijenata sa fokalnom kortikalnom lezijom. Oštećenje navedenih regija dovelo je do oštećenja fluidne inteligencije, dok oštećenja izvan navedenih regija nisu imala prediktivnu valjanost za oštećenu fluidnu inteligenciju.

Iako se za mapiranje promjena u hemodinamici mozga koje korespondiraju sa mentalnim operacijama najčešće koristi funkcijska magnetska rezonanca, koja omogućava posmatranje struktura koje učestvuju u specifičnim moždanim funkcijama, u nekim istraživanjima korištena je i magnetska rezonanca koja nam daje samo uvid u strukturu mozga. Parentie et al. (2007) istraživali su vezu između strukturalnih promjena na mozgu i hipoglikemije kao i vezu hiperglikemije i kognitivnog funkcioniranja. Unutar grupe djece s dijabetesom, s jednim ili više teškim epizodama hipoglikemije, dokazan je manji volumen sive mase u posteriornim kortikalnim areama. Ove strukture povezane su sa učinkom na testovima epizodičkog pamćenja i sa višim vizuospacijalnim funkcijama. U jednom drugom istraživanju dokazani su efekti teških epizoda hipoglikemije na kognitivni razvoj (Parentie et al., 2008). Rana i često izražena hipoglikemija povezana je sa smanjenom sposobnošću dosjećanja eksplicitnih

informacija, dok je izuzetno visoka hiperglikemija povezana sa smanjenom verbalnom inteligencijom. Rezultati ovih istraživanja pokazuju kako strukturalne promjene na mozgu mogu biti povezane s kognitivnim funkcioniranjem. Jedno od najopsežnijih takvih istraživanja provedeno je na 241 pacijentu s fokalnim moždanim oštećenjem (Gläscher et al., 2009). Koristeći WAIS za procjenu verbalnog shvaćanja, perceptualne organizacije, radnog pamćenja i brzine procesiranja, te mapiranje bazirano na vokselima na pacijentima sa fokalnim oštećenjima mozga, autori su utvrdili statistički značajnu povezanost između intelektualnih deficita i lezija u lijevom inferiornom frontalnom cortexu za verbalne sposobnosti, u lijevom frontalnom i parijetalnom cortexu za radno pamćenje i u desnom parijetalnom cortexu za perceptualnu organizaciju. Za brzinu procesiranja autori nisu utvrdili nijednu pouzdanu lokalizaciju. Gläscher et al. su 2010. godine objavili članak u kojem su, na istom uzorku od 241 pacijenta, analizirali neuralne supstrate g faktora inteligencije. Značajne veze su pronađene između g faktora i neuralne mreže u frontalnom i parijetalnom cortexu. Autori smatraju da generalna inteligencija predstavlja vezu između regija koje integriraju verbalne i vizuospacijalne sposobnosti, radno pamćenje i izvršne ili egzekutivne funkcije. Rezultati ovog istraživanja u skladu su s već opisanom P-FIT teorijom koja isto tako naglašava ulogu kortikalnih regija u prefrontalnom, parijetalnom, okcipitalnom i temporalnom cortexu.

Ovdje ćemo kratko spomenuti još jedan aspekt inteligencije kojim se nismo detaljno bavili u ovoj knjizi, a koji se često spominje kao vrlo bitan nakon moždanih oštećenja. Riječ je o socijalnoj ili emocionalnoj inteligenciji pod kojom se podrazumijeva sposobnost kooperacije sa drugim ljudima, sposobnost zajedničkog rada u postizanju nekog zajedničkog cilja, ili sposobnost empatije, razumijevanja osjećaja drugih, sposobnost kontrole emocija i rješavanja socijalnih problema. Dakle, riječ je o sposobnosti koja, generalno, pojedincu omogućava da se sa svakodnevnim zahtjevima uspješno nosi i suočava, što unapređuje njegov emocionalni i socijalni život. Autori poput Humphreyja (1976) ističu da se inteligencija generalno, kod ljudi i kod životinja, te generalno znanje, razvija u kontekstu socijalne zajednice, zajednice koja omogućava kulturalni prenos informacija i zaštitu okoline u kojoj individua uči i u kojoj se to znanje pojavljuje. Prema Humphreyju, glavna uloga kreativnog intelekta je da održava društvenu zajednicu stabilnom. U socijalnoj zajednici, posebno u kompleksnim društvima kakvo je ljudsko, svaka individua ima cilj da održi postojeću socijalnu strukturu grupe i istovremeno da istraži i pokuša nadmudriti i biti sposobnija od ostalih članova grupe. Stoga,

svaki član grupe mora biti svjestan posljedica svog ponašanja, mora predvidjeti ponašanje drugih, mora izbalansirati prednosti i gubitke određenih ponašanja i postupaka i sve to u kontekstu gdje takve kalkulacije moraju prolaziti konstantnu provjeru i promjene u ponašanju zbog postupaka drugih članova određene socijalne grupe. U takvim okolnostima, socijalne vještine su ključne za preživljavanje. Humphry (1976) ovakva ponašanja poređi sa šahom. Socijalna interakcija je tipično transakcija između socijalnih partnera. Jedna životinja, na primjer, može željeti svojim ponašanjem promijeniti ponašanje druge životinje. Kako je i ta druga životinja inteligentna, interakcija postaje dvosmjerna gdje svaki „igrač“ mora biti spreman na promjenu taktike, a možda i ciljeva s obzirom na to kako se igra odvija. Osoba mora biti spremna na specifično planiranje, gdje svaki potez može proizvesti nekoliko različitih odgovora drugog igrača, na koje se opet može odgovoriti s nekoliko različitih odgovora, što ovakvu interakciju pretvara u nešto slično krošnji rastućeg drveta. I u ovoj igri postoje bolji i lošiji igrači, ali bez obzira na to, svi smo prisiljeni igrati istu igru još od rođenja. Ključno svojstvo u ovoj socijalnoj interakciji je, prema Humphryju, simpatija, naklonost ili suosjećanje. Dok je dobar igrač šaha sebičan i igra samo za sebe, nesebičnost i sklonost sviđanju i uspostavljanju emocionalnih veza s drugim članovima specifično je za većinu članova određene socijalne zajednice. Naklonost i sviđanje, kao i moral biološki su adaptivna ponašanja specifična i za ljude i za životinje i predstavljaju vrlo značajan faktor u tumačenju ponašanja. Čovjek je u situaciji rješavanja socijalnih problema uključen i u fluidnu interakciju s partnerom ili potencijalnim partnerom/partnerima zbog čega se ponekad može ponašati neprimjereno kontekstu i biti podložniji greškama. Ipak, ponekad takvi „pogrešni“ pristupi i rješenja mogu biti neočekivano kreativni i pokretači napretka, na primjer, u znanosti. Sposobnost socijalne i emocionalne inteligencije, slično kao izvršne funkcije, ima svoju jasnu neurološku osnovu i vezana je za integritet i normalno funkcioniranje mozga. Brojna su istraživanja koja pokazuju da pacijenti sa lezijama ventromedijalnog prefrontalnog cortexa imaju poteškoća sa rasuđivanjem i donošenjem odluka. Ovi pacijenti, iako mogu imati prosječan rezultat na klasičnim testovima inteligencije, ponašaju se na način koji odražava specifičan poremećaj u donošenju odluka i poremećen odnos s drugim, često bliskim ljudima. Često imaju poteškoća da na efektan način dožive, razumiju ili izraze emocije (Damasio, 1994). Isto tako, lezije amygdale i insule, i to izraženije u desnoj hemisferi, ugrožavaju normalne sposobnosti donošenja odluka, što se često odražava na kvalitet odnosa s drugim

ljudima, koji može biti važan faktor oporavka i povratka svakodnevnim aktivnostima nakon moždanog oštećenja (Bar-On, Tranel, Denburg i Bechara, 2003).

7.3. Oporavak nakon moždanog oštećenja

Plomin (1997) naglašava i upozorava da genetička istraživanja opisuju šta jeste, tj. genetičke i okolinske faktore koji doprinose razlikama između individua određene populacije u određenom periodu, ali ona nemaju mogućnost predviđanja šta može biti. Dokazi o genetičkom utjecaju ne znače da su razlike između pojedinaca nepromjenljive i nepopravljive jer okolinski faktori (npr. intenzivan trening) mogu doprinijeti razlikama. Ali ni trening, koji može rezultirati izrazito poboljšanim sposobnostima, nije u kontradikciji sa dokazima o genetičkim utjecajima na različite sposobnosti. Već su opisani neki genetički poremećaji koji mogu dovesti do sniženih intelektualnih sposobnosti. Za ove poremećaje, kao i za povrede ili bolesti nakon rođenja, koje isto tako mogu dovesti do poteškoća u intelektualnom funkcioniranju, ključni su terapijski postupci koji mogu usporiti, zaustaviti daljnje intelektualno propadanje, ili i dovesti do oporavka određenih intelektualnih funkcija. I kod zdravih ispitanika, trening značajno može poboljšati određene funkcije, što je povezano i sa strukturalnim promjenama na mozgu. Međutim, u kojoj mjeri trening doprinosi poboljšanju kognitivnih funkcija ne možemo pouzdano zaključiti na temelju istraživanja korelacijskog tipa.

Na primjer, u istraživanju Maguirea et al. (2000) poređena je razlika u veličini pojedinih dijelova hippocampusa između londonskih taksista i ispitanika koji nisu taksisti. Londonski taksisti prolaze intenzivan trening dvije do četiri godine koji uključuje učenje oko 25.000 ulica u gradu (uključujući i informacije koje od tih ulica su jednosmjerne i u kojem pravcu) i pamćenje hiljade lokala i institucija širom Londona. Nakon toga polažu test za licencu. Snimanjem magnetskom rezonancom (MRI) kod ovih ispitanika ustanovljen je značajno veći volumen sive mase u posteriornom hippocampusu u odnosu na kontrolnu grupu ispitanika i smanjen volumen sive mase u anteriornom hippocampusu. Na osnovu ovakvih rezultata možemo pretpostaviti da postoji kapacitet za plastičnost koja dovodi do strukturalnih promjena u sivoj masi hippocampusa (Maguirea et al., 2000).

U prethodnom poglavlju smo spominjali da kvocijent inteligencije ne mora biti povezan sa veličinom moždane lezije, te da minimalna lezija na mozgu može uzrokovati deficite u kognitivnom funkcioniranju. Ti deficiti mogu biti različitog intenziteta i kvaliteta, od onih neprimjetnih ili tek primjetnih u svakodnevnom životu, do onih koji mogu svakodnevni život učiniti nemogućim. Isto tako, velike lezije na mozgu ne moraju nužno rezultirati kliničkim simptomima i onemogućiti osobu u svakodnevnim aktivnostima. Poznati su primjeri u literaturi gdje velika oštećenja ne uzrokuju nužno veliko propadanje funkcija ili, pak, primjeri gdje je došlo do oporavka funkcija. Na primjer, poznat je slučaj 44-godišnjeg „uredskog radnika“ koji se žalio na blagu slabost u lijevoj nozi zbog čega je urađen CT mozga. Ustanovljeno je masivno povećanje lateralnih ventrikula, a MRI je otkrio i povećanje treće i četvrte ventrikule sa vrlo malim zonama sive i bijele mase mozga. Neuropsihološkim testiranjem utvrđena je samo laka intelektualna onesposobljenost. Pacijent je bio oženjen, otac dvoje djece, zaposlen kao civilni službenik (Feuillet, Dufour i Pelletier, 2007). Ili poznati slučaj djevojčice koja je zbog rijetkog oblika hroničnog fokalnog encefalitisa (Rasmussenov sindrom), ustanovljenog kada je imala tri godine, svakodnevno imala višestruke teške epileptičke napade. S obzirom na to da su napadi bili ograničeni na desnu hemisferu, a djevojčica nije reagirala na različite pokušaje terapije, liječnici su se odlučili na hemisferektomiju ili odstranjivanje kompletne desne moždane hemisfere kada je djevojčica imala šest godina. Kada se ova procedura provodi na djeci očekuje se, zbog plastičnosti mozga, puni oporavak pacijenta, što se i desilo u konkretnom slučaju. Stoga je opravdano postaviti pitanje koji su to faktori koji mogu doprinijeti razlikama u veličini i strukturi mozga kod zdravih ispitanika (primjer londonskih taksista), ali i faktori koji pospješuju oporavak nakon moždanog oštećenja (primjer djevojčice nakon hemisferektomije). Smatramo da su i jedni i drugi faktori povezani sa kapacitetom plastičnosti mozga koja se generalno definira kao kapacitet nervnog sistema da se mijenja, strukturalno i funkcionalno, i to kao reakcija na zahtjeve okoline. Pod pojmom plastičnosti podrazumijeva se kapacitet mozga da se oporavi nakon povrede ili bolesti što može rezultirati oporavkom funkcija i usporavanjem propadanja funkcija kod bolesti kao što su npr. Alzheimerova bolest ili multipla skleroza. Neuroplastičnost neurona, dakle, može biti funkcionalna, atomska ili se može odnositi na formiranje novih sinaptičkih veza. Zdravi mozak, uključen u neko novo iskustvo ili učenje, uspostavlja niz neuralnih veza ili neuralnih krugova koji se formiraju i održavaju vježbom. Uspostavljanje tih veza među neuronima ili stvaranje sinapsi dešava se tokom cijelog života.

Sticanjem novog znanja ponavljanjem sinapse sve više jačaju. Bolja veza između neurona znači da se električni signal efikasnije prenosi s neurona na neuron, a to se može uspostaviti vježbom. Osim uspostavljanja i jačanja veza među neuronima, neuroplastičnost podrazumijeva i neurogenezu tj. stvaranje i proliferaciju novih neurona u mozgu. Dugo vremena znanstvenici su smatrali da nema nastanka novih neurona u mozgu nakon rođenja i tokom starenja, te se pojam neuroplastičnosti odnosio na npr. neuralnu reorganizaciju nakon ozljede. Međutim, istraživanja pokazuju da se neurogeneza može dokazati npr. u gyrus dentatusu u hippocampusu (Eriksson et al., 1998). Još jedna regija koja se u istraživanjima spominje kao regija u kojoj je dokazano nastajanje novih neurona je subventrikularna zona lateralnog ventrikula (Deng, Aimone i Gage, 2010). U mozgu odraslih osoba hippocampus je ključna struktura za određene vrste pamćenja kao što su epizodičko i specijalno pamćenje. Preko krugova u mozgu povezanih s emocijama, hippocampus je uključen i u emocionalna ponašanja. Pitanje koje su istraživači postavili jeste da li stvaranje novih neurona utječe na ove funkcije koje su na različite načine povezane s hippocampusom. Deng et al. (2010) naglašavaju da novi neuroni i veze među njima nastaju pod utjecajem okolinskih faktora, ali da tačni mehanizmi preuzimanja učešća u funkcijama kao što je pamćenje ovih novih neurona još uvijek nisu jasni. Isto tako, još uvijek je otvoreno pitanje da li novi neuroni imaju utjecaj na kodiranje, pohranjivanje ili prisjećanje. Neurogeneza potencijalno može biti ključna za razvoj efikasnih tretmana kod bolesti poput Alzheimerove demencije, depresije, epilepsije, Parkinsonove bolesti i slično. Ova istraživanja, iako još uvijek ne daju jednoznačne odgovore na sva pitanja, podržavaju tretmane nakon moždanih oštećenja koji uključuju kognitivnu rehabilitaciju tj. primjenu različitih kognitivnih tehnika i zadataka što treba da pospješiti oporavak stimulirajući nastanak novih neurona i veza među njima.

8. Uloga ishrane u razvoju inteligencije

Jedan vrlo specifičan poremećaj koji oslikava važnost ishrane u razvoju inteligencije je fenilketonurija. Kod ovog genetički uvjetovanog poremećaja, zbog nedostatka enzima fenilalanin hidroksilaze, nužnog za sintezu tiroksina iz fenilalanina, dolazi do nakupljanja fenilalanina u organizmu. Dakle, riječ je o genetički uvjetovanom poremećaju metabolizma aminokiselina. U urinu su, kao posljedica nakupljenog fenilalanina, prisutni fenilketoni. To predstavlja klinički znak da je potrebno da se novorođenče stavi na specifičnu dijetu koja će spriječiti nakupljanje fenilalanina, a time i posljedične simptome. Bez ove posebne dijetu tj. specifične cjeloživotne ishrane, može doći do oštećenja mozga što može rezultirati epileptičkim napadima i razvojem intelektualne onesposobljenosti. Ostali simptomi bolesti uključuju povraćanje, hiperaktivnost i povećanu iritabilnost. Nakon što je liječnik Fölling otkrio ovu bolest 1934. godine primijetivši poseban miris urina svoje dvoje intelektualno onesposobljene djece i nakon otkrića da je riječ o genetički uvjetovanom metaboličkom poremećaju, novorođenčad se danas Guthrie testom testira na prisustvo indikatora bolesti. Ako se fenilketonurija otkrije dovoljno rano kod novorođenčeta, te ako se novorođenče stavi na specifičnu dijetu sa vrlo malo fenilalanina (takvu dijetu je potrebno držati tokom cijelog života), dolazi do potpuno normalnog razvoja mozga. Normalan razvoj i odsustvo simptoma rezultat su samo, dakle, načina ishrane. Ovo pokazuje kako je važno baviti se ovim aspektom inteligencije.

Tezu o porastu inteligencije u većini ekonomski razvijenih zemalja tokom druge polovine dvadesetog stoljeća neki autori objašnjavaju upravo boljom i kvalitetnijom ishranom koja je dovela i do povećanja visine, povećanja obima glave i veličine mozga, te dovela do unapređenja u neurološkom razvoju i funkcioniranju mozga (Lynn, 1990). Adaptacija čovjeka okolini, što predstavlja jedan od faktora koji doprinosi razvoju inteligencije, temeljila se na nastojanju da se obezbijede dovoljne količine hrane (Kaplan, Hill, Lancaster i Hurtado, 2000). O važnosti ishrane u razvoju mozga govore i paleontološka istraživanja. Herculano-Houzel (2012) navodi istraživanja koja pokazuju trend povećanja broja neurona sa 27 do 35 milijardi kod *Australopithecusa* i *Paranthropusa*, do oko 50-60 milijardi neurona kod roda *Homo* (*Homo rudolfens* do *Homo ancesro*). Za *Homo erectusa* procjenjuje se da je posjedovao 62 milijarde neurona, a *Homo heidelbergensis* i *Homo neanderthalensis* od 76 do 90 milijardi

neurona što je otprilike koliko posjeduje današnji *Homo sapiens sapiens*. Smatra se da je za povećanje broja neurona ključna bila količina konzumiranih kalorija. Izumom vatre ljudi su, kontrolirajući je, počeli kuhati hranu, što je značajno povećalo količinu energije koja se iz nje dobivala. Takve okolnosti vjerovatno su razlog naglog i značajnog povećanja neurona *Homo sapiens* u odnosu na *Homo erectus* (Wrangham, 2009, prema Herculano-Houzel, 2012). Evolucija ljudskog mozga, koja je podrazumijevala veću metaboličku potrošnju zbog velikog broja neurona, bila je moguća jedino u uvjetima korištenja vatre za kuhanje hrane jer se za vrlo kratko vrijeme unese dovoljno potrebnih kalorija. Nadati se da su zagovornici novih trendova o unošenju isključivo sirove, termički neobrađene hrane upoznati sa ovim znanstvenim pretpostavkama prema kojima bi ljudi danas bili na značajno nižem nivou intelektualnog funkcioniranja da nisu prešli na ishranu termički obrađenom hranom.

Lynn (1990) upravo razlikama u kvalitetu ishrane objašnjava razlike u kvocijentu inteligencije kod ljudi koji su živjeli u različitim periodima. Nutriciona hipoteza objašnjava razlike u inteligenciji ljudi koji su živjeli u vrijeme posljednjeg ledenog doba (za koje se smatra da se završilo oko 10.000 godina p.n.e.) i ljudi koji su živjeli u 19. stoljeću. Euroopski kavkazoidi i ljudi sa Bliskog istoka imali su mozak veličine kao i ljudi danas. Njihova prehrana najvećim dijelom je bila zasnovana na mesu životinja jer su im biljke bile nedostupne veći dio godine. Nakon ledenog doba, ljudi su razvili novi stil življenja u seoskim domaćinstvima uzgajajući domaće životinje i žitarice. Rezultat takvog života bio je i lošiji kvalitet ishrane što se može vidjeti na skeletnim ostacima ljudi iz tog perioda. Tokom 2000 godina, sve do 1930. godine, nije bilo razlika u veličini glave i nivou inteligencije. U drugoj polovici dvadesetog stoljeća dolazi do povećanja veličine glave što se u ekonomski razvijenim zemljama objašnjava nutritivno bogatijom i adekvatnijom ishranom.

Nutricionu hipotezu podržavaju i rezultati istraživanja koji pokazuju da izloženost nekim štetnim tvarima iz okoline može dovesti do smanjenja kvocijenta inteligencije kod djece. Koncentracija olova u krvi djece od sedam godina u negativnoj je korelaciji sa kvocijentom inteligencije i ta povezanost ostaje značajna i kada se pod kontrolom drže varijable kao što su: spol, nivo obrazovanja roditelja, godine majke pri porodu, konzumiranje cigareta oba roditelja, socioekonomski status, kvocijent inteligencije majke, porođajna težina, redosljed rođenja, način ishrane u dojenačkoj dobi (dojenje, flašica ili oboje), trajanje dojenja, odrastanje u porodici s oba roditelja ili samo s jednim (Baghurst et al., 1992).

Postoje brojni podaci o deficijenciji vitamina D, nedovoljnom unosu različitih vitamina i minerala, i općenito nedovoljnoj i neadekvatnoj ishrani djece u prvoj polovini 20. stoljeća (Lynn, 1990). U drugoj polovini 20. stoljeća, ekonomski razvoj je doveo do povećanja standarda, ishrana se unaprijedila, što je dovelo do povećanja populacije. Prethodno su opisana istraživanja koja izvještavaju o niskoj, ali značajnoj korelaciji između veličine glave i inteligencije gdje također značajna varijabla koja utječe na tu povezanost može biti ishrana. Visina i kvocijent inteligencije su također u niskoj pozitivnoj korelaciji. Korelacije između visine i kvocijenta inteligencije su od 0,13 (Douglas, Ross i Simpson, 1965, prema Lynn, 1990) do 0,25 (Scottish Council, 1953, prema Lynn, 1990). Za razumijevanje utjecaja ishrane na rast i razvoj mozga i time na ponašanje, bitno je napomenuti da postoje kritični periodi u kojima ishrana igra važnu ulogu u razvoju mozga. Na primjer, folna kiselina je ključna za normalan razvoj neuralne cijevi i to u kratkom periodu oko 22. dana gestacije (Czeizel i Dudas, 1992). Veza između razvoja mozga i perioda u kojem su određeni nutrijenti bili dostupni nije samo bitna za prenatalni period već i za postnatalni rast i razvoj, iako se u literaturi često naglašava da je period razvoja neuralne cijevi kritični period, a period ranog djetinjstva osjetljivi period u kojem je uloga ishrane bitna, ali ne i ključna za normalan rast i razvoj. Deficijencija određenih nutrijenata tokom prenatalnog razvoja najčešće uzrokuje ireverzibilne promjene, dok su promjene tokom postnatalnog razvoja, uzrokovane neadekvatnom ishranom, uglavnom reverzibilne. Posljedice se mogu umanjiti prelaskom na adekvatniju i optimalniju ishranu. Pouzdanost rezultata istraživanja koji pokazuju korelaciju između loše ishrane kod novorođenčadi i inteligencije kasnije u životu dovodi se u pitanje zbog mnogobrojnih faktora koji su istovremeno mogli utjecati na takav rezultat. Djeca koja imaju lošu ishranu uglavnom se rađaju u porodicama gdje su i roditelji niže inteligencije i niskog socioekonomskog statusa što rezultira i siromašnijom okolinom u kojoj djeca odrastaju. Socioekonomski status povezan je sa varijablama kao što su kvalitet obrazovanja i socijalni status, koje zajedno utječu na mogućnost porodice da obezbijedi ključne uvjete za razvoj širokog spektra aktivnosti i sposobnosti. Iz ove perspektive, ishrana je važan medijator efekata socioekonomskog statusa na djetetove sposobnosti. Nizak socioekonomski status vodi ka neadekvatnoj ishrani što uzrokuje poteškoće u normalnom razvoju, kako fizičkom, tako i razvoju kognitivnih funkcija, ali i ostalih psiholoških varijabli. Također je bitno napomenuti da ishrana nije jedini faktor koji preko socioekonomskog statusa utječe na razvoj mozga i

sposobnosti. Bitne su i varijable kao što su: zdravstvena njega, uvjeti stanovanja, igračke i materijali koji su više ili manje kognitivno stimulativni, te socijalna mreža u kojoj dijete odrasta. Djeca iz obitelji sa niskim socioekonomskim statusom tokom djetinjstva često pate od nekih hroničnih bolesti i kod njih su češće prisutni problemi u ponašanju, psihijatrijski simptomi, maladaptivno funkcioniranje i niži intelektualni i akademski uspjeh u odnosu na djecu iz obitelji s višim socioekonomskim statusom. Zbog toga je teško odrediti do koje mjere loša ishrana doprinosi razvojnim problemima, jer djeca koja nemaju pristup adekvatnoj ishrani također imaju manje mogućnosti u pogledu pristupa svim ostalim, za normalan razvoj, važnim resursima. Istraživači su pretpostavili da bi viši socioekonomski status trebao biti povezan sa boljim kognitivnim funkcioniranjem. Johnston, Low, de Baessa i MacVean (1987) kao mjeru kvalitetne ishrane koristili su visinu, koja je u ovom istraživanju bila dobar indikator nutritivnog statusa i utvrdili su linearnu povezanost između visine, socioekonomskog statusa i kvocijenta inteligencije.

Zanimljive rezultate pružaju istraživanja sa jednojajčanim blizancima rođenim s različitom porođajnom težinom zbog reduciranog protoka krvi kroz placentu kod jednog od njih. Rezultati istraživanja sa takvim jednojajčanim blizancima koje su proveli Churchill (1965) i Henrichsen et al. (1986; sve prema Lynn, 1990) govore u prilog hipotezi da različita ishrana, koja je utjecala na različitu težinu blizanca, dovodi do značajne korelacije između porođajne težine i kvocijenta inteligencije. Rosales, Reznick i Zeisel (2009) ispitali su ulogu ishrane u postnatalnom razvoju mozga i ponašanja kod predškolske djece (uzrasta od 1 do 5 godina). Upravo za taj period karakteristične su rapidne i dramatične promjene u mozgu i to je vrijeme usvajanja osnovnih kognitivnih i interpersonalnih vještina. Tokom tog perioda značajno se povećava vokabular, poboljšava se motorička koordinacija, i djeca postaju sposobna usmjeriti pažnju na zadatak tokom dužeg vremenskog perioda. To je i period tranzicije sa ishrane koja je bila direktno povezana sa izborom odraslih (roditelja, staratelja) na ishranu na čiji izbor više utječu i djeca, a na osnovu svojih ličnih preferencija. Ovi autori naglašavaju da utjecaj ishrane može imati kratkoročne i dugoročne efekte. Na primjer, može se primijetiti trenutni efekt glukoze koju smo unijeli jedući neki slatkiš bogat glukozom ili efekt dobrog i kvalitetnog doručka koji traje cijeli dan, ili višednevni efekt suplementa kakav je željezo. Efekti ishrane mogu se pojaviti još intrauterino i mogu trajati cijeli život. Na primjer, rana iskustva kao što je suboptimalna ishrana ili izloženost teratogenim faktorima, preko različitih

mehanizama, povezana su sa velikim brojem dugoročnih ishoda kao što su okusne preferencije, inteligencija, pretilost, funkcija srca i drugih unutarnjih organa. Rezultati istraživanja također pokazuju da suboptimalna ishrana ima veći negativni utjecaj na vizuo-spacijalne nego na verbalne sposobnosti (Willerman i Churchill, 1967; Hendrichsen et al., 1986). Ako je ishrana bogata nutrijentima povezana sa kvocijentom inteligencije, možemo postaviti pitanje da li će konzumacija dodataka ishrani kao što su tablete i sirupi sa vitaminima i mineralima imati utjecaja na kvocijent inteligencije. Istraživanja pokazuju da takva intervencija može povoljno djelovati na razvoj inteligencije kod djece. Benton i Roberts (1988) izvijestili su da djeca od 12 i 13 godina, kojima su u periodu od osam mjeseci davani multivitamini i minerali, postižu skor na testovima inteligencije veći za 8 jedinica. 125 djece kojima su u istraživanju tokom tri mjeseca davani dodaci prehrani u obliku vitamina i minerala postiglo je značajno bolji rezultat na Wechslerovoj skali inteligencije u poređenju sa 120 djece koja nisu uzimala nikakve dodatke prehrani (Schoenthaler, Bier, Young, Nichols i Jansens, 2000). Navike uzimanja dodataka prehrani u obliku vitamina i minerala mogu povoljno djelovati na kognitivno starenje i reducirati i usporiti kognitivnu deterioraciju u starijoj dobi (Whalley, Fox, Wahle, Starr i Deary, 2004).

Lucas et al. (1989; 1990); Lucas, Morley, Cole, Lister i Leeson-Payne (1992) u longitudinalnom istraživanju na skupini djece od 18 mjeseci i kasnije 7 do 8 godina, koja su konzumirala majčino mlijeko i djece koja su hranjena formulom, dokazali su značajnu prednost hranjenja majčinim mlijekom na razvoj intelektualnih sposobnosti. Prednosti u kvocijentu inteligencije oko 8,3 jedinice bile su prisutne i nakon kontroliranja faktora kao što su socijalni status i nivo obrazovanja majke. Bitno je napomenuti da su u ovom istraživanju obje grupe djece bile hranjene pomoću ili nazogastrične tube ili flašice, čime se isključuje mogućnost da je na ovaj rezultat mogao utjecati kontakt prilikom dojenja između majke i djeteta.

Flynn (1987) navodi da porast kvocijenta inteligencije može predstavljati samo povećanje sposobnosti za rješavanja testova inteligencije. Ako je inteligencija posljednjih pola stoljeća porasla za jednu standardnu devijaciju, onda bi trenutno trebalo biti mladih ljudi čija je inteligencija značajno veća nego kod ljudi koji su stariji nekoliko desetljeća od njih, što bi se trebalo vidjeti na novim patentima i znanstvenim otkrićima. Međutim, to nije slučaj.

Ipak Lynn (1990) navodi da postoje dokazi o sve višem skorima na testovima inteligencije, da je znanstveni i tehnološki napredak prisutan u ekonomski razvijenim zemljama, te da je proporcija mladih ljudi koji pohađaju univerzitet značajno porasla u posljednjih pola stoljeća. Alternativa nutricionističkoj teoriji objašnjava porast kvocijenta inteligencije bogatijom kognitivnom stimulacijom. Roditelji koji su bolje educirani pružaju i bogatiju kognitivnu stimulaciju djeci. Međutim, bolja kognitivna stimulacija djeluje na verbalni aspekt kvocijenta inteligencije, a veći porast postoji za vizuospacijalne sposobnosti, koje se ne mogu naučiti u porodici ili školi i za koje je pokazano da ovise o kvalitetu ishrane. Također, neka istraživanja koja opisuje Lynn (1990) pokazuju porast inteligencije i kod djece do druge godine što teorija o bogatijoj kognitivnoj stimulaciji ne može adekvatno objasniti. Teorija o genetičkim utjecajima, kao treća teorija koja pokušava objasniti porast kvocijenta inteligencije, pretpostavlja da postoji tendencija da inteligentnije individue imaju veći broj djece. Međutim, rezultati istraživanja Van Courta i Beana (1985) na 12.000 ispitanika u SAD-u pokazuju negativnu korelaciju između broja djece i inteligencije roditelja.

Lynnova je pretpostavka da upravo kvalitet ishrane djece ima jako važan utjecaj na razvoj inteligencije, te da unapređenjem ishrane možemo utjecati na povećanje kvocijenta inteligencije. Hrana i njena povezanost sa inteligencijom predstavlja okolinski faktor, ali ne kao što je to npr. medicinska njega, obrazovanje ili iskustvo. Autori se slažu da ishrana direktno može modificirati strukturu gena i posredovati u ispoljavanju genetičkih faktora omogućujući specifičnim molekulama izražavanje potencijala pojedinih gena koji onda mogu utjecati na rast i razvoj. Mozak se sastoji od specijaliziranog tkiva gdje funkcija zavisi od električnih potencijala i veza između neurona. Ove specijalizirane funkcije mozga zahtijevaju potrebu za određenim nutrijentima poput kolina, folne kiseline, željeza, cinka i nezasićenih masnih kiselina. Ishrana može imati direktni utjecaj na ekspresiju gena (Rosales et al., 2009). Levi i Sanderson (2004) opisuju epigenetičke efekte ishrane na upalne puteve i promjene na mozgu te efekte koje hipoglikemijska dijeta može imati na ekspresiju neuralnih faktora. Neki nutrijenti mogu utjecati na faktore rasta. Retinoična kiselina, kao aktivna forma vitamina A, uključena je u morfogenezu centralnog nervnog sistema (Parada, Gato i Bueno, 2008). Neki nutrijenti, gradeći osnovne strukturalne komponente sinapsi, kao što je npr. specifična masna dokozaheksaenoinska kiselina (DHA), olakšavaju inkorporaciju iskustva u kognitivne funkcije. DHA je veoma važna za sinaptogenezu, posebno tokom trećeg trimestra ljudske gestacije (Jacobson et al., 2008). Možemo zaključiti da ishrana igra veoma važnu ulogu i

predstavlja neku vrstu medijatora između bioloških i okolinskih faktora koji utječe na rast i razvoj mozga, a time i na ponašanje i sposobnosti. Potrebna su dalja istraživanja koja će rezultirati tačno određenim preporukama o vrstama hrane i/ili vrstama suplemenata i njihovoj vezi sa razvojem specifičnih funkcija, kao i o kritičnim periodima u kojima je neophodno uzimati određene nutrijente.

9. Zaključak

Nekoliko aspekata biopsihologije inteligencije razmatranih u ovoj knjizi pokazuju kako je inteligencija kompleksan pojam i kako se do bioloških osnova inteligencije dolazilo lutanjima i mnogobrojnim teorijama. Pokušaji da se ustanove biološke osnove inteligencije uvijek nas vraćaju na početak i zahtijevaju da je pojam, čije biološke osnove razmatramo, jasno i operacionalno definiran. Definiranje pojma inteligencije, kao i procjena intelektualnih funkcija, ima dugu i prilično kontroverznu historiju. Riječ inteligencija čini se pretjeranim poopćavanjem velikog broja različitih sposobnosti. Istraživanje kognicija ponekad podrazumijeva i istraživanja intelektualnih funkcija, tako da je jedan od problema razgraničavanje ova dva pojma. Na primjer, zaključci o lokalizaciji intelektualnih funkcija u mozgu proizilaze iz istraživanja u kojima se snima moždana aktivnost tokom rješavanja elementarnih kognitivnih zadataka. Elementarni kognitivni zadaci imaju visoku povezanost s inteligencijom, ali različite teorije i definicije inteligencije podrazumijevaju puno šire shvatanje pojma inteligencije, te se možemo zapitati da li je ispravno zaključivati o centrima intelektualnih funkcija na osnovu proučavanja elementarnih kognitivnih zadataka. Ipak, najveći broj istraživanja sadržavao je elementarne kognitivne zadatke prilikom funkcijskih magnetskih snimanja.

Većina teorija i definicija inteligencije pretpostavlja postojanje multiplih komponentnih procesa uključenih u intelektualne sposobnosti. Te različite komponente mogu imati i različite genetičke osnove kao i različitu lokalizaciju u mozgu, što je otežalo pisanje prva dva poglavlja ove knjige u kojima se opisuju genetičke i psihofiziološke osnove intelektualnih sposobnosti. Zaključno, čini se da je najadekvatnija definicija inteligencije autorice Linde Gottfredson koja kaže da je: „inteligencija veoma generalna mentalna sposobnost, koja, pored ostalog, uključuje sposobnost rezonovanja, planiranja, rješavanja problema, apstraktnog mišljenja, shvatanja kompleksnih ideja, brzog učenja i učenja iz iskustva. Također, ona je odraz širih i dubljih sposobnosti za shvatanje naše okoline – ‘hvatanje’, ‘davanje smisla’ stvarima, ili ‘shvatanja šta uraditi’“ (Gottfredson, 1997).

Bitno je naglasiti da su genetički faktori kontinuirano dokazani kao značajni za razvoj intelektualnih sposobnosti u djetinjstvu, ali i u odraslom dobu. Isto tako, može se reći da

okolinski faktori predstavljaju nužan faktor u razvoju intelektualnih sposobnosti. Ako se majka tokom trudnoće ne hrani kvalitetno, ako su prisutni faktori poput konzumiranja alkohola i droga čak i prije trudnoće, razvoj mozga djeteta, a time i funkcija kao što je inteligencija, neće dostići puni potencijal koji nam obezbjeđuju geni. Djeca koja rastu u stimulaturnijim okolinama imat će i viši kvocijent inteligencije. Indeks heritabilnosti, koji nam daje informaciju o proporciji varijacije određene crte unutar populacije koja je rezultat varijacije gena, izračunava se na osnovu studija na blizancima (koji su odgajani zajedno i/ili odvojeno), porodičnih studija i studija na roditeljima i njihovoj usvojenoj djeci. Ipak, ove studije rezultiraju samo određenim procjenama koje ponovljeno dokazuju da razvoj inteligencije ovisi o interakciji genetičkih i okolinskih faktora. Istraživanjima se naglašava da nivo heritabilnosti nije statičan, razlikuje se tokom različitih starosnih razdoblja i u različitim okolinskim uvjetima.

Istraživanja u kojima se različitim tehnikama pokušavaju utvrditi tačno određeni geni povezani sa intelektualnim funkcijama (koje se u ovim istraživanjima procjenjuju na različite načine) pokazuju da je riječ o osobini koja je pod utjecajem velikog broja različitih gena. Kada se uzmu u obzir problemi s definicijom inteligencije, te različiti načini na koje se ona proučava, ovo se čini kao jedini logičan zaključak. Potvrdu ovoj pretpostavci nalazimo i u činjenici da postoji oko 300 monogenetičkih poremećaja (poremećaji povezani s oštećenjem samo jednog gena) koji uključuju simptome intelektualne onesposobljenosti. U istraživanjima je za neke od ovih poremećaja utvrđeno koji su to geni povezani s intelektualnom onesposobljenošću. Ipak, istraživači upozoravaju da geni povezani s intelektualnom onesposobljenošću kod osoba koje pate od ovih poremećaja ne moraju biti povezani s individualnim razlikama u intelektualnim sposobnostima u zdravoj populaciji. Ovi poremećeni geni mogu biti uključeni u genetičke mreže koji uključuju gene povezane s varijacijama u intelektualnim sposobnostima.

Osim generalnog zaključka da su neke varijacije gena povezane s inteligencijom, utvrđena je i umjerena povezanost između rezultata na testovima inteligencije i ukupne veličine mozga. Isto tako, postoji povezanost između integriteta bijele mase i kvocijenta inteligencije. Ova povezanost najviše je izražena za funkciju brzine procesiranja. Još uvijek nije utvrđeno šta je to tačno što veći mozak ili distribuciju bijele mase u mozgu povezuje s inteligencijom. Rezultati nekih istraživanja pokazuju da je mozak inteligentnijih ljudi efikasniji. Koji su centri

u mozgu povezani s intelektualnim funkcijama još uvijek je otvoreno pitanje za nova istraživanja. Dvije vrste istraživanja ovog problema su istraživanja pomoću funkcijskih magnetskih snimanja mozga i istraživanja na pacijentima koji boluju od nekih bolesti ili pacijenata nakon moždanog oštećenja, a što posljedično dovodi do oslabljenog intelektualnog funkcioniranja.

Rješavanje zadataka, koji su u visokoj korelaciji s intelektualnim funkcioniranjem, aktivira određene dijelove mozga. Rezultati mnogobrojnih istraživanja pokazuju da inteligencija nije povezana samo sa jednim dijelom mozga, te da prefrontalne i frontalne strukture nisu jedini centri intelektualnih sposobnosti. Najtačnije bi bilo reći da je inteligencija produkt zajedničke i dinamičke aktivnosti više centara koji se aktiviraju unutar neuronske mreže, te se aktivno prilagođavaju funkcionalnim zahtjevima zadatka. Aktivacija kortikalnih area varira s obzirom i na kognitivna opterećenja i na nivo izvježbanosti ili razine uspješnosti obavljanja određenog zadatka, što može rezultirati varijacijama u aktivnosti određenih zona mozga povezanih sa intelektualnim sposobnostima. Model koji sumira rezultate istraživanja je onaj koji su postavili Jung i Harier (2007) i koji naglašava aktivnost parijetalnih i frontalnih dijelova mozga. Parijeto-frontalna teorija integracije uključuje Brodmanove aree 6, 9, 10, 45, 46 i 47 dorzolateralnog prefrontalnog cortexa; Brodmanove aree 39 i 40 inferiornog i Brodmanovu areu 7 superiornog (gornjeg) parijetalnog lobusa, te Brodmanovu areu 32 anteriornog (prednjeg) cingulusa i regije Brodmanovih area 21 i 37 unutar temporalnog i Brodmanovih area 18 i 19 unutar okcipitalnog lobusa. Bijela masa fasciculus arcuatusa je također uključena u ovaj model.

Oštećenja specifičnih dijelova mozga ponašanje će učiniti dezorganiziranim, fragmentiranim, neefikasnim. Iz perspektive kliničke neuropsihologije, definiranje inteligencije ponovo predstavlja problem. Snižen ukupni rezultat na testu inteligencije (nakon oštećenja ili kod osoba koje pate od nekih bolesti) na većini testova za procjenu intelektualnih sposobnosti ne pruža informaciju koja specifična funkcija je dovela do nižeg rezultata tj. koji aspekti inteligencije su pogođeni oštećenjem. Zato neuropsihološka procjena, kod djece i odraslih nakon moždanog oštećenja, najčešće uključuje procjenu specifičnih funkcija pažnje, auditornih, vizualnih i taktilnih perceptualnih funkcija, verbalnih i jezičnih funkcija, spacijalnih sposobnosti, pamćenja i učenja, izvršnih funkcija. Na primjer, dijete ili odrasla osoba s cerebralnom paralizom može imati ispodprosječan rezultat na testu inteligencije zbog

nemogućnosti da uspješno riješi dijelove testa koji uključuju određene motoričke sposobnosti. Na ovim testovima osobe s cerebralnom paralizom će imati niži rezultat iako posjeduju normalne ili nadprosječne intelektualne sposobnosti. Isto se može dogoditi kod djece ili odraslih sa poremećajem pažnje. Stoga se u istraživanjima neuropsihologije intelektualnih i kognitivnih funkcija češće koriste zadaci konstruirani kako bi mjerili prethodno navedena područja specifičnih kognitivnih funkcija nego testovi inteligencije. Takvi podaci su značajniji i za dijagnozu i za plan rada i kreiranje različitih vježbi u cilju oporavka funkcija. Pokušaji da se razviju testovi inteligencije koji bi zamijenili dosadašnje (u prvom poglavlju opisane) testove rezultirali su testovima kakav je npr. Kaufmanov K-ABC test (Sparrow i Davis, 2000), dizajniran da mjeri kognitivne procese za koje se smatra da se nalaze u osnovi generalnog intelektualnog funkcioniranja. Ovakav test se razlikuje od tradicionalnih testova jer manje naglašava verbalne sposobnosti i specifična znanja, te uključuje kratki pregled znanja potrebnih za uspjeh u školi i djetetovoj okolini. Kaufman je objavio i test KAIT koji razdvaja fluidnu i kristaliziranu inteligenciju. Jedan od najčešće korištenih testova je već opisani WAIS koji pruža informaciju o pojedinim aspektima inteligencije na različitim podtestovima. Kod njega nam, ponovo, ukupni rezultat ili kvocijent inteligencije, koji je moguće izračunati na osnovu rezultata na svim podtestovima, ne znači mnogo, osobito ako je određenom pacijentu oštećena neka specifična funkcija. Područje kliničke neuropsihologije će se vjerovatno sve više sužavati, jer detaljnim opisom funkcioniranja specifične sposobnosti dobivamo korisnije i upotrebljivije informacije za planiranje kliničkih neuropsiholoških intervencija.

U posljednjem poglavlju ističe se značaj ishrane koju možemo smatrati isključivo okolinskim faktorom. Istraživanja pokazuju da na inteligenciju pojedinca može utjecati ishrana roditelja čak i prije začeća. Od samog začeća, ishrana majke, a kasnije ishrana svakog pojedinca, jeste faktor koji utječe na ostvarivanje potencijala koji jednim dijelom nasljeđujemo. Stimulativna socijalna okruženja u velikoj mjeri doprinose razvoju intelektualnih sposobnosti. Ishrana je jedan od tih faktora i važno je isticati njen utjecaj na kognitivno funkcioniranje. Doprinos ishrane razvoju čovjeka i njegovih intelektualnih i ostalih potencijala može se pratiti kroz povijest od najranijih dana postojanja ljudske vrste. Kako je čovjek prikupljao hranu kao lovac mogao je uspješno opstati u svim područjima naše planete, što je omogućilo raznovrsnu ishranu bogatu mesom i povrćem. Prema autorima Kaplan, Hill, Lancaster i Hurtado (2000) adaptacija čovjeka okolini temeljila se na nastojanju da se obezbijede dovoljne količine hrane.

Čovjek je na vrhu hranidbenog lanca u bilo kojoj okolini u kojoj živi. Inteligencija se kod čovjeka razvijala zahvaljujući njegovim nastojanjima da okolinu prilagodi sebi. Normalan razvoj mozga bit će omogućen adekvatnom ishranom. Ukoliko dijete ima neadekvatnu ishranu to će utjecati na njegovo zdravlje i razvoj intelektualnih sposobnosti. Ipak, još uvijek je nejasno da li će u populaciji djece koja imaju dovoljno kvalitetnu ishranu veće doze određenih nutrijenata u obliku npr. vitamina utjecati na povećanje kvocijenta inteligencije. Puno je popularnih članaka i stranica na internetu koji govore o tome da će npr. riblje ulje, vitamin B, C i E, ginko biloba utjecati na povećanje kvocijenta inteligencije, a da će pretjerana konzumacija npr. šećera, pržene i procesirane hrane, alkohol, nikotin utjecati na smanjenje kvocijenta inteligencije. Prema ovakvim informacijama ipak treba imati dozu skepticizma. Rijetka istraživanja pokazuju da postoji povezanost, ali je ona prilično niska, između korištenja suplemenata hrani u obliku ribljeg ulja i vitamina C sa „boljim kognitivnim starenjem“, kako to u zaključku navode Whalley et al. (2004). U istraživanjima je pokazana i prednost konzumiranja majčinog mlijeka naspram hranjenja formulom za razvoj intelektualnih sposobnosti (Lucas et al., 1989; 1990; 1992). Neurološki razvoj, a time i razvoj intelektualnih funkcija značajno ovisi o okolinskim faktorima, a jedan od njih je i ishrana prije trudnoće, tokom trudnoće i posebno po rođenju koja treba biti pomno isplanirana, prilagođena i u skladu s rezultatima najnovijih istraživanja.

10. Literatura

1. American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub.
2. Anderson, N.C., Flaum, M., Swayze, V., O'Leary, D.S., Alliger, R., Cohen, G., et al. (1993). Intelligence and brain structure in normal individuals. *American Journal of Psychiatry*, *150*, 130-134.
3. Anderson, M. (2001). Annotation: Conceptions of intelligence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *42*(3), 287-298.
4. Baghurst, P. A., McMichael, A. J., Wigg, N. R., Vimpani, G. V., Robertson, E. F., Roberts, R. J., & Tong, S. L. (1992). Environmental exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years: the Port Pirie Cohort Study. *New England Journal of Medicine*, *327*(18), 1279-1284.
5. Bar-On, R., Tranel, D., Denburg, N. L., & Bechara, A. (2003). Exploring the neurological strate of emotional and social intelligence. *Brain*, *126*(8), 1790-1800.
6. Benton, D., & Roberts, G. (1988). Effect of vitamin and mineral supplementation on intelligence of a sample of schoolchildren. *The Lancet*, *331*(8578), 140-143.
7. Bouchard, T.J. Jr., & McGue, M. (1981). Familial studies of intelligence: A review. *Science*, *250*, 223-238.
8. Cabeza, R., & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of cognitive neuroscience*, *12*(1), 1-47.
9. Cain, D.P. & Vanderwolf, C.H. (1990). A critique of Rushton on race, brain size and intelligence. *Personality and Individual Differences*, *11* (8). 777-784.
10. Cianciolo, A. T., & Sternberg, R. J. (2008). *Intelligence: A brief history*. John Wiley & Sons.
11. Colman, A. M. (1990). Aspects of intelligence. In I. Roth (Ed.), *The Open University's introduction to psychology*, Volume 1 (Chapter 7, pp. 322-372). Hove: Lawrence Erlbaum Associates, & Milton Keynes: The Open University.
12. Colom, R., Jung, R.E., & Haier, R.J. (2006a). Distributed brain sites for the *g*-factor of intelligence. *NeuroImage*, *31*, 1359-1365.
13. Colom, R., Jung, R.E., & Haier, R.J. (2006b). Finding the *g*-factor in brain structure using the method of correlated vectors. *Intelligence*, *34*, 561-570.

14. Corkin, S., Rosen, T.J., Sullivan, E.V., & Clegg, R.A. (1989). Penetrating Head Injury in Young Adulthood Exacerbates Cognitive Decline in Later Years. *The Journal of Neuroscience*, 9 (11), 3876-3883
15. Conway, A.R.A, Kane, M.J., & Engle, R.W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (12), 547-552.
16. Czeizel, A. E., & Dudas, I. (1992). Prevention of the first occurrence of neural-tube defects by periconceptional vitamin supplementation. *New England Journal of Medicine*, 327(26), 1832-1835.
17. Damasio, A. R. (2006). *Descartes' error*. Random House.
18. Das, J. P., Kirby, J., & Jarman, R. F. (1975). Simultaneous and successive synthesis: An alternative model for cognitive abilities.
19. Das, J. P. (2002). A better look at intelligence. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 28-33.
20. Deng, W., Aimone, J. B., & Gage, F. H. (2010). New neurons and new memories: how does adult hippocampal neurogenesis affect learning and memory?. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(5), 339-350.
21. Diamond, M. C., Scheibel, A. B., Murphy, G. M., & Harvey, T. (1985). On the brain of a scientist: Albert Einstein. *Experimental neurology*, 88(1), 198-204.
22. Duncan, J. Attention, intelligence, and the frontal lobes. In: Gazzaniga, M., ed. (1995). *The Cognitive Neuroscience*. MIT Press.
23. Duncan, J., Burgess, P., & Emslie, H. (1994). Fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, 33 (3), 261-268.
24. Duncan, J., Seitz, R. J., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., ... & Emslie, H. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, 289(5478), 457-460.
25. Duncan, J. (2010). *How Intelligence Happens*. Yale University Press: New Haven, CT
26. Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A. M., Nordborg, C., Peterson, D. A., & Gage, F. H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature medicine*, 4(11), 1313-1317.
27. Erlenmeyer-Kimling, L., & Jarvik, L. F. (1963). Genetics and intelligence: A review. *Science*, 142(3598), 1477-1479.
28. Fairchild, H.H. (1991). Scientific Racism: The Coak of Objectivity. *Journal of Social Issues*, 47 (3), 101-115.

29. Feuillet, L., Dufour, H., & Pelletier, J. (2007). Brain of a white-collar worker. *Lancet (London, England)*, 370(9583), 262.
30. Fisher, P. J., Turic, D., Williams, N. M., McGuffin, P., Asherson, P., Ball, D., ... & Owen, M. J. (1999). DNA pooling identifies QTLs on chromosome 4 for general cognitive ability in children. *Human Molecular Genetics*, 8(5), 915-922.
31. Flanagan, D.P. & Kaufman, A.S. (2012). *Osnove procenjivanja WISC-om IV*. Jastrebarsko: Naklada Slap
32. Flynn, J. R. (1987). Massive IQ gains in 14 nations: What IQ tests really measure. *Psychological bulletin*, 101(2), 171.
33. Frangou, S., Chitins, X., & Williams, S. C. (2004). Mapping IQ and gray matter density in healthy young people. *Neuroimage*, 23(3), 800-805.
34. Frith, C. D., Friston, K. J., Liddle, P. F., & Frackowiak, R. S. J. (1991). A PET study of word finding. *Neuropsychologia*, 29(12), 1137-1148.
35. Galton, F. (1889). On head growth in students at the University of Cambridge. *Journal of Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 155-156.
36. Gardner, H., Kornhaber, M. L., & Wake, W. K. (1999). *Inteligencija: različita gledišta*. Jastrebarsko: Naklada Slap
37. Gläscher, J., Tranel, D., Paul, L. K., Rudrauf, D., Rorden, C., Hornaday, A., ... & Adolphs, R. (2009). Lesion mapping of cognitive abilities linked to intelligence. *Neuron*, 61(5), 681-691.
38. Gläscher, J., Rudrauf, D., Colom, R., Paul, L. K., Tranel, D., Damasio, H., & Adolphs, R. (2010). Distributed neural system for general intelligence revealed by lesion mapping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(10), 4705-4709.
39. Gottfredson, L. S. (1997). Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history, and bibliography. *Intelligence*, 24(1), 13-23.
40. Gray, J. R., Chabris, C. F., & Braver, T. S. (2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature neuroscience*, 6(3), 316-322.
41. Gray, J.R. & Thompson, P.M. (2004). Neurobiology of intelligence: science and ethics. *Nature Reviews*, 5, 471-482.
42. Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., ... & Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract

- reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, 12(2), 199-217.
43. Haier, R. J., & Benbow, C. P. (1995). Sex differences and lateralization in temporal lobe glucose metabolism during mathematical reasoning. *Developmental Neuropsychology*, 11(4), 405-414.
 44. Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2004). Structural brain variation and general intelligence. *Neuroimage*, 23(1), 425-433.
 45. Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2005). The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. *NeuroImage*, 25(1), 320-327.
 46. Haier, R. J., Karama, S., Leyba, L., & Jung, R. E. (2009). MRI assessment of cortical thickness and functional activity changes in adolescent girls following three months of practice on a visual-spatial task. *BMC research notes*, 2(1), 174.
 47. Haier, R. J. (2011). Biological basis of intelligence. In R.J. Sternberg & S.B. Kaufman (Ed.), *The Cambridge Handbook of Intelligence* (pp. 351-370). New York: Cambridge University Press.
 48. Henrichsen, L., Skinhøj, K., & Andersen, G. E. (1986). Delayed growth and reduced intelligence in 9–17 year old intrauterine growth retarded children compared with their monozygous co-twins. *Acta Paediatrica*, 75(1), 31–35.
 49. Herculano-Houzel, S. (2012). The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(Supplement 1), 10661–10668.
 50. Hick, W.E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, 11–26.
 51. Hodapp RM, Zigler EF. (1990) Applying the developmental perspective to individuals with Down syndrome. In: Cicchetti D, Beeghly M, editors. *Children with Down syndrome: A developmental perspective*. New York, NY, US: Cambridge University Press, 1–28.
 52. Humphrey, N. K. (1976). The social function of intellect. *Growing points in ethology*, 303–317.
 53. Jacobson, J. L., Jacobson, S. W., Muckle, G., Kaplan-Estrin, M., Ayotte, P., & Dewailly, E. (2008). Beneficial effects of a polyunsaturated fatty acid on infant

- development: evidence from the Inuit of Arctic Quebec. *The Journal of pediatrics*, 152(3), 356–364.
54. Jensen, A. R. (1993). Why is reaction time correlated with psychometric g? *Current Directions in Psychological Science*, 2(2), 53–56.
 55. Jensen, A.R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. Amsterdam: Elsevier.
 56. Johnston, F. E., Low, S. M., de Baessa, Y., & MacVean, R. B. (1987). Interaction of nutritional and socioeconomic status as determinants of cognitive development in disadvantaged urban Guatemalan children. *American Journal of Physical Anthropology*, 73(4), 501–506.
 57. Johnson, M. R., Shkura, K., Langley, S. R., Delahaye-Duriez, A., Srivastava, P., Hill, W. D., ... & Rotival, M. (2015). Systems genetics identifies a convergent gene network for cognition and neurodevelopmental disease. *Nature neuroscience*.
 58. Jung, R.E., & Haier, R.J. (2007). The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30, 135–154.
 59. Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review*, 9(4), 637–671.
 60. Kaplan, H., Hill, K., Lancaster, J., & Hurtado, A. M. (2000). A theory of human life history evolution: diet, intelligence, and longevity. *Evolutionary Anthropology Issues News and Reviews*, 9(4), 156–185.
 61. Keller, T. A., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (2001). The neural bases of sentence comprehension: a fMRI examination of syntactic and lexical processing. *Cerebral cortex*, 11(3), 223–237.
 62. Kendregan, C. P. (1966). Sixty years of compulsory eugenic sterilization: three generations of imbeciles and the constitution of the United States. *Chi.-Kent L. Rev.*, 43, 123.
 63. Kimble, G.A. *Evolution of the nature-nurture issue in the history of psychology*. In: Plomin, R., McClearn, G.E., editors. (1993). *Nature, nurture and psychology*. Washington: American Psychological Association, 3–25.

64. Klein-Tasman, B. P., Phillips, K. D., & Kelderman, J. K. (2007). Genetic syndromes associated with intellectual disability. *Pediatric neuropsychological intervention*, 193–223.
65. Koechlin, E., Basso, G., Pietrini, P., Panzer, S., & Grafman, J. (1999). The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*, 399(6732), 148–151.
66. Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2009). *Fundamentals of human neuropsychology*. W.H. Freeman and Company: USA
67. Kvist, A. V., & Gustafsson, J. E. (2008). The relation between fluid intelligence and the general factor as a function of cultural background: A test of Cattell's investment theory. *Intelligence*, 36(5), 422–436.
68. Levi, R. S., & Sanderson, I. R. (2004). Dietary regulation of gene expression. *Current opinion in gastroenterology*, 20(2), 139–142.
69. Lezak, M. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press: New York
70. Lynn, R. (1990). The role of nutrition in secular increases in intelligence. *Personality and individual Differences*, 11(3), 273–285.
71. Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., & Toga, A. W. (2009). Neuroanatomical correlates of intelligence. *Intelligence*, 37(2), 156–163.
72. Lucas, A., Morley, R., Cole, T. J., Gore, S. M., Davis, J. A., Bamford, M. F., & Dossetor, J. F. (1989). Early diet in preterm babies and developmental status in infancy. *Archives of disease in childhood*, 64(11), 1570–1578.
73. Lucas, A., Morley, R., Cole, T. J., Lucas, P. J., Gore, S. M., Crowle, P., ... & Powell, R. (1990). Early diet in preterm babies and developmental status at 18 months. *The Lancet*, 335(8704), 1477–1481.
74. Lucas, A., Morley, R., Cole, T. J., Lister, G., & Leeson-Payne, C. (1992). Breast milk and sequent intelligence quotient in children born preterm. *The Lancet*, 339(8788), 261–264.
75. Luria, A. R. (1970). The functional organization of the brain. *Scientific American*, 222, 66–78.
76. Mackintosh, N. J. (2011). History of theories and measurement of intelligence. In R.J. Sternberg & S.B. Kaufman (Ed.), *The Cambridge Handbook of Intelligence* (pp. 3–19). New York: Cambridge University Press.

77. Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398–4403.
78. Mandleberg, I.A., & Brooks, D.N. (1975). Cognitive recovery after severe head injury 1. Serial testing on the Wechsler Adult Intelligence Scale. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 38, 1121–1126.
79. Mandelman, S. D., & Grigorenko, E. L. (2011). Genes, Environments, and Their Interactions. In R.J. Sternberg & S.B. Kaufman (Ed.), *The Cambridge Handbook of Intelligence* (pp. 85–106). New York: Cambridge University Press.
80. Matković, T. (2000). Tri grijeha eugenike: neprihvatljive konstante prihvaćenog eugeničkog djelovanja. *Socijalna ekologija: časopis za ekološku misao i sociologijska istraživanja okoline*, 9(4), 307–319.
81. McGue, M., Bouchard, T.J., Iacono, W.G. & Lykken, D.T. Behavioral genetics of cognitive ability: A life-span perspective. In: Plomin, R., McClearn, G.E., editors. (1993). *Nature, nurture and psychology*. Washington: American Psychological Association, 59–76.
82. Neubauer, A.C. & Bucik, V. (1996). The mental speed-IQ relationship: Unitary or Modular? *Intelligence*, 22, 23–48.
83. Neubauer, A. C., Fink, A., & Schrausser, D. G. (2002). Intelligence and neural efficiency: The influence of task content and sex on the brain–IQ relationship. *Intelligence*, 30(6), 515–536.
84. Neubauer, A.C., & Fink, A. (2005). Basic information processing and the psychophysiology of intelligence. In R. J. Sternberg, & J. E. Pretz (Eds.), *Cognition and intelligence* (pp. 68–87). New York: Cambridge University Press.
85. Neubauer, A. C., & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(7), 1004–1023.
86. Newman, S. D., & Just, M. A. (2005). The neural bases of intelligence. R. J. Sternberg, & J. E. Pretz (Eds.), *Cognition and intelligence* (pp. 88–103). New York: Cambridge University Press.
87. Okagaki, L. (2001). Parental beliefs, parenting style and children's intellectual development. In E. L. Grigorenko & R. J. Sternberg (Eds.), *Family environment and*

- intellectual functioning: A life-span perspective* (pp. 141–172). Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
88. Parada, C., Gato, A., & Bueno, D. (2008). All-trans retinol and retinol-binding protein from embryonic cerebrospinal fluid exhibit dynamic behaviour during early central nervous system development. *Neuroreport*, *19*(9), 945–950.
 89. Pennington, B. F., Moon, J., Edgin, J., Stedron, J., & Nadel, L. (2003). The neuropsychology of Down syndrome: evidence for hippocampal dysfunction. *Child development*, *74*(1), 75–93.
 90. Perantie, D. C., Wu, J., Koller, J. M., Lim, A., Warren, S. L., Black, K. J., ... & Hershey, T. (2007). Regional brain volume differences associated with hyperglycemia and severe hypoglycemia in youth with type 1 diabetes. *Diabetes care*, *30*(9), 2331–2337.
 91. Perantie, D. C., Lim, A., Wu, J., Weaver, P., Warren, S. L., Sadler, M., ... & Hershey, T. (2008). Effects of prior hypoglycemia and hyperglycemia on cognition in children with type 1 diabetes mellitus. *Pediatric diabetes*, *9*(2), 87–95.
 92. Pietschnig, J., Penke, L., Wicherts, J. M., Zeiler, M., & Voracek, M. (2015). Meta-Analysis of Associations Between Human Brain Volume And Intelligence Differences: How Strong Are They and What Do They Mean?. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *57*, 411–432
 93. Pinel, J.P. (2002). *Biološka psihologija*. Naklada Slap: Jastrebarsko
 94. Plomin, R., & Petrill, S. A. (1997). Genetics and intelligence: What's new?. *Intelligence*, *24*(1), 53–77.
 95. Popović-Deušić, S., Lečić-Toševski, D., Pejović-Milovančević, M., Draganić-Gajić, S., Aleksić-Hil, O., & Radosavljev-Kirćanski, J. (2011). Didžordžov sindrom-prikaz bolesnika. *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo*, *139*(9-10), 681–684.
 96. Posthuma, D., De Geus, E.J.C., Baare, W.F.C., Hulshoff P.H. E., Kahn, R.S. & Boomsma, D.I. (2002). The association between brain volume and intelligence is of genetic origin. *Nature neuroscience*, *5*(2), 83–84.
 97. Prabhakaran, V., Smith, J. A., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. (1997). Neural strates of fluid reasoning: an fMRI study of neocortical activation during performance of the Raven's Progressive Matrices Test. *Cognitive psychology*, *33*(1), 43–63.

98. Prabhakaran, V., Rypma, B., & Gabrieli, J. D. (2001). Neural strates of mathematical reasoning: A functional magnetic resonance imaging study of neocortical activation during performance of the necessary arithmetic operations test. *Neuropsychology, 15*(1), 115.
99. Reiss, A.R., Abrams, M.T., Singer, H.S., Ross, J.R., & Denckla, M.B. (1996). Brain development, gender and IQ in children: A volumetric study. *Brain, 119*, 1763–1774.
100. Rietveld, C. A., Esko, T., Davies, G., Pers, T. H., Turley, P., Benyamin, B., ... & De Leeuw, C. (2014). Common genetic variants associated with cognitive performance identified using the proxy-phenotype method. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(38), 13790–13794.
101. Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., Manes, F., & Duncan, J. (2010). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Brain, 133*, 234–247.
102. Rosales, F. J., Reznick, J. S., & Zeisel, S. H. (2009). Understanding the role of nutrition in the brain and behavioral development of toddlers and preschool children: identifying and addressing methodological barriers. *Nutritional neuroscience, 12*(5), 190–202.
103. Rushton, J.P. (1988). Race differences in behavior. A review and evolutionary analysis. *Personality and Individual Differences, 9*, 1009–1024.
104. Rushton, J.P. & Ankney, C.D. (2009). Whole brain size and general mental ability: A review. *International Journal of Neuroscience, 119*, 691–731.
105. Sacks, O. (1985). The man who mistook his wife for his hat and other clinical tales. *London: Duckworth*.
106. Sattler, J. M., & Ryan, J. J. (2009). *Assessment with the WAIS-IV*. Jerome M Sattler Publisher.
107. Scarr, S. & McCartney, K. (1983). How people make their own environments: A Theory of Genotype - environment effects. *Child Development, 54*, 424–435.
108. Schmithorst, V. J., & Holland, S. K. (2007). Sex differences in the development of neuroanatomical functional connectivity underlying intelligence found using Bayesian connectivity analysis. *Neuroimage, 35*(1), 406–419.
109. Schoenthaler, S. J., Bier, I. D., Young, K., Nichols, D., & Janssens, S. (2000). The effect of vitamin-mineral supplementation on the intelligence of American

- schoolchildren: a randomized, double-blind placebo-controlled trial. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 6(1), 19–29.
110. Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657–1661.
 111. Sparrow, S.S., & Davis, S.M. (2000). Recent Advances in the Assessment of Intelligence and Cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 41(1), 117–131.
 112. Thomson, G. H. (1916). A Hierarchy Without A General Factor. *British Journal of Psychology, 1904-1920*, 8(3), 271–281.
 113. Thompson, P. M., Cannon, T. D., Narr, K. L., Erp, T. V., Poutanen, V. P., Huttunen, M., et al. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature Neuroscience* 4, 1253–1258.
 114. Van Court, M., & Bean, F. D. (1985). Intelligence and fertility in the United States: 1912–1982. *Intelligence*, 9(1), 23–32.
 115. Vernon, P.A., Wickett, J.C., Bazana, P.G., & Stelmack, R.M. (2000). The neuropsychology and psychophysiology of human intelligence. In R.J. Sternberg (Ed.), *Handbook of intelligence* (pp. 245–264). New York: Cambridge University Press.
 116. Whalley, L. J., Fox, H. C., Wahle, K. W., Starr, J. M., & Deary, I. J. (2004). Cognitive aging, childhood intelligence, and the use of food supplements: possible involvement of n– 3 fatty acids. *The American journal of clinical nutrition*, 80(6), 1650–1657.
 117. Weir, K. (2003). Mind over matter. *Current Science*, 88(14), 8.
 118. Weizman, F., Wiener, N.I., Wiesenthal, D.L., & Ziegler, M. (1996). Inventing Racial Psychologies: The (Mis)Uses of Evolutionary Theory and Biology. In Reynolds, L. T. & Lieberman, L. (Eds.), *Race and Other Misadventures: Essays in Honor of Ashley Montagu in His Ninetieth Year* (pp. 187–205). Dix Hills, NY: General Hall Inc.
 119. Wickett, J., Vernon, P., & Lee, D. (2000). Relationships between factors of intelligence and brain volume. *Personality and Individual Differences*, 29 (6), 1095–1122.
 120. Willerman, L., Schultz, R., Rutledge, J. N., & Bigler, E. D. (1991). In vivo brain size and intelligence. *Intelligence*, 15(2), 223–228.
 121. Willerman, L., & Churchill, J. A. (1967). Intelligence and birth weight in identical twins. *Child development*, 623–629.

122. Wood, R.L., & Rutterford, N.A. (2006). Long-term effect of head trauma on intellectual abilities: a 16-year outcome study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 77, 1180–1184.
123. Woolgar, A., Parr, A., Cusack, R., Thompson, R., Nimmo-Smith, I., Torralva, T., ... Duncan, J. (2010). Fluid intelligence loss linked to restricted regions of damage within frontal and parietal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 14899–14902.
124. Zuckerman, M. & Brody, N. (1988). Oysters, rabbits and people: A critique of „Race Differences in Behavior“ by J.P. Rushton. *Personality and Individual Differences*, 9, 1025–1033.
125. Zuckerman, M. (1990). Some Dubious Premises in Research and Theory on Racial Differences. *American Psychologist*, 45 (12), 1297–1303.

11. Indeks pojmova

- 4CAPS model, 74
- akademski uspjeh, 2, 17, 40
- akademskog uspjeha, 11, 84
- aktivnost mozga, 3
- Aktivnost mozga, 3
- Angelmanov sindrom, 48
- anterogradne amnezije, 84
- Antropometrijski laboratorij, 9
- biološke osnove intelektualnih sposobnosti, 2
- bioloških srodnika, 43
- biopsihološke osnove inteligencije, 1
- Brocine afazije, 81
- Brocinov arei, 81
- Brockinova areja, 77
- Brodmanove areje, 39, 56
- CAS test inteligencije, 28
- deficite adaptivnog funkcioniranja, 46
- diferencijalnom psihologijom, 9
- disegzekutivni sindrom, 85
- Downov sindrom, 47
- dualnih zadataka, 78
- Dvojajčani blizanci, 42
- elektroencefalograf, 2
- elementarne kognitivne procese, 60
- elementarni kognitivni zadaci, 3
- Elementarni kognitivni zadaci, 60
- emocionalnoj inteligenciji, 87
- empirizam, 36
- epigenetičke efekte, 97
- epizodičkog pamćenja, 69
- Eugenika, 38
- Faktorske teorije inteligencije, 16, 22
- fenilalanin, 92
- fenilalanin hidrosilaza, 92
- fenilketoni, 92
- fenotipa, 36
- fiziološke karakteristike, 12
- fluidna inteligencija, 22, 75
- fluidna sposobnost, 20
- fluidne inteligencije, 21, 41
- fMR, 3, 64
- folna kiselina, 94
- frenološka teorija, 80
- Frenolozi, 2
- frontalnih deficita, 86
- frontalnim dijelovima mozga, 67
- funkcionalne jedinice, 25
- g faktor, 17
- g faktora, 41
- g faktora inteligencije, 67
- genetičke osnove inteligencije, 1
- genetički faktori, 49
- Genetički poremećaji, 45
- genetičkih faktora, 2
- Genetika, 36
- geni, 1
- genotipa, 36
- hemisferotomiju, 90
- heritabilnost kvocijenta inteligencije, 44
- Heritabilnost kvocijenta inteligencije, 41
- hipoglikemije, 86
- Hipoteza neuralne efikasnosti, 72
- hippocampus, 89, 91
- hronološke dobi, 13
- Idic-15, 48
- imaginacije, 69
- Indeks heritabilnosti, 58
- individualnih razlika, 5
- intelektualna onesposobljenost, 46
- intelektualne deficite, 46
- intelektualne sposobnosti, 1
- inteligencije
 - inteligencija, 23, 28, 55, 60
- interpersonalna inteligencija, 30
- intrapersonalna inteligencija, 30
- ishrana, 92
- ishrane, 4
- iskustvena podteorija, 31
- Iskustvo, 44
- Istraživanja na blizancima, 41
- izvršna pažnja, 69
- izvršne funkcije, 85
- jednoajčani blizanci, 95

Jednojajčani blizanci, 42
 jezika, 69
 Koeficijent determinacije, 51
 kognitivnom stimulacijom, 97
 kognitivnu rehabilitaciju, 91
 komponentna podteorija, 31
 kontekstualna podteorija, 32
 korelati inteligencije, 60
 kortikalne aktivacije, 68
 kortikalne aktivnosti, 73
 kortikalnu aktivaciju, 66
 kristalizirana inteligencija, 22
 kristalizirana sposobnost, 20
 kristalizirane inteligencije, 21
 kritični periodi, 94
 kulturoloških razlika, 40
 kvaziekperimentalna istraživanja, 83
 kvocijent inteligencije, 83
 kvocijenta inteligencije, 13
 lična jednadžba, 6
 lingvistička inteligencija, 30
 logičko-matematička inteligencija, 30
 magnetska rezonanca, 53
 mehanizmi temeljne obrade, 31
 Mensa, 14
 mentalna dob, 13
 mentalne brzine, 60
 mentalne rotacije, 66
 mentalni test, 11, 19
 mentalnu dob, 13
 metabolizmom cerebralne glukoze, 72
 metastudija, 54
 metod koreliranih vektora, 53
 metoda blizanaca, 37
 metoda rodoslovlja, 37
 Mill Hill ljestvica rječnika, 35
 minimum kognitivne arhitekture, 31
 moduli, 31
 Molekularna genetika, 49
 morfometriju zasnovanu na vokselima, 55
 motivacije, 19
 Moždana oštećenja, 4, 80
 moždanog oštećenja, 82
 mutacija gena, 46
 muzička inteligencija, 30
 Nativizam, 36
 Neurofibromatoza-1, 48
 neurogenezu, 91
 neuropatološke deterioracije, 84
 Neuroplastičnost neurona, 90
 neuropsihologije inteligencije, 80
 neuropsihološka istraživanja, 4
 Neuropsihološka istraživanja, 82
 neuropsihološki pristup, 81
 neuropsihološkim testovima, 83
 normalna raspodjela, 11
 Nutriciona hipoteza, 93
 oblik mozga, 2
 opća inteligencija, 18
 orijentacija, 69
 Ortografsko procesiranje, 67
 pamćenje, 83
 parijsko-frontalna teorija integracije, 70
 PASS teorija inteligencije, 25, 27
 pažnja, 27, 83
 percepcije, 69
 PET, 3, 64, 104
 P-FIT model, 67, 71
 planiranje, 27
 plejotropni učinak, 46
 podijeljena pažnja, 69
 posebni procesori, 31
 Posnerove paradigme, 62
 postnatalni razvoj mozga, 95
 pozitronska emisijska tomografija, 53
 primarnim mentalnim sposobnostima, 19
 priming, 69
 pristrasnost objavljivanja rezultata, 54
 proceduralnog pamćenja, 70
 proces diskriminacije, 7
 prostorna inteligencija, 30
 Psihofiziologija, 52
 psihološki alati, 40
 psihometrijskom inteligencijom, 60
 radno pamćenje, 66, 68
 radnog pamćenja, 63, 69
 Ravenove progresivne matrice, 2, 19, 68
 Ravenove standardne progresivne matrice,
 34
 razumijevanje rečenica, 66
 Razumijevanje rečenica, 77
 rehabilitacija, 83
 s faktora, 18
 selektivna evolucija, 53
 selektivna pažnja, 69
 Semantičko procesiranje, 67

semantičkog pamćenja, 69
senzorne funkcije, 12
senzornim sposobnostima, 11
simultanost, 27
Sindrom delecije 22q11, 48
Sindrom fragilnog X, 47
Sindrom mačjeg plača, 48
slikovni prikazi mozga, 53
slikovnih prikaza mozga, 2, 60
spacijalnih informacija, 69
spacijalnih problema, 78
Spearmanov koeficijent korelacije, 16
specifična inteligencija, 18
standardizaciju testa, 15
Sternbergovom zadatku, 61
Stroop zadatak, 69
sukcesivnost, 27
Teorija neuralnog procesiranja, 74
tiroksina, 92
tjelesno-kinestetička inteligencija, 30
Trijarhička teorija inteligencije, 31
upotreba modula u sticanju znanja, 31
upravljanje zadacima, 69
veličina mozga, 2
veličine mozga, 52
verbalnu fluentnost, 67
vitamin D, 94
vještina, 19
volumen amygdale, 68
volumen hippocampusa, 67
volumena mozga, 52
volumena sive mase, 67
vrijeme reakcije, 6, 12
vulnerabilni faktori, 83
WAIS, 2, 32, 83
Wernickeova area, 77, 81
Williamsov sindrom, 49
WISC, 32, 83
zone proksimalnog razvoja, 40
zvonolikoj krivulji, 11

12. Recenzije

Recenzent:

dr.sci. Renko Đapić

univerzitetski profesor u penziji

Odsjek za psihologiju

Filozofski fakultet u Sarajevu

Recenzija za knjigu **BIOPSIHOLOGIJA INTELIGENCIJE**

Autorica:

dr.sci. Maida Koso-Drljević

docentica na predmetima Biološka psihologija I i II, Neuropsihologija

Odsjek za psihologiju Filozofskog fakulteta

Univerziteta u Sarajevu

Zbog nemogućnosti da se koncept inteligencije „strogo naučno“ definira, a pod utjecajem kognitivističkih koncepcija i teorije obrade informacija i nastanka pojma kapacitet tretmana informacija (u radnoj memoriji), termin inteligencija, kao psihološki i biopsihološki pojam, tokom nekoliko posljednjih decenija je gotovo potpuno nestao iz vokabulara utjecajnih istraživačkih laboratorija i publikacija u oblasti neurokognitivnih nauka i kognitivne psihologije. To je, naprimjer, vidljivo u dvije vrlo značajne knjige iz kojih studenti psihologije širom svijeta uče o biološkim osnovama čovjekovog psihičkog funkcioniranja. U knjizi *Kognitivna neuronauka – Biologija ljudskog uma*, autora Gazanige, Ivrya i Manguna, termin inteligencija se uopće nigdje ne pojavljuje, a u udžbeniku J.P.J. Pinela (kojim se služe naši studenti psihologije), *Biološka psihologija*, inteligencija se spominje samo u poglavlju o neuropsihološkom testiranju. Ovim sam želio naglasiti koliko je hrabar i zanimljiv poduhvat poduzela docentica dr. sci. Maida Koso-Drljević kada je odlučila da napiše i pruži čitalačkoj publici knjigu *Biopsihologija inteligencije*.

Rukopis pod naslovom „Biopsihologija inteligencije“ organizovan je u šest poglavlja na 114 kartica teksta i popisom literature koji sadrži 125 jedinica. U tekst je inkorporirano 11 slika, 4 tabele i 5 grafičkih prikaza modela objašnjenih u rukopisu.

U okviru prvog poglavlja, u historijskom osvrtu se pokušava definirati inteligencija s obzirom na različite teorije i biopsihološke varijable. Ovaj dio teksta na zanimljiv način prikazuje kako su od najranijih pokušaja sa minimalnim, elementarnim sredstvima mjerenja i

naučnog verifikovanja, dobivani nalazi i začete i oblikovane teorije i ideje koje su i danas u žiži naučnog interesovanja u oblasti psihologije i biologije inteligencije. Ukratko su obrazložene različite teorije inteligencije (faktorske i novije, kao što su Gardnerova, Andersonova, trijarhična teorija inteligencije Roberta Sternberga, Ceccijeva...) i načini mjerenja inteligencije (od A. Bineta do Wechslera i Ravenovih progresivnih matrica).

Drugo poglavlje, *Genetika i inteligencija*, bavi se odnosom nativizma i empirizma u objašnjavanju čovjekovog psihološkog funkcioniranja. Prikazana su i dva različita pristupa razmatranju pitanja o genetičkim osnovama inteligencije. Prvi se odnosi na istraživanja u kojima se porede korelacije u intelektualnim sposobnostima između jednojajčanih i dvojajčanih blizanaca, odgajanih zajedno ili odvojeno, kao i braće i sestara, roditelja i djece, bližih i daljih rođaka. Drugi pristup obilježava istraživanja u kojima se pokušavalo identificirati specifične gene koji utječu na intelektualne sposobnosti. Neuspjeh oba načina ispitivanja pokazuje da je utjecaj gena na inteligenciju vrlo teško ustanoviti na način na koji su istraživači to do sada pokušavali. Prema rezultatima novijih istraživanja sve je jasnije da je utjecaj okoline toliki i tako različit da je nemoguće jednostavno kvantitativno odrediti utjecaj genetičkih faktora na intelektualne sposobnosti.

U poglavlju *Psihofizologija inteligencije* razmatrana su pitanja čija početna ideja je vrlo slična idejama frenologa iz prvih decenija 19-og stoljeća, jer u posljednje vrijeme, istraživači, koristeći modernu tehnologiju – kompjuterizovanu tomografiju (CT) i magnetnu rezonancu (MRI), izvještavaju o vezi između volumena mozga i *g*-faktora inteligencije. Takvu ideju glasno zastupa Rushton (1988; 2009). Međutim, i ovdje se uočava da pitanje, postavljeno na taj način, i uprkos upotrebe sofisticiranih sredstava, ponovo pretjerano simplificira gledanje na tako složene psihološke osobine kao što su intelektualne sposobnosti i zapravo, nanovo uvodi neke pseudonaučne, čak rasističke ideje, u ovu oblast. Autorica zato upoznaje čitaoce sa kritikom Rushtonovih i drugih slično zasnovanih radova, te sa novijim nalazima istraživanja Herculano-Houzel (2009), na osnovu kojih se sada zna da su broj neurona i potpornih stanica CNS-a faktori povezani s intelektualnim sposobnostima. Međutim, veličina mozga ne korelira značajno s brojem neurona. Nema osnove za pretpostavku da postoji linearna korelacija između veličine mozga i broja nervnih ćelija, što bi se onda, opet neopravdano, moglo koristiti kao osnova za hipotezu da individue sa većim mozgom imaju više neurona pa su zbog toga „pametnije“ od individua sa manjim mozgom

(Herculano-Houzel, 2009). Veća je vjerovatnost da drugi faktori, kao što je broj sinapsi i veza među neuronima unutar i između različitih moždanih struktura, determiniraju interindividualne razlike u kognitivnim sposobnostima kod ljudi.

Poglavlje *Elementarni kognitivni zadaci, testovi inteligencije i studije slikovnih prikaza mozga* pokazuje kako istraživači pokušavaju dati odgovor na pitanje koji su to anatomske i fiziološke korelati inteligencije. Koristeći elementarne kognitivne zadatke (EKZ), koji podrazumijevaju minimalne zahtjeve za ispitanike (zbog čega je manja vjerovatnoća da ispitanici upotrebe različite strategije), veliki broj istraživanja pokazuje da je kraće vrijeme reakcije u ovim zadacima povezano sa višom, psihometrijski ustanovljenom, inteligencijom. Revolucionarnim razvojem tehnologije i otkrićem funkcijskih slikovnih prikaza mozga kao što su pozitronska emisijska tomografija (PET) i funkcijska magnetska rezonanca (fMR) pružena je, ranije nezamisliva, mogućnost da se posmatra aktivnost mozga tokom izvođenja različitih mentalnih aktivnosti. Čitav niz istraživanja urađen je s ciljem da se identificiraju dijelovi mozga koji su aktivni za vrijeme obavljanja različitih zadataka za koje se pretpostavlja da predstavljaju mjeru intelektualnih sposobnosti. U ovom poglavlju su prikazani i komentarisani rezultati niza studija zasnovanih na metodologiji koja koristi upotrebu slikovnih prikaza mozga. Autorica konstatuje da „jedan od značajnih doprinosa kognitivne neuroznanosti jeste zaključak da su funkcionalne jedinice viših kognitivnih funkcija neuralne mreže, a ne pojedina područja... Istraživanja inteligencije dobila su potpuno novu dimenziju nakon što su istraživači počeli koristiti funkcijske slikovne prikaze mozga za vrijeme rješavanja testova ili zadataka koji mjere intelektualne sposobnosti.“ Prikazana su dva savremena koncepta: teorija neuralnog procesiranja (Newman i Just, 2005) i 4CAPS model kognitivne neuroarhitekture (Just i Varma, 2007). Ovaj model pretpostavlja da su funkcionalna i anatomska povezanost ključni faktori biologije kognicija te da povezanost centara cortexa može imati hijerarhijsku organizaciju.

U poglavlju *Moždana oštećenja i inteligencija* prikazani su rezultati istraživanja u kojima su procjenjivane intelektualne sposobnosti nakon moždanih oštećenja, jer „(...) i dalje se susrećemo sa slučajevima pacijenata kod kojih su centri za određene funkcije oštećeni, a da u kliničkoj slici kod pacijenta nema vidljivih nedostataka. Postoje i slučajevi pacijenata čije su intelektualne i/ili neke kognitivne funkcije bile oštećene, ali je s vremenom došlo do oporavka tih funkcija.“ Dakle, relevantna informacija o funkcijama moždanih centara određenih

sposobnosti može se u nizu slučajeva još uvijek ranije dobiti neuropsihološkim testiranjem nego slikovnim prikazom. A, kako navodi Lezak (2004), neuropsihološka istraživanja značajno su doprinijela redefiniranju pojma inteligencije.

Posljednje poglavlje je *Uloga ishrane u razvoju inteligencije*. Autorica je u njemu pokušala sumirati rezultate većeg broja radova koji imaju za cilj istraživanje i objašnjavanje odnosa inteligencije i načina ishrane i dodataka ishrani u obliku vitamina i minerala. U zaključku konstatuje da su, iako ishrana igra veoma važnu ulogu i predstavlja neku vrstu medijatora između bioloških i okolinskih faktora, koji utječu na rast i razvoj mozga, a time i na ponašanje i sposobnosti, potrebna dalja istraživanja u ovom domenu.

Knjiga *Biopsihologija inteligencije* docentice dr. Maide Koso-Drljević nesumnjivo predstavlja značajnu izvornu psihološku studiju koja čitaocu pruža mogućnost da na savremen način sagleda odnos između biopsiholoških i psiholoških koncepata inteligencije. Studija se oslanja na veliki broj novih naučnih podataka i rezultata objavljenih u recentnim i relevantnim publikacijama.

Pisana je pregledno i sistematično, jasnim jezičkim izrazom, uz upotrebu standardne psihološke terminologije. Brojni primjeri iz historije razvoja koncepata tekst čini čitljivim i atraktivnim štivom za aktivno učenje u ovoj oblasti.

Osim toga, bogatstvom sadržaja, ovaj rukopis čini sistematizovan i fleksibilan polazni okvir za moguća buduća istraživanja, tako da će biti vrijedan doprinos teorijskom i praktičnom psihološkom radu, a posebno u oblasti neuropsihologije.

Može se pretpostaviti da će knjiga *Biopsihologija inteligencije* biti zanimljiva i korisna širokom krugu čitalaca, ne samo stručnjacima – psiholozima i medicinskim radnicima, nego i kao udžbeničko štivo studentima psihologije i nekih drugih fakulteta na kojima se izvodi nastava iz psihologije.

Zbog svega navedenog smatram opravdanim publiciranje u cjelini djela
Biopsihologija inteligencije docentice dr. sci. Maide Koso-Drljević.



Limož, 26.06.2016.

Prof.dr. Renko Đapić

Recenzent:

dr.sci. Nermin Đapo

Vanredni profesor

Odsjek za psihologiju

Filozofski fakultet u Sarajevu

Recenzija za knjigu **BIOPSIHOLOGIJA INTELIGENCIJE**

Autorica: Maida Koso-Drljević

Vjerovatno niti jedan psihološki konstrukt ne privlači toliko pažnje kako laičke tako i stručne i naučne javnosti kao inteligencija. Kroz povijest, koncept inteligencije je „upotrebljavan i zloupotrebljavan“ na različite načine. Društvenoj zloupotrebi u znatnoj mjeri doprinijelo je traganje i „pronalaženje“ bioloških korelata koji su se zatim proglašavali nepromjenljivim osnovama inteligencije, te vođeni političkim stavovima i uvjerenjima istraživača, inteligenciju su određivali kao biološku datost i sudbinsku odrednicu čovjeka. Obzirom na brojne etičke dileme, traganje za biološkim osnovama inteligencije područje je koje zahtijeva aristotelovsku stanku u odgovaranju na pitanja i probleme istraživanja: naime, bez obzira na akumulirano znanje iz ovog područja, još je dosta pitanja na koja se traže odgovori, odnosno, kako je to Aristotel objasnio svojim učenicima, što je krug znanja veći, veća je i dodirna površina sa neznanjem. Svaka nova publikacija u kojoj se raspravlja o biološkim osnovama inteligencije je *per se* vrijedno djelo, a posebno ako se iz rukopisa prepoznaje ozbiljnost i optimizam autora. Takvo djelo je i knjiga *Biopsihologija inteligencije*, autorice Maide Koso-Drljević.

Knjiga *Biopsihologija inteligencije*, autorice Maide Koso-Drljević napisana je na 114 stranica teksta, uključujući i popis korištene literature. Knjiga je strukturirana u šest poglavlja: *Historijski osvrt i različite teorije inteligencije*, *Genetika i inteligencija*, *Psihofiziologija inteligencije*, *Kritike naglašavanja genetičkih i fizioloških faktora*, *Elementarni kognitivni zadaci*, *testovi inteligencije i studije slikovnih prikaza mozga*, *Moždana oštećenja i inteligencija* i *Uloga ishrane u razvoju inteligencije*. U uvodnom dijelu, autorica je sistematično najavila svako od područja inteligencije koje je elaborirala u knjizi, a nakon završnog poglavlja u *Zaključcima* znalački pruža jasnu sintezu najvažnijih spoznaja o svim temama o kojima je raspravljala u svojoj knjizi.

U prvom poglavlju, autorica prezentira veliki broj definicija inteligencije. Detaljno opisuje klasične i savremene modele inteligencije, te navodi na koje sve načine je ovaj složeni psihološki konstrukt mjereno. U tekstu autorica Maida Koso-Drljević navodi kriterije (od kliničkih opservacija do postupka faktorske analize) na osnovu kojih su različiti autori predložili različite pristupe inteligenciji. Posebnu pažnju autorica posvećuje Spearmanovom pristupu i podjeli inteligencije na: g faktor i s faktor, te Cattellovoj fluidnoj i kristaliziranoj inteligenciji. U ovom dijelu teksta nisu zanemareni i drugi pristupi i modeli, kao što su modeli inteligencije Vernona, Guilforda, Thurstona, Stenberga i Gurdnera. Pored tekstualnog dijela, svaki od modela je prikazan slikovito, što ima svoju pedagošku vrijednost. Autorica je opisala pristupe u mjerenju inteligencije, s posebnim osvrtom na testove inteligencije koji se koriste u biopsihološkim i neuropsihološkim istraživanjima. Na ovaj način autorica vješto uvodi čitatelja u osnovnu tematiku ove knjige, te olakšava praćenje teksta koji slijedi.

Sljedeća četiri poglavlja u knjizi direktno su posvećena tematici knjige: biološkim i neuropsihološkim osnovama inteligencije. U poglavlju *Genetika i inteligencija*, imamo priliku na jednom mjestu pronaći informacije o poveznici između gena i inteligencije, ali autorica najprije polemizira o suprotstavljenim stajalištima nativizma i empirizma. Argumentirajući oba stajališta, autorica Maida Koso-Drljević navodi da zapravo interakcija između urođenog i stečenog objašnjava individualne razlike u inteligenciji, te da se zahvaljujući genetičkim istraživanjima inteligencije prevazišla simplifikacija stare dileme u psihologiji. Autorica u nastavku navodi istraživanja i analize genetičkih poremećaja koji uključuju simptome intelektualne onesposobljenosti. Iz teksta se može vidjeti da je evidentirano preko 300 različitih genetičkih poremećaja koji su povezani sa simptomima intelektualne onesposobljenosti. Ovim genetičkim poremećajima je zajedničko, da su: (1) uzrokovani poremećajem na jednom genu; (2) u fenotipu su prisutni simptomi intelektualne onesposobljenosti (od umjerene do teške); (3) kada se posebno posmatraju, rijetki su (zastupljenost oko .01%), ali uzeto zajedno, značajno su zastupljeni u populaciji razvojnih poremećaja i (4) imaju plejotropni učinak što znači da poremećeni gen utječe na funkcionalnost mnogih puteva u mozgu koji onda uzrokuju značajna odstupanja u odnosu na normalan razvoj intelektualnih, ali i drugih funkcija. Opći zaključak u ovom poglavlju, nakon što su opisani neki od genetičkih poremećaja, jeste da znamo da geni igraju određenu ulogu, ali ostaje nejasno u kojoj mjeri i kako.

U poglavlju *Psihofiziologija inteligencije* autorica izvještava o rezultatima istraživanja u kojima je utvrđena veza između volumena mozga i *g* faktora inteligencije. Ovaj interes kod istraživača potiče još od vremena Brokea. Zanimljivo je da istraživači izvještavaju o povezanosti između volumena mozga i *g* faktora inteligencije. Razvojem novih tehnologija omogućeno je detaljno mapiranje ljudskog korteksa, distribucije sive mase, gyrusa i procjene moždane asimetrije što može biti povezano s varijablama kao što su spol, godine, dominacija ruke, lateralizacija. Neki od zanimljivih nalaza istraživanja koje autorica prezentira su nalazi Thompsona i suradnika (2001), koji su utvrdili da postoje značajne individualne razlike u distribuciji sive mase u kori velikog mozga. Isti autori tvrde da su razlike u moždanim strukturama uvjetovane genetičkim razlikama, te da genetički faktori značajno utječu na kortikalne strukture u Brocinom i Wernickeovom području, poznatim kao područja mozga uključena u funkcije govora, kao i u frontalnim moždanim regijama. Nadalje, Thompson i suradnici (2001) utvrdili su visoku korelacije između jednojajčanih blizanaca u volumenu sive mase ($r=0,95$). Korelacija za dvojajčane blizance značajno je manja. Isti autori bave se i sličnostima u volumenu bijele mase. Preliminarne korelacije njihovog istraživanja sugeriraju da razlike u volumenu sive mase u frontalnim dijelovima mozga mogu biti povezane sa Spearmanovim *g faktorom*.

Elementarni kognitivni zadaci, testovi inteligencije i studije slikovnih prikaza mozga, peto poglavlje u ovoj knjizi usmjereno je na pregled istraživanja u kojima su autori pokušali dati odgovor na pitanja anatomskih i fizioloških korelata inteligencije, najčešće kroz proučavanje mentalne brzine. Autorica prezentira najvažnije modele i teorije: model zasnovan na hipotezi neuralne efikasnosti, teoriju neuralnog procesiranja i 4CAPS model. Preporučujem čitateljima da posebnu pažnju posvete modelu 4CAPS, u kojem su elaborirane funkcije modela: razumijevanje rečenica, rješavanje spacijalnih problema i obavljanje dualnih zadataka.

U sljedećem poglavlju *Moždana oštećenja i inteligencija*, autorica razmatra aspekte neuropsihologije inteligencije, te je posebnu pažnju posvetila rezultatima istraživanja u kojima su ispitane promjene koje inteligencija „doživljava“ nakon moždanog oštećenja. Ovo poglavlje ima i značajne praktične implikacije, jer pruža informacije o načinima na koje je moguće ispitivati ne samo intelektualne, već općenito kognitivne deficite. Također, autorica

navodi i rezultate istraživanja koji pokušavaju odgovoriti na pitanje da li je intelektualne sposobnosti nakon moždanih oštećenja moguće vježbom/treningom poboljšati.

Knjiga *Biopsihologija inteligencije* završava poglavljem *Uloga ishrane u razvoju inteligencije*, što govori da autorica Maida Koso-Drljević svestrano razmatra ovaj složeni psihološki konstrukt. U ovom dijelu teksta autorica se osvrće na spoznaje o okolinskim utjecajima na razvoj inteligencije, kao i na Flynnov efekt, prema kojem dolazi do međugeneracijskog porasta prosječnih vrijednosti na testovima inteligencije. Jedna od hipoteza koja objašnjava Flynnov efekt ukazuje na značajnu ulogu prehrane suvremenog čovjeka. Kao i kod zaključaka u prethodnim poglavljima, tako i ovdje autorica izbjegava pristrasnosti favoriziranja isključivo samo jednog faktora u razvoju općenito kognitivnih procesa, unatoč tome što je nutricionista hipoteza priskrbila značajnu empirijsku podršku i zagovara interakcionistički pogled na inteligenciju.

Posebna vrijednost knjige *Biopsihologija inteligencije*, autorice Maide Koso-Drljević se ogleda i u impresivnom broju opisanih istraživačkih studija, od najranijih pa sve do studija koje su objavljene u novije vrijeme. Nakon prezentiranih studija, rezultati su najprije prikazani „na vlastiti način“, ali nakon toga autorica čitatelju daje uvid u metodološka ograničenja i načine kako ih je moguće otkloniti u budućim istraživanjima.

Na temelju sveukupne analize knjige *Biopsihologija inteligencije* autorice Maide Koso-Drljević, mogu kazati da je naučna i stručna javnost bogatija za jedno vrijedno djelo iz područja inteligencije. Kao recenzentu, posebno mi je zadovoljstvo što sam među prvim osobama koje su pročitale knjigu. Uvjeren sam da je knjiga korisna podjednako studentima društvenih i prirodnih znanosti, ali i svima koji se interesuju za inteligenciju.



U Sarajevu, 25.9.2016.

Prof.dr. Nermin Đapo

13. Biografija

Maida Koso-Drljević rođena je 1977. godine u Sarajevu. Osnovnu školu završila je u Sarajevu, a srednju medicinsku školu u Bjelovaru (Republika Hrvatska). Odsjek za psihologiju Filozofskog fakulteta u Sarajevu upisuje 1996. godine. Zvanje magistra psiholoških znanosti stiče 2007. godine, a 2008. godine odbranila je magistarski rad i na Institutu za psihologiju u Geteborgu (Švedska). Zvanje doktora psiholoških nauka stekla je na Odsjeku za psihologiju Filozofskog fakulteta u Sarajevu 2009. godine. Od 2001. godine radi u zvanju asistenta, kasnije višeg asistenta, a od 2009. godine u zvanju docenta na Odsjeku za psihologiju Filozofskog fakulteta u Sarajevu na različitim predmetima uključujući Uvod u psihologiju, Biološka psihologija, Neuropsihologija, Psihofiziologija spavanja, te Psihologija umjetnosti na Akademiji likovnih umjetnosti Univerziteta u Sarajevu. Tokom studija, a i tokom rada na Odsjeku za psihologiju, boravila je nekoliko puta na stručnom usavršavanju i u okviru postdiplomskog studija na Univerzitetu Ludvig Maksimilijan u Minhenu i Institutu za psihologiju Univerziteta u Geteborgu. Rezultate istraživanja koje je provodila prezentirala je na više od 20 lokalnih i internacionalnih kongresa od kojih su neki Svjetski kongres psihologa u Berlinu i Kongres asocijacije neurohirurškog udruženja u Pragu. Radove je objavljivala u internacionalnim časopisima kao što su *European Psychiatry*, *Journal of Clinical Medicine Research*, *Review of Psychology*. Bila je članica organizacijskih i programskih odbora, te urednica nekoliko knjiga i zbornika sažetaka i radova Kongresa psihologa Bosne i Hercegovine i Sarajevskih dana psihologije. Njena knjiga, na osnovu rezultata istraživanja kognitivnih funkcija kod PTSP pacijenata, objavljena je u Švedskoj i Njemačkoj. Učestvovala je i trenutno učestvuje u više istraživačkih projekata.