

Kognitivno i psihomotoričko učenje u studenata

Čičmir, Paula

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:918888>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-27**



Repository / Repozitorij:

[MEFST Repository](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
MEDICINSKI FAKULTET

Paula Čičmir

KOGNITIVNO I PSIHOMOTORIČKO UČENJE U STUDENATA

Diplomski rad

Akadska godina:

2023./2024.

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Ivana Pavlinac Dodig

Split, srpanj 2024.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Anatomija mozga	2
1.1.1. Anatomske strukture mozga ključne za kognitivno učenje.....	3
1.1.2. Anatomske strukture ključne za psihomotoričko učenje	4
1.2. Kognitivne sposobnosti	4
1.2.1. Vrste kognitivnih sposobnosti	5
1.2.2. Čimbenici koji utječu na kognitivne sposobnosti.....	6
1.2.3. Mjerenje kognitivnih sposobnosti	7
1.3. Psihomotoričke sposobnosti	8
1.3.1. Komponente psihomotoričkih sposobnosti	8
1.3.2. Utjecaj dobi i spola na psihomotoričke sposobnosti.....	9
1.4. Pamćenje.....	10
1.5. Učenje.....	11
1.5.1. Kognitivno učenje.....	12
1.5.2. Senzorimotoričko učenje.....	12
1.5.3. Interakcija kognitivnog i psihomotoričkog učenja	12
1.5.4. Čimbenici koji utječu na učenje	13
1.6. Kronometrija	14
1.6.1. Mentalna kronometrija	14
1.7. Kompleksni reakciometar Drenovac (CRD) serija testova	15
1.7.1. Sadržaj mjerenja CRD testova	16
1.7.2. Instrumenti CRD serije	16
1.7.3. Dosadašnja istraživanja na CRD uređaju.....	18
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	20
3. ISPITANICI I POSTUPCI	22
3.1. Ispitanici	23
3.2. Mjesto istraživanja	23
3.3. Organizacija i opis istraživanja	23

3.4. Metode prikupljanja i obrade podataka	25
3.4.1. Statistička obrada podataka	25
4. REZULTATI	26
5. RASPRAVA	33
6. ZAKLJUČAK	37
7. LITERATURA	39
8. SAŽETAK	45
9. SUMMARY	47

Zahvaljujem mentorici, izv. prof. dr. sc. Ivani Pavlinac Dodig na velikoj pomoći i strpljenju prilikom izrade diplomskog rada. Također, zahvaljujem svim ispitanicima koji su sudjelovali u ovom istraživanju. Posebno hvala mojoj obitelji i prijateljima na velikoj podršci i razumijevanju tijekom studiranja.

1. UVOD

1.1. Anatomija mozga

Mozak (*encephalon*) se sastoji od tri osnovna dijela: moždanog debla (*truncus encephalicus*), malog mozga (*cerebellum*) i velikog mozga (*cerebrum*). Moždano deblo se dijeli na tri glavne komponente: produljenu moždinu (*medulla oblongata*), most (*pons*) i srednji mozak (*mesencephalon*) (1). Veliki mozak sastoji se od dva glavna dijela: međumozga (*diencephalon*), koji se nalazi u središnjem dijelu kao produžetak moždanog debla, i krajnjeg mozga (*telencephalon*), koji formira moždane hemisfere (*hemisphaeria cerebri*) (1). Svi ovi dijelovi sadrže sivu tvar (*substantia grisea*) i bijelu tvar (*substantia alba*). Siva tvar prekriva površinu velikog i malog mozga kao kora (*cortex*), dok se bijela tvar nalazi ispod nje. U području moždanog debla siva i bijela tvar su izmiješane, s dijelovima gdje je siva tvar na površini i dijelovima gdje je bijela tvar na površini (1).

Površine velikog i malog mozga karakteriziraju nabori, gdje su pojedine površinske izbočine razdvojene plićim žljebovima (*sulci*) i dubljim pukotinama (*fissurae*). Žljebovi odvajaju vijuge (*gyri*) na površini velikog i malog mozga, dok pukotine razdvajaju anatomske važne regije poput reznjeva (*lobi*) i reznjica (*lobuli*). Uz to, mozak sadrži sustav unutarnjih šupljina, poznatih kao moždane komore (*ventrikuli cerebri*), povezane tankim kanalima i ispunjene cerebrospinalnom tekućinom (1).

Svaki dio telencefalona obuhvaća četiri osnovna dijela: vanjsku moždanu koru (*cortex cerebri*), bijelu tvar (*substantia alba cerebri*), bazalne ganglije smještene duboko unutar bijele tvari, te pridruženi sustav moždanih komora (1).

Duboka uzdužna pukotina (*fissura longitudinalis cerebri*) dijeli lijevu od desne moždane polutke, dok se stražnji dio moždanih polutki od malog mozga razdvaja dubokom poprečnom pukotinom (*fissura transversa cerebri*) (1).

Svaka moždana polutka je podijeljena s tri duboke pukotine (*fissura centralis*, *fissura lateralis cerebri*, *fissura parieto-occipitalis*). Ove pukotine stvaraju četiri glavna reznja: čeon (lobus *frontalis*), tjemeni (lobus *parietalis*), zatiljni (lobus *occipitalis*) i sljepoočni (lobus *temporalis*) reznj. Ovi reznjevi nisu homogeni ni u arhitektonskom ni u funkcionalnom smislu, već predstavljaju korisno topografsko-morfološko sredstvo za proučavanje strukture i funkcije moždane kore (1).

Svaki reznj mozga, osim svoje primarne uloge u obradi osjetnih informacija, također doprinosi višim moždanim funkcijama koje su povezane s kognicijom. Na primjer, parijetalni

režanj ima ključnu ulogu u usmjeravanju pozornosti prema podražajima, temporalni režanj je važan za prepoznavanje podražaja, a frontalni režanj za planiranje odgovora na te podražaje. Okcipitalni režanj sudjeluje u svim aspektima vidne percepcije i može se aktivirati u obradi osjeta na više načina (2).

1.1.1. Anatomske strukture mozga ključne za kognitivno učenje

Hipokampus je spiralna struktura na ventromedijalnoj površini temporalnog režnja koja igra ključnu ulogu u učvršćivanju pamćenja. Specifični obrasci sinaptičke aktivnosti dovode do dugoročnog pojačanja u snazi sinapsi, poznatog kao dugoročna potencijacija (engl. *long-term potentiation*, LTP). Ovaj je fenomen detaljno proučavan u ekscitacijskim sinapsama u hipokampusu (2). Hipokampus ima ključnu ulogu u formiranju i/ili oporavku informacija za različite oblike pamćenja. Snimanje funkcionalnom magnetskom rezonancom pokazuje da je hipokampus aktiviran tijekom zadataka pamćenja u ljudi, a ozljeda ove regije mozga može rezultirati nemogućnošću stvaranja određenih novih oblika memorije. Hipokampus i povezane strukture diencefalona ključne su za početno oblikovanje i učvršćivanje deklarativnog pamćenja, koje se kasnije prenosi i pohranjuje u druge dijelove mozga. Brojna istraživanja tijekom godina potvrđuju da je moždana kora glavno mjesto dugoročnog čuvanja različitih oblika deklarativnog pamćenja (2).

Prefrontalni korteks je dio frontalnog režnja mozga koji se nalazi sprijeda u odnosu na primarne i asocijativne kortikalne regije. Smatra se da je uključen u planiranje kompleksnih kognitivnih aktivnosti te izražavanje osobnosti i prikladnog društvenog ponašanja. Posebno su važni dijelovi prefrontalne kore iznad orbite u najrostralnijem i najventralnijem dijelu sagitalne fisure zbog njihove uloge u emocionalnoj obradi i donošenju racionalnih odluka (2).

Amigdala je skup jezgara smještenih u temporalnom režnju mozga i čini dio limbičkog sustava. Njezine ključne uloge obuhvaćaju regulaciju autonomnih odgovora, emocionalno procesuiranje te sudjelovanje u regulaciji seksualnog ponašanja (2). Klinička promatranja sugeriraju da su amigdale, zajedno sa svojim povezanim strukturama, ne samo uključene u obradu emocija, već sudjeluju i u kompleksnim neuronskim procesima koji su važni za racionalno razmišljanje. Također, postoje dokazi da je emocionalno procesiranje ključno za uspješno izvršavanje različitih kompleksnih funkcija mozga (2).

1.1.2. Anatomske strukture ključne za psihomotoričko učenje

Bazalni gangliji obuhvaćaju velike i funkcionalno raznolike skupine jezgara smještenih duboko unutar moždanih hemisfera. Ove jezgre, ključne za motoričku funkciju, uključuju nucleus caudatus, putamen i globus pallidus (2). Substancija nigra u bazi srednjeg mozga i subtalamička jezgra u ventralnom talamusu usko su povezane s motoričkim jezgrama bazalnih ganglija. Ove motoričke komponente formiraju supkortikalnu petlju koja povezuje većinu područja moždane kore s gornjim motoneuronima u primarnoj motoričkoj i premotoričkoj kori te moždanom deblu (2).

Mali mozak (*cerebellum*) je velika struktura stražnjeg dijela mozga koja je ključna za koordinaciju pokreta, održavanje držanja tijela i ravnoteže. Sastoji se od slojevite kore i dubokih jezgara te je povezan s produženom moždinom putem cerebelarnih pedunkula (2). Funkcionalno, mali mozak djeluje slično kao bazalni gangliji jer modulira obrasce aktivnosti gornjih motoneurona. Odašilje opsežne projekcije u većinu neuronskih krugova koji kontroliraju gornje motoneurone. Ulazni putevi u mali mozak dolaze iz drugih područja mozga, osobito iz kore velikog mozga (2). Stanice dubokih jezgara malog mozga su glavni izvor eferentnih projekcija, ali te projekcije ne prenose signale identične onima koje su primile. Osnovna uloga malog mozga je uočiti razlike ili motoričke pogreške između planiranih i izvedenih pokreta te ih korigirati djelovanjem na gornje motoneurone. Ispravci se mogu dogoditi tijekom izvođenja pokreta ili se mogu pohraniti u motoričko pamćenje (2).

1.2. Kognitivne sposobnosti

Pojam kognicija, ili mentalna aktivnost, odnosi se na stjecanje, pohranu, transformaciju i korištenje znanja. Kognicija je neizbježna. U svakom trenutku dok je osoba budna, kognitivni procesi su aktivni. Oni omogućuju prepoznavanje i tumačenje podražaja iz okoline te promišljeno djelovanje ili reagiranje na vanjske poticaje (3). Kognitivni procesi omogućuju sposobnost planiranja, stvaranja, interakcije s drugima te obrade svih misli, osjeta i osjećaja koji se doživljavaju svakodnevno. Kognitivne sposobnosti djeluju zajedno na složene i visoko usklađene načine kako bi stvorile svjesne doživljaje (3). Danas postoje četiri glavna pristupa proučavanju ljudske kognicije: eksperimentalna kognitivna psihologija, kognitivna neuroznanost, kognitivna neuropsihologija i računalna kognitivna znanost. Ovi pristupi se sve češće kombiniraju kako bi se dobilo bogatije razumijevanje ljudske kognicije (4).

1.2.1. Vrste kognitivnih sposobnosti

Pozornost uključuje nekoliko aspekata, poput selektivne pažnje (preferiranja nekih podražaja nad drugima), održane pažnje (budnosti) i podijeljene pažnje (istovremeno obraćanje pažnje na više događaja). Orijentacija, istraživanje, koncentracija i budnost su pozitivni aspekti pažnje, dok ometenost, nepostojanost, zbunjenost i zanemarivanje odražavaju njene nedostatke. Pozornost nije samo vrhunac mentalne integracije, već i ključni preduvjet za manifestaciju intelektualnih sposobnosti (5).

Pamćenje proizlazi iz procesa učenja, što uključuje stjecanje novih informacija putem jednokratnog izlaganja ili ponavljanja informacija, iskustava ili radnji. Unatoč obilju informacija u našem mozgu, kontinuirano stječemo nova znanja, što rezultira formiranjem pamćenja (6). Dok neke informacije zadržavamo samo kratko vrijeme, druga znanja i vještine mogu trajati i cijeli život. Ljudi i životinje imaju različite vrste pamćenja, uključujući vrlo kratkotrajno osjetno pamćenje koje traje od milisekundi do nekoliko sekundi, kratkotrajno i radno pamćenje koje može trajati od nekoliko sekundi do nekoliko minuta, te dugotrajno pamćenje koje može trajati desetljećima (6). Dugotrajno pamćenje se obično dijeli na deklarativno pamćenje, koje obuhvaća našu svjesnu memoriju za činjenice koje smo naučili (semantičko pamćenje) i događaje koje smo doživjeli (epizodičko pamćenje), te nedeklarativno pamćenje koje je nesvjesno i ne može se verbalno izraziti, najčešće se manifestira kroz izvođenje postupaka (proceduralno pamćenje). Učenje i pamćenje možemo podijeliti u tri glavne faze obrade: kodiranje, pohranu i na kraju dohvaćanje pohranjenih informacija (6).

Percepcija predstavlja svjesno iskustvo primanja i interpretacije senzornih podražaja. Svijest o percepciji nije rezultat spontanog nastanka, već složenih procesa koji djeluju zajedno (7). Jedan od temeljnih principa percepcije jest da se sve što doživljavamo temelji na električnim signalima u našem živčanom sustavu. Jedna svrha neurona koji sudjeluju u percepciji jest pretvaranje podražaja iz okoliša u električne signale procesom koji se zove transdukcija, a zatim procesom transmisije prenošenje tih signala do centara u mozgu (7).

Razmišljanje se može definirati kao bilo koja mentalna operacija koja eksplicitno (kao kod računskih operacija) ili implicitno (kao kod procjene da je nešto loše u odnosu na nešto drugo) povezuje dvije ili više informacija. Pod pojmom razmišljanja podrazumijeva se niz složenih kognitivnih funkcija, kao što su računanje, rasuđivanje i prosuđivanje, formiranje pojmova, apstrakcija i generalizacija, organiziranje, planiranje i rješavanje problema (8).

Ekspresivne funkcije, poput govora, crtanja ili pisanja, manipuliranja, fizičkih gesta i izraza lica ili pokreta, čine cjelokupno vidljivo ponašanje. Iz tih funkcija donose se zaključci o mentalnoj aktivnosti (8).

1.2.2. Čimbenici koji utječu na kognitivne sposobnosti

Poznato je da brojni čimbenici izvan kognitivne domene mogu imati značajan utjecaj na kognitivne sposobnosti ispitanika. Razlike u kognitivnim sposobnostima vidljive su među spolovima, pri čemu muškarci pokazuju bolje prostorne i matematičke vještine, dok žene imaju bolje verbalne sposobnosti i finu motoriku (9). Ove razlike, posebno u prostornim i orijentacijskim vještinama, javljaju se vrlo rano u životu kao rezultat razvojnih i okolišnih čimbenika te ostaju prisutne tijekom cijelog životnog vijeka (9).

Promjene u brzini obrade informacija povezane su s dobi. Frontalne moždane strukture i kognitivne funkcije koje ovise o tim dijelovima mozga najosjetljivije su na učinke starenja tijekom cijelog životnog vijeka (10). Degenerativne promjene na moždanim strukturama postaju vidljive s godinama, pri čemu muškarci pokazuju izraženije promjene povezane sa starenjem u usporedbi sa ženama (11).

Istraživanja su istaknula ključnu ulogu spavanja u očuvanju fizičkog i mentalnog zdravlja. Spavanje ima važnu ulogu u formiranju pamćenja i učenju, održavanju i poboljšanju kognitivnih funkcija te u socijalnim i emocionalnim sposobnostima (12). Skraćeno vrijeme spavanja povezano je s problematičnim ponašanjem i smanjenom kognitivnom sposobnošću. Produženo vrijeme usnivanja, učestale noćne smetnje i prisutnost nesanice povezani su s nižim kognitivnim sposobnostima i poteškoćama u samoregulaciji (12).

Radno vrijeme stalno se povećava, a u određenim zanimanjima ljudi se suočavaju i s ograničenjem spavanja jer profesije, poput zdravstvene skrbi, sigurnosti i transporta, zahtijevaju noćni rad. Dugo radno vrijeme u kombinaciji s intenzivnim radnim opterećenjem mogu nepovoljno utjecati na kognitivne i psihomotoričke funkcije u usporedbi s običnim radnim danima. Pogoršanje se najviše vidi u području pažnje, pouzdanosti, memorije, izvedbe zadataka i mentalne izdržljivosti (13,14).

Jedan od čimbenika koji dovodi do pogoršanja mentalne i psihomotoričke obrade je i dehidracija. Tijekom dehidracije ispitanika došlo je do značajnog pogoršanja ukupnog vremena rješavanja testa kao i minimalnog vremena rješavanja pojedinačnog zadatka. Neurofiziološki

mehanizmi koji utječu na mentalne i psihomotorne sposobnosti tijekom dehidracije izrazito su kompleksni i uključuju strukturne i funkcionalne promjene neurona i glija stanica (15).

Razne kronične i akutne bolesti mogu nepovoljno utjecati na kognitivne sposobnosti. Na primjer, pacijenti s upalnim bolestima crijeva pokazuju smanjene neurokognitivne i psihomotoričke funkcije u usporedbi s kontrolnom skupinom, uključujući perceptivne sposobnosti, konvergentno razmišljanje i složeno operativno razmišljanje (16).

Prehrambene navike ključan su čimbenik za kognitivno i moždano zdravlje. Osim prehrane, tjelesna aktivnost i vježbanje također pozitivno utječu na kognitivne funkcije i zdravlje mozga (17).

1.2.3. Mjerenje kognitivnih sposobnosti

Psihometrija je razvila valjane i pouzdane testove za mjerenje ljudske inteligencije i srodnih sposobnosti. Kao predmet proučavanja, psihometrija se s vremenom razvila u disciplinu koja se fokusira na mjerenje kognitivnih sposobnosti (18). Moderni testovi inteligencije potječu iz rada Alfreda Bineta i Theodorea Simona, koji su predložili preteču suvremenih Stanford-Binetovih ljestvica inteligencije. Druga ključna figura u ranim testiranjima inteligencije bio je David Wechsler, čije su Wechslerove ljestvice inteligencije danas najšire korištene u svijetu (19).

Wechslerova ljestvica inteligencije za odrasle (engl. *Wechsler Adult Intelligence Scale*, WAIS) najčešće je korišten test za procjenu kvocijenta inteligencije osmišljen za procjenu intelektualnih sposobnosti starijih adolescenata i odraslih. Ova ljestvica slijedi dugu tradiciju razvoja, testiranja i unapređenja u testiranju mentalnih sposobnosti (20). Trenutno izdanje testa, WAIS-IV, objavljeno je 2008. godine. Sastoji se od deset osnovnih podtestova raspoređenih u četiri indeksa: verbalnog razumijevanja, perceptivnog rasuđivanja, radnog pamćenja i brzine obrade podataka (20).

Wechslerova ljestvica inteligencije za djecu, peto izdanje (engl. *Wechsler Intelligence Scale for Children*, WISC-V), jedan je od najčešće korištenih testova u kliničkoj praksi. Iako može proizvesti mnoštvo rezultata, kliničke primjene WISC-V često se fokusiraju na deset osnovnih podtestova, pet osnovnih indeksa i ukupni kvocijent inteligencije (21).

Stanford-Binet testovi inteligencije procjenjuju kognitivne sposobnosti kroz pet komponenti: znanje, kvantitativno rasuđivanje, vizualno-prostornu obradu informacija, radnu memoriju i fluidnu inteligenciju (22).

Ravenove progresivne matrice (engl. *Raven's Progressive Matrices*, RPM) jednostavan su neverbalni test koji se široko koristi za mjerenje općih kognitivnih sposobnosti. Postoje tri različite verzije RPM-a: standardne progresivne matrice Raven (RSPM), obojene progresivne matrice (CPM), koje su lakše, i napredne progresivne matrice (APM), koje su teže (23).

1.3. Psihomotoričke sposobnosti

Psihomotoričke sposobnosti igraju temeljnu ulogu u razvoju, jer pomažu u mentalnoj organizaciji vanjskog svijeta kroz tjelesne aktivnosti. Intelektualni, afektivni i socijalni razvoj potiče se olakšavanjem odnosa s okolinom u različitim okruženjima, kontekstima i situacijama (24). Razvoj psihomotoričkih sposobnosti omogućuje ovladavanje tijelom kroz ravnotežu i pokret, te pripremu za motoričke zahtjeve okoline i svakodnevnog života. Na kognitivnoj razini, omogućuju poboljšanje pažnje i koncentracije, kao i razvoj memorije i poticanje kreativnosti. Na socijalnoj razini, potiču češću interakciju s drugima, olakšavajući prilagodbu na različita okruženja (24).

1.3.1. Komponente psihomotoričkih sposobnosti

Fina motorika je sposobnost pojedinca da izvodi točne, koordinirane i voljne pokrete rukama (25). Uključuje složenu interakciju prostorno-vremenske obrade, vizualno-motoričke integracije, kontrole snage, te perceptivnih i kognitivnih vještina. Kašnjenja i poremećaji u razvoju fine motorike česti su u osoba s poremećajem pažnje s hiperaktivnošću (ADHD) i autizmom, te su često povezani s niskim kvocijentom inteligencije, slabim matematičkim sposobnostima i poteškoćama u čitanju (26).

Grube motoričke sposobnosti koriste velike skupine mišića za koordinirane pokrete tijela poput hodanja, trčanja, skakanja i održavanja ravnoteže. One su ključne za razvoj funkcionalnih aktivnosti, igru te društvenu interakciju, dok podržavaju kompleksne motoričke vještine potrebne za sport i tjelovježbu u kasnijoj životnoj dobi. Istraživanja ukazuju da su grube motoričke sposobnosti povezane s očuvanim samopoštovanjem i poboljšanim kognitivnim

funkcijama (27). Nadalje, slabo razvijene grube motoričke sposobnosti mogu potaknuti izbjegavanje aktivnosti i sjedilački način života, što može povećati rizik od kroničnih bolesti u starijoj dobi (27).

Koordinacija obuhvaća organizaciju i prilagodljivost pokreta. Ona se odnosi na organizaciju višestrukih mišića, zglobova i njihovih rotacija radi izvršenja specifičnog zadatka (28).

Ravnoteža se dijeli na statičku i dinamičku. Statička ravnoteža povezana je s održavanjem tjelesnog držanja (vertikalno držanje), dok je dinamička ravnoteža povezana s održavanjem ili vraćanjem u tu poziciju tijekom motoričke aktivnosti ili nakon njenog završetka (29).

Vrijeme reakcije odražava brzinu kojom pojedinac može odgovoriti na podražaj kada se on pojavi, koristeći određeni pokret (30).

1.3.2. Utjecaj dobi i spola na psihomotoričke sposobnosti

Starenje je povezano sa smanjenom sposobnošću inhibicije, radne memorije, brzinom reakcije i uspješnošću u rješavanju različitih zadataka. Razlike u brzini obrade informacija povezane s dobi mogu se objasniti istovremenim strukturnim i funkcionalnim promjenama u frontalnim režnjevima mozga koje dolaze s godinama. Degenerativne promjene koje utječu na volumen mozga, osobito sivu tvar, izraženije su u muškaraca u srednjoj i kasnoj odrasloj dobi nego u žena. Također, žene imaju veći corpus callosum, a njihov splenium se s godinama više širi (9). Ekspanzija spleniuma povezana s godinama u žena ukazuje na produženi razvoj te strukture. Različite istraživačke metode ne mogu precizno razlučiti je li povećanje promjera vlakana ili broja vlakana glavni mehanizam ove ekspanzije, no hormonalne razlike mogu imati značajan utjecaj. Bijela tvar mozga je osjetljiva na metaboličke promjene, što sugerira da estrogen može pozitivno djelovati na corpus callosum, dok testosteron može imati negativan utjecaj (31).

Razlike u psihomotoričkim sposobnostima između spolova su dvosmjerne. Žene su bolje od muškaraca na testovima spretnosti ruku koji procjenjuju fine motoričke vještine. Međutim, muškarci postižu bolje rezultate na testovima koji procjenjuju brzinu ruku i vizualnu percepciju (9).

1.4. Pamćenje

Pamćenje obuhvaća procese kodiranja, čuvanja i povratka naučenih informacija (2). Tijekom svakog dana izloženi smo ogromnim količinama informacija, a naš sustav pamćenja sposoban je te informacije pohraniti i kasnije prizvati. To bi bilo teško, ako ne i nemoguće, da pohranjene informacije nisu strukturirane, odnosno organizirane prema različitim dimenzijama kao što su prostor, vrijeme i značenje (32).

Pamćenje se u mozgu pohranjuje mijenjanjem osnovne osjetljivosti sinaptičkog prijenosa između neurona, što je rezultat prethodne živčane aktivnosti. Novi ili facilitirani putevi nazivaju se tragovi pamćenja. Oni su značajni jer, nakon što se uspostave, mogu biti selektivno aktivirani putem mišljenja kako bi se prisjetili zapamćenog sadržaja. Tragovi pamćenja mogu se pojaviti na svim razinama živčanog sustava. Čak se i spinalni refleksi mogu donekle izmijeniti zbog ponovljene aktivacije kraljeznične moždine, a te promjene refleksa dio su procesa pamćenja (33). Dugotrajno pamćenje također je rezultat promjena u sinaptičkoj vodljivosti nižih moždanih centara. Ipak, najveći dio pamćenja povezanog s intelektualnim funkcijama temelji se na tragovima u moždanoj kori (33).

Različiti oblici pamćenja različito dugo traju. Neki traju samo nekoliko sekundi dok drugi traju satima, danima, mjesecima ili godinama. Kada govorimo o vrstama pamćenja, koristimo podjelu na tri glavne vrste: kratkotrajno pamćenje, koje obuhvaća informacije koje traju kratko vrijeme, osim ako se ne prijeđu u dugotrajno pamćenje; srednjoročno pamćenje, koje zadržava informacije nekoliko dana ili tjedana prije nego što izblijede; i dugotrajno pamćenje, koje, kada se jednom uspostavi, može trajati godinama ili čak cijeli život (33). Dugotrajno pamćenje se može podijeliti na deklarativno (eksplicitno) pamćenje i skup nedeklarativnih (implicitnih) oblika pamćenja (34).

Deklarativno (eksplicitno) pamćenje je ono koje možemo svjesno prizvati, bilo kao verbalni ili neverbalni sadržaj, poput ideje, zvuka, slike, osjeta, mirisa ili riječi. To je vrsta pamćenja na koju obično mislimo kada koristimo pojam pamćenje u svakodnevnom govoru. Deklarativno pamćenje ima dva glavna dijela: semantičko pamćenje (činjenice i opće znanje) i epizodičko pamćenje (osobna iskustva i događaji) (34).

Nedeklarativno (implicitno) pamćenje obuhvaća vještine i navike, jednostavne oblike uvjetovanja, predaktivaciju (engl. *priming*) i perceptivno učenje (34).

Važna razlika između deklarativnog i nedeklarativnog pamćenja je u tome što deklarativno pamćenje omogućuje svjesno prisjećanje, dok se nedeklarativno pamćenje izražava kroz izvedbu bez svjesnosti bilo kojeg sadržaja pamćenja (35).

1.5. Učenje

Učenje je proces kojim živčani sustav usvaja nove informacije, a očituje se promjenom ponašanja (2). Teorija učenja nastoji objasniti kako pojedinci stječu, obrađuju, zadržavaju i prisjećaju se znanja tijekom procesa učenja. Okolišni, kognitivni i emocionalni utjecaji, zajedno s prethodnim iskustvima, igraju važnu ulogu u razumijevanju, stjecanju i zadržavanju vještina ili znanja. Motivacija ima važnu ulogu u omogućavanju procesa učenja i smatra se silom koja pokreće i održava aktivnost prema postizanju cilja (36). Antički filozof Platon je prvi razmišljao o tome kako pojedinac stječe novo znanje kada je predmet potpuno nov za njega. Prema Platonu, učenje je pasivan proces u kojem je znanje već unaprijed u pojedincu od rođenja, a svako stjecanje informacija samo je prisjećanje znanja koje duša već posjeduje. John Locke kasnije je ponudio kontrastnu teoriju "prazne ploče" prema kojoj ljudi dolaze na svijet bez ikakvog urođenog znanja već se ono stječe iz okoline. Od tada su predložene brojne različite teorije o procesu učenja (36).

Učenje podrazumijeva stjecanje novih znanja i vještina, koristeći upute ili iskustvo. Procesi učenja, pamćenja, i usvajanja novih znanja i vještina rezultiraju funkcionalnim promjenama u mozgu (37). Sposobnost mozga da se mijenja kroz iskustva učenja poznata je kao neuroplastičnost. Neuroplastičnost se odnosi na sposobnost neurona, neuronskih mreža i samog mozga da se fizički i funkcionalno mijenjaju i reorganiziraju. To uključuje promjene u jačini sinaptičkih veza, formiranje i eliminiranje sinapsi, dendrita i aksona, kao i promjene u sinaptičkom prostoru (38). Istraživanja su potvrdila da je neuroplastičnost prisutna tijekom cijelog života, kad god učimo ili pamtimo nešto novo. Neuroznanstvena istraživanja posljednjih desetljeća, obilježena Nobelovom nagradom Erica Kandela za fiziologiju i medicinu 2000. godine, potvrdila su moć neuroplastičnosti ljudskog mozga i njegovu sposobnost da mijenja svoju strukturu i funkciju kao odgovor na iskustvo. Svako novo iskustvo zahtijeva napor prilagodbe, potičući proces integracije novih informacija, tj. proces učenja. Učenje, kao i razmišljanje i djelovanje, može promijeniti funkcionalnu i fizičku anatomiju mozga (37,38).

1.5.1. Kognitivno učenje

Kognicija je čin poznavanja, percepcije i obrade informacija posebno u vezi s funkcioniranjem mozga i mentalnim procesima. Stoga je kognitivno učenje proces korištenja razmišljanja za učenje, pri čemu takvo razmišljanje može biti pod utjecajem vanjskih i unutarnjih čimbenika (39). Kognitivno područje usmjereno je na mentalne procese, procese razmišljanja i intelektualnu sposobnost zadržavanja i reprodukcije informacija u bilo kojem trenutku. Ovo područje funkcionira kroz sposobnost obrade, pohrane i povlačenja informacija prema potrebi. Njegova važnost u razvoju učenja naglašava se tijekom godina, pri čemu se razina kognitivnih sposobnosti i dalje smatra ključnim mjerilom u procjeni kognitivnog učenja (40).

1.5.2. Senzorimotoričko učenje

Senzorimotoričko učenje definiramo kao poboljšanje sposobnosti interakcije s okolinom osjetnom interpretacijom svijeta i odgovorom motornog sustava. Proces senzorimotoričkog učenja može se podijeliti na tri hijerarhijske razine s različitim ciljevima: senzorno perceptivno učenje, senzorimotoričko asocijativno učenje i učenje motoričkih vještina (41). Perceptivno učenje optimizira informacije koje dobiva putem osjetila. Asocijativno učenje i početna faza učenja motoričkih vještina ostvaruju se pomoću povratnih informacija koje omogućuju učenje kroz pokušaje i pogreške. Nakon što se postigne perceptivno poboljšanje i uspostave fleksibilne veze između podražaja i odgovora, za uspješno senzorimotoričko učenje je ključno razvijanje vještina motoričkog ponašanja koje dosljedno dovode do pozitivnih rezultata (41). Ovaj proces poznat je kao učenje motoričkih vještina, a definiran je kao postupno poboljšanje brzine i preciznosti novostečenog motoričkog ponašanja kroz ponavljanje. Motoričko učenje karakterizira nagli početni napredak (faza brzog učenja), koji se kasnije postupno usavršava tijekom duljeg vremenskog razdoblja (41).

1.5.3. Interakcija kognitivnog i psihomotoričkog učenja

Učenje izvođenja motoričkih i kognitivnih zadataka tradicionalno se proučavalo različitim metodama. U novije vrijeme počinju se razvijati zajednički principi proučavanja kognitivnog i psihomotoričkog učenja. Sve se više shvaća da je pokret povezan s kognitivnim operacijama, a njegova dinamika odražava kognitivne varijable (42). Komunikacija između

kognitivnog i psihomotoričkog područja jednako je važan dio učenja kao i obrasci aktivnosti unutar područja koji se pojavljuju s učenjem. Kognitivne varijable poput nagrade i kazne, mogu iznenađujuće utjecati na sam proces motoričkog učenja. Nagrada može rezultirati pokretima koji su ne samo brži, već i precizniji (42). Kognitivne varijable također mogu utjecati na sposobnost pamćenja i zadržavanja motoričkih sjećanja. Na primjer, nagrada može pomoći zadržavanju motoričkih sjećanja, dok kazna dovodi do ubrzanog zaboravljanja. Ovi nalazi ukazuju na fascinantnu vezu između kontrole pokreta i donošenja odluka (42).

1.5.4. Čimbenici koji utječu na učenje

Motivacija je definirana kao proces kojim se pokreću i održavaju aktivnosti usmjerene prema cilju. Motivaciju potiče zadovoljavanje osnovnih psihosocijalnih potreba za autonomijom, kompetencijom i povezanošću. Koncept motivacije prožima naše profesionalne i osobne živote. Brojne teorije su predložene za objašnjenje ljudske motivacije. Iako svaka rasvjetljuje specifične aspekte motivacije, svaka nužno i zanemaruje druge (43). Jedan psihološki model često opisuje motivaciju za učenje na temelju teorije samoodređenja. Prema ovoj teoriji, motivacija se može podijeliti na unutarnju motivaciju: „Želim učiti” i vanjsku motivaciju, koja se dijeli na identificiranu regulaciju: „Moram učiti, jer je to moja dužnost”, vanjsku regulaciju: „Moram učiti jer mi je to netko drugi rekao”, i amotivaciju: „Nisam zainteresiran za učenje” (44). Motivacija povećava uspješnost učenja, potiče razmišljanje, koncentraciju i učinkovito učenje te utječe na brzinu učenja, zadržavanje informacija i želju za učenjem (45).

Emocije utječu na razne kognitivne procese, uključujući učenje i pamćenje. Amigdala je specijalizirana za unos i obradu emocija, dok je hipokampus ključan za deklarativno pamćenje. Tijekom emocionalnih reakcija, ova dva dijela mozga međusobno djeluju kako bi preveli emocije u određene ishode (46).

Proces učenja je složen konstrukt koji se može opisati kao niz angažmana u obradi i sustavima pohrane informacija, što na kraju rezultira znanjem. Jedan od osnovnih uvjeta da osoba može izvršiti ove zadatke je posjedovanje potrebne energije i odsutnost ometajućih čimbenika nelagode (npr. glad, umor). Ako uvjeti nisu optimalni, osoba doživljava niže razine budnosti ili opreza, što smanjuje pažnju na bilo kakav unos iz okoline (12). Zdravo spavanje je preduvjet za učenje jer učvršćuje i poboljšava pamćenje, pomažući njegovu integraciju u postojeće neuronske mreže (47).

Stresni životni događaji mogu imati duboke učinke na naše kognitivne i motoričke sposobnosti, pokrivajući širok spektar reakcija, od adaptivnih do manje povoljnih. Različiti odgovori na iste stresne događaje sugeriraju kompleksnost odnosa između stresa i učenja te upućuju na to da ti odnosi nisu isključivo negativni već mogu imati i pozitivne posljedice. U muškaraca je češće primijećen pozitivan utjecaj stresa na procese učenja (48).

1.6. Kronometrija

Kronometrija je metodološki pristup koji se sve više koristi u neuroznanosti i psihologiji kako bi se istražili mehanizmi funkcioniranja mozga tijekom mentalnih aktivnosti. Umjesto tradicionalnog mjerenja učinka mentalnih procesa, kronometrija se fokusira na mjerenje vremena i dinamičkih karakteristika tih procesa (49). Ovaj pristup omogućuje istraživačima da bolje razumiju kako mozak radi prilikom različitih mentalnih aktivnosti i identificiraju zajedničke obrasce u funkcioniranju moždanih struktura. Kroz kronometriju, istraživači postavljaju pitanja o tome kako mozak funkcionira, koje su dinamičke osobitosti neurofizioloških mehanizama u mozgu te kako se manifestiraju te dinamičke osobitosti kroz ponašanje (49).

Osnovna ideja kronometrije u psihološkom testiranju je da mjerenje vremena potrebnog za obavljanje određenih mentalnih aktivnosti može pružiti uvid u njihovu strukturu (složenost i težinu) i specifičnosti neuropsiholoških mehanizama koji ih omogućuju. Korištenje vremenskih mjera za procjenu efikasnosti mentalnog procesiranja, u usporedbi s tradicionalnim psihodijagnostičkim metodama, omogućava preciznije hvatanje prirode onoga što se mjeri i objektivnije prikazivanje individualnih razlika unutar i između ljudi (49).

1.6.1. Mentalna kronometrija

Mentalna kronometrija može se opisati kao mjerenje vremena potrebnog za izvršavanje kognitivnih funkcija i različitih faza obrade informacija u ljudskom mozgu. Drugim riječima, mentalna kronometrija je metodološki okvir za proučavanje i razumijevanje strukture različitih mentalnih aktivnosti i vremenskih karakteristika njihovih mehanizama (49). U novije vrijeme, široko se koristi u kognitivnoj psihologiji i bihevioralnoj neuroznanosti za istraživanje vremenskih aspekata funkcioniranja mehanizama koji omogućuju mentalnu obradu. Ova istraživanja uključuju parcijalna vremena geneze akcijskog potencijala, trajanje faza

refrakternosti, vrijeme prijenosa impulsa u odnosu na kapacitet i učinkovitost živčanih puteva, te brzinu uspostavljanja podražljivosti prijelaznih živčanih stanica i centralnih struktura, kao i unutarnju organizaciju mentalnih aktivnosti (49).

1.7. Kompleksni reakciometar Drenovac (CRD) serija testova

Kompleksni reakciometar Drenovac (engl. *Complex Reactionomete Drenovac*, CRD) predstavlja seriju kognitivnih testova i jedinstven je informatički sustav namijenjen kronometrijskom mjerenju različitih kognitivnih funkcija (Slika 1). Serija CRD testova je konstruirana 1969. godine, a do 2003. godine je kontinuirano nadopunjavana i integrirana u cjeloviti mjerni sustav (49). Taj sustav obuhvaća: 4 elektronička instrumenta (CRD1, CRD2, CRD3 i CRD4) tipa reakciometra s ukupno 54 signalno-komandna sklopa (lampice i tipke) te dodatnu opremu (pedale, slušalice, zvučnike) za specifične testove, zajedno s 41 standardnim psihodijagnostičkim testom, računalo, softver za automatsko upravljanje mjernim procesom, generator novih testova, bazu za pohranu podataka, laserski pisač, zvučnike i, po potrebi, terminal (49).

Svaki instrument iz CRD serije uključuje testove za procjenu različitih kognitivnih funkcija, od jednostavnih do složenih. Što pojedini test mjeri i njegova simptomatska valjanost utvrđeni su i višestruko provjereni kontinuiranim istraživanjima provedenim na različitim skupinama, uključujući strojovođe, učenike, studente, policajce, menadžere, kadete zrakoplovstva, pilote, dočasnike i časnike kopnene vojske, djelatnike mornarice i druge (49).



Slika 1. Kompleksni reakciometar Drenovac

Preuzeto sa <https://www.crd.hr/wp/>

1.7.1. Sadržaj mjerenja CRD testova

CRD serija kronometrijskih kognitivnih testova uključuje 41 standardni test, koji su dizajnirani za kronometrijsko mjerenje perceptivnih sposobnosti, mišljenja, pamćenja i učenja, kao i različitih vrsta psihomotoričkih reakcija. Budući da se većina pokazatelja učinkovitosti i dinamike mentalnog procesiranja u CRD kronometrijskim kognitivnim testovima izražava u vremenskim jedinicama, za razliku od klasičnih kognitivnih testova gdje se pokazatelji učinkovitosti mjere bodovima ili brojem riješenih zadataka, može se zaključiti da CRD testovi osiguravaju veću metričku preciznost i potpunu objektivnost u mjerenju. Predmeti mjerenja u testovima CRD serije uključuju (49):

1. Perceptivne sposobnosti:

- a) opažanje – prepoznavanje i registriranje zvukova i svjetlosnih signala
- b) razlikovanje – identifikacija karakteristika svjetlosnih i zvučnih signala te vizualnih obrazaca
- c) prepoznavanje – identifikacija i uočavanje trenutnog perceptivnog sadržaja
- d) vizualna orijentacija – sposobnost snalaženja u prostoru putem vizualnih informacija
- e) prostorna orijentacija – prepoznavanje rotiranih figura u prostoru

2. Pamćenje:

- a) kratkotrajno operativno pamćenje
- b) učenje – memoriranje putanje s devet točaka alternativnih izbora
- c) osvježavanje memoriranih informacija – dosjećanje

3. Mišljenje:

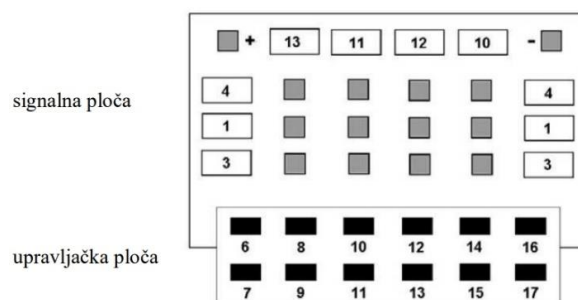
- a) operativno mišljenje – koordinacija pokreta ruku i nogu prema obrascima svjetlosnih i zvučnih podražaja
- b) zaključivanje – rezoniranje, otkrivanje odnosa
- c) konvergentno mišljenje – rješavanje problema

4. Jednostavne i kompleksne psihomotorne reakcije (49).

1.7.2. Instrumenti CRD serije

Instrument CRD1 se koristi za tri vrste testova: CRD11, 12 i 13. Ovi testovi spadaju u kategoriju konvergentnog mišljenja, što znači da instrument CRD1 procjenjuje opću sposobnost

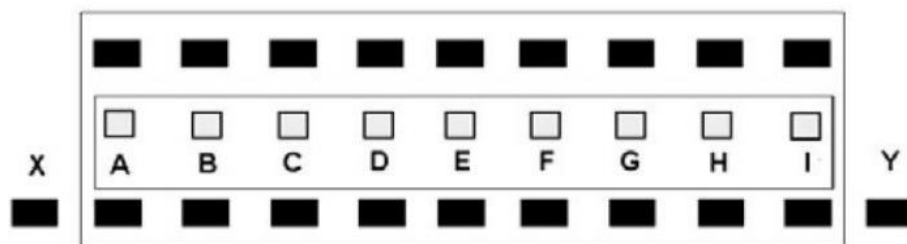
rješavanja problema poticanjem konvergentnog mišljenja putem jednostavnih računskih zadataka. U središnjem dijelu signalne ploče CRD1 instrumenta nalazi se 12 signalnih lampica raspoređenih u tri reda i četiri stupca. U lijevom i desnom gornjem kutu su signalne lampice s oznakom matematičkih operacija (zbrajanja i oduzimanja), a ispod signalne ploče je upravljačka ploča na kojoj se nalazi dvanaest tipki za odgovore, raspoređenih u dva reda (Slika 2) (49).



Slika 2. Shematski prikaz signalno-upravljačke ploče koja se koristi za CRD11 test

Preuzeto iz: Drenovac M. Kronometrija dinamike mentalnog procesiranja. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Filozofski fakultet; 2009.

Instrument CRD3 najkompleksniji je po broju standardiziranih testova CRD serije. Od ukupno 17 testova koji se mogu izvesti pomoću instrumenta CRD3, dva su namijenjena mjerenju vidne diskriminacije lokacije izvora signala, pet testova procjenjuje kratkoročno operativno pamćenje, pet testova procjenjuje rezoniranje, odnosno prepoznavanje pravila neusklađenosti između signalnih i komandnih elemenata u zadacima, dok pet testova mjeri uspješnost u učenju prolaska kroz labirint i formiranje novih obrazaca ponašanja. Svi testovi instrumenta CRD3 koriste jedinstvenu signalno-komandnu ploču koja ima 20 tipki za odgovore, raspoređenih u dva reda. Između tih redova smješteno je devet signalnih lampica, s odgovarajućim tipkama za odgovor iznad i ispod svake lampice (Slika 3) (49).



Slika 3. Shematski prikaz signalno-upravljačke ploče CRD3 instrumenta

Preuzeto iz: Drenovac M. Kronometrija dinamike mentalnog procesiranja. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Filozofski fakultet; 2009

Instrument CRD4 koristi se za testove CRD411, 412, 421, 422, 431 i 432. Ovi testovi su dizajnirani za procjenu operativnog mišljenja koristeći svjetlosnu signalizaciju kao podražaj. Instrument CRD4 uključuje ne samo signalno-upravljačku ploču već i dodatne priključne elemente poput zvučnika, slušalice i pedala (49). Glavna signalno-komandna ploča je podijeljena na tri polja. Polje A sadrži četiri crvene signalne lampice, dok su dva polja B postavljena bočno uz polje A i sadrže ukupno osam signalnih lampica (četiri crvene i četiri zelene) (49). Osim toga, ploča uključuje dvije tipke ("gljive") i dvije pedale za unos odgovora. U polju C, koje se nalazi ispod polja A, postoji sklop za mjerenje osnovnih senzomotoričkih reakcija na svjetlosne i zvučne podražaje. Ovaj sklop obuhvaća jednu signalnu lampicu, jednu tipku za odgovor i priključak za slušalice preko kojih se mogu čuti zadaci u testovima koji uključuju zvučne signale (49).

1.7.3. Dosadašnja istraživanja na CRD uređaju

Među dosadašnjim istraživanjima provedenim na CRD uređaju, posebno se ističu rezultati nekoliko radova koji značajno doprinose razumijevanju ovog područja.

Poodmakla dob bila je povezana s lošijim rezultatima na testovima CRD-serije u smislu smanjenja kognitivnih i psihomotoričkih sposobnosti. Muškarci su postizali bolje rezultate od žena na testovima jednostavne aritmetike i složene psihomotorne koordinacije, dok su žene pokazale manje gubitke vremena na testu diskriminacije položaja svjetlosnih signala (9).

Provedeno je istraživanje o povezanosti rezultata kvocijenta inteligencije i rezultata testova na CRD uređaju. Rezultati su pokazali da brže reakcijsko vrijeme u zadacima konvergentnog i operativnog razmišljanja, kao i u zadacima brzine percepcije, korelira s boljim rezultatima na Ravenovim APM testovima (50).

Tijekom dobrovoljne deprivacije unosa tekućine tijekom 24 sata primijećeno je pogoršanje mentalnih i psihomotornih sposobnosti. Tijekom drugog dana istraživanja, pogoršanje u performansama na CRD-serijskim testovima izrazilo se kao povećanje ukupnog vremena rješavanja testova, minimalnog vremena rješavanja jednog zadatka i ukupnog vremena balasta, odnosno izgubljenog vremena (15).

Tijekom 24-satnog radnog dana na odjelu hitne kirurgije, anesteziolozi su pokazali promjene u kognitivnim i psihomotoričkim funkcijama u usporedbi s redovitim radnim danima (14). Primijećeno je značajno pogoršanje brzine, pouzdanosti i mentalne izdržljivosti (mjenih UKT-om) na CRD11, CRD21, CRD311 i CRD411 testovima. Stabilnost i vrijeme reakcije (mjenih ukupnom varijabilnošću) bili su blago narušeni, dok pažnja i budnost (mjenih ukupnim brojem pogrešaka) nisu bili značajno pogođeni. Psihomotoričke izvedbe anesteziologa bile su smanjene tijekom jedne 24-satne smjene (14).

Trenutno nedostaje jasno razumijevanje metoda i učinkovitosti učenja ponavljanjem istih CRD testova. Dosadašnji radovi na CRD uređajima nisu pružili dovoljno informacija o tome kako i u kojoj mjeri sudionici usvajaju znanje putem ponavljanja tih testova, što je osnovni motiv za provođenje ovog istraživanja.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je ispitati proces kognitivnog i psihomotoričkog učenja studenata testiranih na CRD uređaju.

Hipoteza:

Tijekom tri uzastopna dana, ponovljenim izvođenjem testova CRD11, CRD311 i CRD411, doći će do smanjenja ukupnog vremena potrebnog za rješavanje svakog pojedinog testa (UKT), minimalnog vremena potrebnog za rješavanje jednog zadatka (MinT), kao i maksimalnog vremena potrebnog za rješavanje zadataka (MaxT). Također, tijekom ova tri dana smanjit će se i ukupni broj pogrešaka na testovima.

3. ISPITANICI I POSTUPCI

3.1. Ispitanici

U ovom istraživanju sudjelovalo je 22 ispitanika, od čega je 12 muškaraca i 10 žena. Svi ispitanici su studenti Sveučilišta u Splitu. Dio ispitanika se već prije susreo s CRD uređajem u sklopu nastave iz kolegija „Temelji neuroznanosti“. Ispitanicima je naglašeno da testove rješavaju što brže i točnije mogu.

3.2. Mjesto istraživanja

Istraživanje je provedeno u Laboratoriju Zavoda za neuroznanost na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Splitu. Ispitanici su testove rješavali u mirnoj i dobro prozračenoj prostoriji, s minimalnim vanjskim vizualnim i slušnim smetnjama.

3.3. Organizacija i opis istraživanja

U ovom istraživanju za ispitivanje procesa kognitivnog i psihomotoričkog učenja korišteni su testovi CRD serije. Testovi CRD serije osmišljeni su za dijagnosticiranje i praćenje vremena i preciznosti izvođenja raznih mentalnih i psihomotornih funkcija, kao i za procjenu sposobnosti i funkcionalnih obilježja aktualizacije individualnog mentalnog potencijala. U ovom istraživanju su korištena tri CRD testa:

- Test CRD11 – rješavanjem jednostavnih matematičkih operacija zbrajanja i oduzimanja mjeri se konvergentno razmišljanje i sposobnost djelovanja u problemskim situacijama.
- Test CRD311 – ispitanik mora reagirati na svaki svjetlosni podražaj pritiskom odgovarajuće tipke. Ovaj test procjenjuje opažajne sposobnosti, detekciju, identifikaciju, vizualnu orijentaciju i prostornu percepciju kroz diskriminaciju položaja svjetlosnog signala.
- Test CRD411 – test u kojem ispitanik reagira na svjetlosne podražaje pritiskanjem odgovarajućih tipki rukama i/ili pedala nogama. Ovaj test mjeri složenu psihomotornu koordinaciju, odnosno koordinaciju oko-ruka-noga.

U ovom istraživanju, u sva tri testa CRD uređaja korištena je ista metoda stimulacije i to svjetlosni signal na CRD ploči. Ispitanici su trebali reagirati na svaki signal pritiskom na odgovarajuću tipku (u testovima CRD11 i CRD311) ili tipku i pedalu (u testu CRD411). Testovi CRD11 i CRD411 su se sastojali od 35 pojedinačnih zadataka, a test CRD311 od 60. Prelazak

na sljedeći zadatak bio je moguć samo nakon pravilnog odgovora na prethodni zadatak. Svi sudionici su rješavali identičnu verziju testa. Prije početka testiranja, svi sudionici su detaljno upoznati s točnim i jasnim smjernicama za rješavanje testova, s naglaskom na važnost preciznosti i brzine. Prije testiranja, svaki ispitanik je prošao vježbu za određeni CRD test kako bi se oslobodio straha od novih postupaka i potpuno razumio koncept testa prije pravog mjerenja. Nakon što su dobili i usvojili upute te uspješno odradili probna testiranja, ispitanici su pristupili testiranju na CRD uređaju gdje su rješavali testove po redoslijedu od najlakšeg (CRD311) do najtežeg (CRD411). Testiranja su provedena u jutarnjim satima, tri dana zaredom u istim terminima. Optimizacijom laboratorijskih uvjeta za testiranje, distrakcija ispitanika je smanjena na najmanju moguću razinu. Sva testiranja na CRD uređaju su pažljivo planirana i provedena od strane educiranih i osposobljenih istraživača.

Prije samog istraživanja, provedeni su određeni postupci kako bi se osiguralo prikupljanje relevantnih podataka te kontrolirale varijable koje bi mogle utjecati na rezultate. Na samom početku, svi ispitanici su popunili Indeks nesanice. Ovaj upitnik je dizajniran da procijeni razinu nesanice svakog sudionika, omogućujući razumijevanje osnovnog stanja spavanja ispitanika prije početka testiranja. Osim toga, ispitanici su prije svakog testiranja, tri dana zaredom, ispunjavali kratki upitnik o čimbenicima koji bi mogli utjecati na njihovo učenje i izvedbu na CRD uređaju. Upitnik je bio identičan za sva tri dana i sadržavao je nekoliko ključnih stavki. Prva stavka bio je Stanford upitnik, koji je omogućio procjenu trenutne pospanosti, koja bi mogla utjecati na učenje i izvedbu na CRD uređaju. Nadalje, bilježilo se vrijeme testiranja koje je svakog dana bilo u isti ili sličan sat. Također, upitnik je uključivao podatke o vremenu odlaska na spavanje i vremenu buđenja ispitanika, omogućujući praćenje njihovog rasporeda spavanja. Ukupna količina spavanja bila je zabilježena za svaku noć, a ispitanici su prijavljivali i jesu li se budili tijekom noći te koliko puta, što je bilo važno za procjenu kvalitete spavanja. Način buđenja, samostalno ili uz budilicu, također je bio zabilježen. Osim podataka o spavanju, upitnik je uključivao i informacije o konzumaciji alkohola u posljednjih 12 sati, budući da alkohol može značajno utjecati na kvalitetu spavanja i izvedbu na testovima. Nadalje, bilježena je konzumacija kave ili stimulirajućeg napitka prije testiranja. Ispitanici su također navodili ako uzimaju bilo kakve lijekove - jer i to može utjecati na njihov učinak. Žene su navodile u kojem se stadiju menstrualnog ciklusa nalaze, s obzirom na to da hormonalne promjene mogu utjecati na spavanje i kognitivne funkcije. Na kraju, ispitanici su ocijenili svoj subjektivni osjećaj stresa.

Ovi postupci osigurali su prikupljanje detaljnih i sveobuhvatnih podataka, omogućujući bolju kontrolu varijabli te time povećali pouzdanost i validnost rezultata istraživanja.

3.4. Metode prikupljanja i obrade podataka

Za svrhu analize svakog testiranja, zabilježeni su i korišteni različiti parametri: cjelokupno vrijeme potrebno za rješavanje testa (UKT), najmanje potrebno vrijeme za rješavanje jednog zadatka (MinT), najduže vrijeme potrebno za rješavanje zadatka u testu (MaxT) te broj pogrešaka na testu (BrPog) (49). UKT i MinT se koriste kao pokazatelji brzine, pouzdanosti te mentalne izdržljivosti. MaxT služi kao indikator funkcionalne blokade u mentalnom procesiranju, dok ukupan broj pogrešaka ukazuje na razinu pozornosti i budnosti (49).

3.4.1. Statistička obrada podataka

Za analizu podataka korišteni su računalni programi Microsoft Excel za Windows, verzija 11.0 (Microsoft Corporation, Washington, SAD), MedCalc za Windows, verzija 19.1.2 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgija), te online kalkulator (www.socstatistics.com). Kontinuirani podatci prikazani su kao aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija, a kategorijski kao apsolutne i relativne učestalosti. Antropometrijske karakteristike, trajanje spavanja, rezultati Stanford upitnika i Indeks nesanice također su prikazani kao aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija. Korelacije su izračunate pomoću Pearsonovih koeficijenata korelacije. Razina statističke značajnosti postavljena je na 95% ($P < 0,05$).

4. REZULTATI

U ovom istraživanju sudjelovalo je ukupno 22 ispitanika, među kojima je 12 (54,5%) muškaraca i 10 (45,5%) žena. Prosječna dob muškaraca bila je $23,33 \pm 1,50$ godina, a žena $22,90 \pm 1,29$ godina.

U Tablici 1 prikazana su antropometrijska obilježja ispitanika. Prosječna visina muškaraca iznosila je $1,83 \pm 0,09$ m, a žena $1,78 \pm 0,08$ m, dok je prosječna tjelesna masa muškaraca iznosila $80,67 \pm 18,39$ kg, a žena $67,90 \pm 8,25$ kg. Srednja vrijednost indeksa tjelesne mase (ITM) svih ispitanika iznosila je $22,68 \pm 3,70$ kg/m².

Tablica 1. Demografska i antropometrijska obilježja ispitanika

	Ukupno (N=22)	Muškarci (N=12)	Žene (N=10)
Dob (godine)	$23,14 \pm 1,39$	$23,33 \pm 1,50$	$22,90 \pm 1,29$
Tjelesna visina (m)	$1,81 \pm 0,09$	$1,83 \pm 0,09$	$1,78 \pm 0,08$
Tjelesna masa (kg)	$74,86 \pm 15,77$	$80,67 \pm 18,39$	$67,90 \pm 8,25$
ITM (kg/m ²)	$22,68 \pm 3,70$	$23,84 \pm 4,66$	$21,30 \pm 1,18$

ITM-indeks tjelesne mase. Svi podaci prikazani su kao srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija.

Tablica 2 prikazuje varijable koje bi mogle utjecati na rezultate postignute rješavanjem CRD testova, uključujući subjektivni osjećaj stresa, trajanje spavanja, rezultate Stanford upitnika i Indeks nesanice.

Prije prvog testiranja, prosječna razina subjektivnog osjećaja stresa bila je $3,14 \pm 1,96$. Prije drugog testiranja, ta je vrijednost smanjena na $2,73 \pm 2,23$, dok je prije trećeg testiranja iznosila $2,52 \pm 1,72$. Ovi podaci jasno pokazuju da se subjektivni osjećaj stresa ispitanika statistički značajno smanjivao iz dana u dan ($P = 0,040$). Prosječna vrijednost trajanja spavanja prije prvog testiranja bila je $7,08 \pm 1,65$ sati, prije drugog testiranja $7,04 \pm 1,56$ sati, dok je prije trećeg testiranja bila $7,43 \pm 1,95$ sati ($P = 0,195$). Srednja vrijednost rezultata Stanford upitnika prije prvog testiranja iznosila je $2,45 \pm 0,91$, prije drugog testiranja $2,45 \pm 1,18$, dok je prije trećeg testiranja bila $2,19 \pm 0,98$ ($P = 0,234$). Posljednja varijabla koja je uzeta u obzir je Indeks nesanice, čija je prosječna vrijednost za sve ispitanike iznosila $7,41 \pm 5,11$.

Tablica 2. Varijacije subjektivnog stresa, trajanja spavanja, rezultata Stanford upitnika kroz tri dana testiranja i Indeks nesanice.

	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje	<i>P</i> *
Stres	3,14 ± 1,96	2,73 ± 2,23	2,52 ± 1,72	0,040
Trajanje spavanja (h)	7,08 ± 1,65	7,04 ± 1,56	7,43 ± 1,95	0,159
Stanford upitnik	2,45 ± 0,91	2,45 ± 1,18	2,19 ± 0,98	0,234
Indeks nesanice	7,41 ± 5,11			

*ANOVA za ponavljana mjerenja

Tablica 3 prikazuje rezultate ispitanika postignute na testovima CRD11, CRD311 i CRD411, prateći kako se njihova izvedba mijenjala kroz tri dana istraživanja.

Na CRD11 testu, srednja vrijednost UKT prvom mjerenju iznosila je $100,32 \pm 26,63$ s, u drugom $85,05 \pm 16,42$ sekundi te u trećem $78,02 \pm 15,27$ sekundi, što je statistički značajno poboljšanje ($P = 0,004$). Srednja vrijednost MinT u prvom mjerenju bila je $1,63 \pm 0,34$ sekundi. U drugom mjerenju, MinT je smanjen na $1,42 \pm 0,24$ sekundi, a u trećem na $1,31 \pm 0,24$ sekundi ($P = 0,006$). MaxT u prvom je mjerenju iznosio $4,73 \pm 1,49$ sekundi. Drugo mjerenje je pokazalo smanjenje na $3,80 \pm 0,75$ sekundi, u trećem mjerenju MaxT se smanjio na $3,52 \pm 1,05$ sekundi ($P = 0,007$). Nije bilo statistički značajnih razlika u broju pogrešaka ($P = 0,171$).

Na CRD311 testu, srednja vrijednost UKT-a u prvom mjerenju je iznosila $27,12 \pm 2,65$ sekundi, u drugom $25,68 \pm 2,57$ sekundi te u trećem $24,36 \pm 2,55$ sekundi ($P < 0,001$). Srednja vrijednost MinT-a u prvom mjerenju je bila $0,31 \pm 0,05$ sekundi, u drugom $0,28 \pm 0,05$ sekundi, dok je u trećem $0,26 \pm 0,05$ sekundi ($P < 0,001$). MaxT u prvom mjerenju je iznosio $0,69 \pm 0,10$ sekundi, u drugom $0,69 \pm 0,06$ sekundi, dok je u trećem mjerenju bilo $0,66 \pm 0,08$ sekundi ($P = 0,183$). Broj pogrešaka ostao je nepromijenjen na drugom i trećem mjerenju u odnosu na prvo ($P = 0,493$).

Na CRD411 testu UKT za prvo mjerenje iznosilo je $29,00 \pm 7,01$ sekundi, za drugo $25,05 \pm 6,58$ sekundi, dok je za treće mjerenje $22,84 \pm 5,89$ sekundi ($P < 0,001$). Srednja vrijednost MinT u prvom mjerenju iznosila je $0,40 \pm 0,10$ sekundi, u drugom $0,37 \pm 0,06$ sekundi, dok je u trećem mjerenju MinT skraćen na $0,32 \pm 0,06$ sekundi ($P < 0,001$). MaxT u prvom mjerenju iznosilo je $1,43 \pm 0,56$ sekundi, u drugom $1,21 \pm 0,50$ sekundi, a u trećem $1,13 \pm 0,59$ sekundi ($P = 0,002$). Nije bilo statistički značajnih razlika u broju pogrešaka u tri mjerenja ($P = 0,183$).

Tablica 3. Rezultati na CRD testovima tijekom tri serije mjerenja.

	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje	<i>P</i>
CRD11				
UKT (s)	100,32 ± 26,63	85,05 ± 16,42*	78,02 ± 15,27*	0,004
MinT (s)	1,63 ± 0,34	1,42 ± 0,24*	1,31 ± 0,24*	0,006
MaxT (s)	4,73 ± 1,49	3,80 ± 0,75*	3,52 ± 1,05*	0,007
BrPog	3,59 ± 2,68	3,64 ± 2,79	2,81 ± 2,38	0,171
CRD311				
UKT (s)	27,12 ± 2,65	25,68 ± 2,57*	24,36 ± 2,55*	<0,001
MinT (s)	0,31 ± 0,05	0,28 ± 0,05*	0,26 ± 0,05*	<0,001
MaxT (s)	0,69 ± 0,10	0,69 ± 0,06	0,66 ± 0,08	0,183
BrPog	0,18 ± 0,50	0,18 ± 0,85	0,10 ± 0,30	0,493
CRD411				
UKT (s)	29,00 ± 7,01	25,05 ± 6,58*	22,84 ± 5,89*	<0,001
MinT (s)	0,40 ± 0,10	0,37 ± 0,06*	0,32 ± 0,06*	<0,001
MaxT (s)	1,43 ± 0,56	1,21 ± 0,50*	1,13 ± 0,59	0,002
BrPog	9,14 ± 6,77	6,55 ± 5,83	7,14 ± 6,17	0,183

*statistički značajno različito u odnosu na rezultate 1. mjerenja

Tablica 4 prikazuje korelacije rezultata prvog mjerenja na CRD testovima sa Stanford upitnikom, trajanjem spavanja, stresom i indeksom nesanice. Postoji pozitivna korelacija između vrijednosti Stanford upitnika i rezultata na testovima CRD11, CRD311 i CRD411. Na testu CRD11 postojala je značajna korelacija između Stanford upitnika i UKT ($r = 0,521$, $P = 0,013$), MaxT ($r = 0,46$, $P = 0,031$) te BrPog ($r = 0,469$, $P = 0,028$). Također, značajne su korelacije između Stanford upitnika i UKT-a ($r = 0,443$, $P = 0,039$) te MaxT-a ($r = 0,567$, $P = 0,006$) na CRD311 testu, kao i UKT-a na CRD411 testu ($r = 0,469$, $P = 0,027$). Nije bilo statistički značajne korelacije između trajanja spavanja i rezultata testova, Postojala je statistički značajna negativna korelacija stresa s UKT na CRD411 testu ($r = -0,43$, $P = 0,046$). Indeks nesanice značajno korelira s MinT na CRD11 ($r = -0,469$, $P = 0,028$) kao i s MinT na CRD411 testu ($r = -0,425$, $P = 0,049$).

Tablica 4. Korelacije rezultata prvog mjerenja na CRD testovima sa Stanford upitnikom, trajanjem spavanja, stresom i indeksom nesanice.

	Stanford upitnik		Trajanje spavanja (h)		Stres		Indeks nesanice	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
CRD11								
UKT (s)	0,521	0,013	-0,33	0,134	-0,258	0,246	-0,287	0,195
MinT (s)	0,297	0,18	-0,184	0,412	-0,364	0,096	-0,469	0,028
MaxT (s)	0,46	0,031	-0,157	0,485	-0,126	0,576	-0,333	0,13
BrPog	0,469	0,028	-0,376	0,085	0,210	0,348	0,322	0,144
CRD311								
UKT (s)	0,443	0,039	-0,102	0,652	-0,181	0,42	-0,265	0,233
MinT (s)	0,417	0,054	0,105	0,642	-0,414	0,055	-0,354	0,106
MaxT (s)	0,567	0,006	-0,406	0,061	0,151	0,502	0,018	0,937
CRD411								
UKT (s)	0,469	0,027	-0,083	0,713	-0,43	0,046	-0,395	0,069
MinT (s)	0,343	0,118	0,187	0,405	-0,258	0,246	-0,425	0,049
MaxT (s)	0,401	0,064	-0,182	0,418	-0,387	0,075	-0,417	0,054
BrPog	-0,165	0,463	0,02	0,93	-0,116	0,607	0,096	0,671

Tablica 5 detaljno prikazuje korelacije rezultata drugog mjerenja na CRD testovima sa Stanford upitnikom, trajanjem spavanja i stresom. Nije bilo statistički značajne korelacije između vrijednosti Stanford upitnika, trajanja spavanja, stresa i rezultata na svim CRD testovima tijekom drugog mjerenja.

Tablica 5. Korelacije rezultata, drugog mjerenja, na CRD testovima sa Stanford upitnikom, trajanjem spavanja i stresom.

	Stanford upitnik		Trajanje spavanja (h)		Stres	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
CRD11						
UKT (s)	-0,266	0,231	0,095	0,674	-0,118	0,601
MinT (s)	-0,181	0,42	0,091	0,687	-0,220	0,325
MaxT (s)	-0,190	0,397	0,327	0,137	0,019	0,933
BrPog	-0,265	0,233	-0,181	0,42	-0,001	0,996
CRD311						
UKT (s)	-0,006	0,979	0,025	0,912	-0,257	0,248
MinT (s)	0,075	0,74	-0,01	0,965	-0,276	0,214
MaxT (s)	-0,270	0,224	0,005	0,982	-0,255	0,252
CRD411						
UKT (s)	0,032	0,888	0,129	0,567	-0,269	0,226
MinT (s)	0,104	0,645	-0,329	0,135	0,048	0,832
MaxT (s)	-0,084	0,71	0,209	0,351	-0,238	0,286
BrPog	0,087	0,7	0,101	0,655	-0,127	0,573

Tablica 6 predstavlja korelacije rezultata trećeg mjerenja na CRD testovima sa Stanford upitnikom, trajanjem spavanja i stresom. Postojala je statistički značajna negativna korelacija rezultata na Stanford upitniku s brojem pogrešaka (BrPog) na CRD11 testu ($r = -0,562$, $P = 0,008$). Također je zabilježena statistički značajna pozitivna korelacija rezultata na Stanford upitniku s MinT na CRD311 testu ($r = 0,489$, $P = 0,024$). Nije bilo statistički značajne korelacije između trajanja spavanja i razine stresa s rezultatima na CRD testovima prilikom trećeg testiranja.

Tablica 6. Korelacije rezultata trećeg mjerenja na CRD testovima sa Stanford upitnikom, trajanjem spavanja i stresom.

	Stanford upitnik		Trajanje spavanja (h)		Stres	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
CRD11						
UKT (s)	0,033	0,887	-0,104	0,654	-0,112	0,629
MinT (s)	-0,074	0,75	-0,074	0,75	-0,015	0,949
MaxT (s)	0,052	0,823	-0,096	0,679	-0,064	0,783
BrPog	-0,562	0,008	0,185	0,422	-0,231	0,314
CRD311						
UKT (s)	0,242	0,291	-0,310	0,171	-0,222	0,333
MinT (s)	0,489	0,024	-0,342	0,129	-0,082	0,724
MaxT (s)	-0,117	0,614	-0,077	0,74	-0,294	0,196
CRD411						
UKT (s)	0,232	0,312	-0,166	0,472	-0,112	0,629
MinT (s)	0,403	0,07	-0,317	0,161	0,046	0,843
MaxT (s)	0,113	0,626	-0,019	0,935	-0,061	0,793
BrPog	-0,087	0,708	0,040	0,863	-0,219	0,34

5. RASPRAVA

Rezultati istraživanja pokazuju značajno poboljšanje performansi ispitanika na testovima CRD11, CRD311 i CRD411 tijekom tri dana eksperimenta. Na CRD11 testu zabilježeno je statistički značajno smanjenje UKT-a, MinT-a i MaxT-a. Na testu CRD311 također je došlo do poboljšanja, pri čemu je UKT i MinT statistički značajno smanjen, dok MaxT nije pokazao značajne promjene. Na CRD411 testu primijećeno je značajno smanjenje UKT-a, MinT-a i MaxT-a. Broj pogrešaka nije pokazao statistički značajne razlike na bilo kojem od testova tijekom sva tri mjerenja.

Tijekom istraživanja primijećeno je značajno poboljšanje kognitivnih i psihomotoričkih sposobnosti ispitanika, posebno u području percepcijskih sposobnosti, konvergentnog razmišljanja (konstrukcije i rješavanja jednostavnih matematičkih zadataka) te brzine psihomotoričkih reakcija. Izvedba na testu CRD11, koji mjeri brzinu izvršavanja osnovnih aritmetičkih operacija, značajno se poboljšala tijekom tri dana istraživanja. Ovi rezultati su u skladu sa istraživanjem Rauscher i sur., gdje je korištenje računalnog programa za trening aritmetičkih vještina i prostorne reprezentacije brojeva tijekom 6 do 8 tjedana rezultiralo značajnim unaprjeđenjem aritmetičkih vještina i prostorne reprezentacije brojeva (51).

Test CRD311 koristi se za procjenu sposobnosti razlikovanja položaja svjetlosnog signala, što omogućuje mjerenje perceptivnih sposobnosti detekcije i identifikacije. Rezultati ovog testa usklađeni su s nalazima drugih istraživanja koja pokazuju da intenzivno vježbanje dovodi do poboljšanja performansi pri ponovnom izvođenju istog zadatka. Srodna istraživanja pokazala su da se ta poboljšanja manifestiraju kroz povećanje postotka točnih odgovora i smanjenje vremena potrebnog za izvođenje zadatka (52,53). U ovom istraživanju, poboljšanje u testu CRD311 primjećuje se uglavnom kroz skraćanje vremenskih parametara.

Test CRD 411, najzahtjevniji u seriji CRD testova, procjenjuje koordinaciju ruku i nogu u reakciji na svjetlosne podražaje. I rezultati ovog testa također potvrđuju postavljenu hipotezu i usklađeni su s nalazima drugih istraživanja. Nedavna istraživanja pokazala su da se izvođenje dvostrukih zadataka u situacijama s istovremenim prikazom dvaju zadataka može znatno poboljšati intenzivnom praksom. To poboljšanje povezano je s usvajanjem vještina koordinacije zadataka (54). U istraživanju Puttemans i sur. zaključeno je da učenje novog zadatka bimanualne koordinacije prolazi kroz dvije faze: fazu učenja i fazu automatizacije. U prvoj fazi dolazi do značajnih poboljšanja performansi, dok druga faza pokazuje dodatnu automatizaciju zadatka, omogućujući sudionicima uspješno kombiniranje bimanualne koordinacije s drugim zadatkom koji zahtijeva pažnju. Neuronske promjene između faza ukazuju na različite mehanizme prilagodbe, pri čemu faza učenja uključuje promjene povezane

s povećanjem učinkovitosti, a faza automatizacije promjene povezane s dugoročnim formiranjem motoričke memorije (55).

U sva tri CRD testa broj pogrešaka koji pokazuje razinu koncentracije i preciznosti se nije bitno promijenio, što je u skladu s istraživanjem Galić i sur. u ispitanika s opstrukcijskom apnejom u tijeku spavanja (56).

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da postoji pozitivna korelacija između rezultata Stanford upitnika i performansi na testovima CRD11, CRD311 i CRD411, posebno u UKT-u i MaxT-u. Ovi rezultati sugeriraju da postoji veza između subjektivnog osjećaja pospanosti i izvedbe na različitim kognitivnim i psihomotoričkim testovima među studentima. Nije pronađena značajna korelacija između trajanja spavanja i rezultata testova. Međutim, stres je negativno korelirao s UKT-om na CRD411 testu, dok je indeks nesanice pokazao negativnu korelaciju s MinT-om na CRD11 i CRD411 testovima. Drugo mjerenje nije pokazalo statistički značajne korelacije između rezultata Stanford upitnika, trajanja spavanja, stresa i rezultata na svim CRD testovima. Treće mjerenje pokazalo je statistički značajnu negativnu korelaciju između rezultata na Stanford upitniku i broja pogrešaka na CRD11 testu, te pozitivnu korelaciju između rezultata na Stanford upitniku i MinT-a na CRD311 testu. Nije bilo statistički značajnih korelacija između trajanja spavanja i razine stresa s rezultatima na CRD testovima.

Ovi rezultati razlikuju se od nalaza drugih istraživanja slične tematike. Prekomjerna pospanost može značajno utjecati na koncentraciju, budnost i vrijeme reakcije (57). Istraživanja pokazuju da gubitak spavanja dovodi do općeg smanjenja brzine reakcije, što negativno utječe na najbolje performanse. Kada nedostaje spavanja, reakcije postaju sporije, a povećava se i vjerojatnost duljih zastoja u reakcijama (više od 500 ms) kao i učestalost grešaka. Manjak spavanja također pojačava efekt produženog trajanja izvršavanja zadataka (58). U istraživanju Pavlinac Dodig i sur., među ispitivanim varijablama, jedino je pretjerana dnevna pospanost pokazala korelaciju s rezultatima postignutim na CRD testovima, dok kvaliteta spavanja, trenutna budnost i anksioznost nisu pokazale značajne korelacije s rezultatima (59). Karanović i suradnici proveli su studiju o mogućem utjecaju nedostatka spavanja na složeno i jednostavno vrijeme reakcije anesteziologa tijekom 24-satnog dežurstva. Njihovo istraživanje pokazalo je da nedostatak spavanja tijekom dežurstva značajno utječe na vrijeme reakcije anesteziologa (60).

Kao mogući ograničavajući čimbenik ove studije treba navesti broj ispitanika. Mala veličina uzorka može biti razlog nedostatka korelacije između dnevne pospanosti, trajanja

spavanja, stresa i izvedbe na CRD seriji testova te bi sljedeće istraživanje trebalo provesti na većem broju ispitanika. Individualne potrebe za spavanjem i razlike u kognitivnim sposobnostima ispitanika dovode do veće pristranosti u manjim uzorcima. Nadalje, vrijeme testiranja može biti ograničavajući čimbenik. Testiranje je započinjalo ujutro u 9 sati, a završavalo u 13 sati, što je stavljalo ispitanike s ranijim jutarnjim terminima u nepovoljniju poziciju jer su imali manje vremena za odmor, buđenje, doručak i hidrataciju. Ipak, s obzirom da trajanje spavanja nije bilo povezano s izvedbom na CRD uređaju, vjerojatno vrijeme testiranja nije značajno utjecalo na rezultate. Važno je napomenuti da se tijekom testiranja nisu kontrolirala moguća psihopatološka stanja koja mogu utjecati na rezultate testova kognitivnih sposobnosti.

6. ZAKLJUČAK

1. Tijekom trodnevnog istraživanja postignuto je značajno poboljšanje u rješavanju CRD11 testa. Ovo poboljšanje se očituje kroz smanjenje ukupnog vremena rješavanja zadataka, najkraćeg potrebnog vremena za rješavanje pojedinog zadatka te najdužeg vremena potrebnog za rješavanje zadatka.
2. Tijekom trodnevnog istraživanja zabilježeno je značajno unapređenje u izvršavanju CRD311 testa. Ovo poboljšanje manifestiralo se kroz smanjenje ukupnog vremena potrebnog za rješavanje zadataka te najkraćeg vremena potrebnog za rješavanje pojedinačnog zadatka.
3. Tijekom trodnevnog istraživanja uočeno je znatno poboljšanje u izvođenju CRD411 testa. Ovo poboljšanje je vidljivo kroz skraćanje ukupnog vremena potrebnog za rješavanje zadataka, kao i najkraćeg vremena za rješavanje pojedinačnog zadatka te smanjenje najdužeg vremena potrebnog za rješavanje zadataka.
4. Postoji pozitivna korelacija između trenutne pospanosti, procijenjene Stanford ljestvicom, i rezultata na testovima CRD11, CRD311 i CRD411.
5. Nije zabilježena korelacija između trajanja spavanja i rezultata na testovima CRD-serije.
6. Na prvom mjerenju je postojala negativna korelacija između subjektivne procjene stresa i ukupnog vremena rješavanja zadatka na CRD411 testu.
7. Postoji negativna korelacija između vrijednosti Indeksa nesanice i najkraćeg vremena potrebnog za rješavanje pojedinačnog zadatka na CRD11 i CRD411 testovima.

7. LITERATURA

1. Judaš M, Kostović I. Temelji neuroznanosti. Zagreb: MD; 1997. 428 str.
2. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia AS, White LE. Neuroznanost. 5. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2016. 759 str.
3. Farmer TA, Matlin MW. Cognition. John Wiley & Sons; 2019. 434 str.
4. Eysenck MW, Keane MT. Cognitive Psychology: A Student's Handbook. 8. izd. Psychology Press; 2020. 980 str.
5. Mesulam MM. Principles of Behavioral and Cognitive Neurology. 2. izdanje. New York: Oxford University Press; 2000. 540 str.
6. Gazzaniga MS, Ivry R, Mangun GR. Cognitive neuroscience: the biology of the mind. 5. izdanje. New York: W.W. Norton & Company; 2019. 657 str.
7. Goldstein EB. Sensation and Perception. 8. izdanje. Belmont: Cengage Learning; 2009. 459 str.
8. Lezak MD, Howieson DB, Bigler ED, Tranel D. Neuropsychological Assessment. 5. izdanje. New York: Oxford University Press; 2012. 1200 str.
9. Pavlinac Dodig I, Krišto D, Lušić Kalcina L, Pecotić R, Valić M, Đogaš Z. The effect of age and gender on cognitive and psychomotor abilities measured by computerized series tests: a cross-sectional study. *Croat Med J. travanj 2020.*;61(2):82–92.
10. Span MM, Ridderinkhof KR, van der Molen MW. Age-related changes in the efficiency of cognitive processing across the life span. *Acta Psychol (Amst).* 2004;117(2):155–83.
11. Coffey CE, Lucke JF, Saxton JA, Ratcliff G, Unitas LJ, Billig B, i sur. Sex Differences in Brain Aging: A Quantitative Magnetic Resonance Imaging Study. *Arch Neurol.* 1998.;55(2):169–79.
12. Jirout J, LoCasale-Crouch J, Turnbull K, Gu Y, Cubides M, Garziona S, i ostali. How Lifestyle Factors Affect Cognitive and Executive Function and the Ability to Learn in Children. *Nutrients.* 2019;11(8):1953.
13. Alhola P, Polo-Kantola P. Sleep deprivation: Impact on cognitive performance. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2007.;3(5):553–67.
14. Karanovic N, Carev M, Kardum G, Pecotic R, Valic M, Karanovic S, i sur. The impact of a single 24 h working day on cognitive and psychomotor performance in staff anaesthesiologists. *Eur J Anaesthesiol.* 2009;26(10):825–32.
15. Petri NM, Dropulić N, Kardum G. Effects of Voluntary Fluid Intake Deprivation on Mental and Psychomotor Performance. *Croat Med J.* 2006;47(6):855–61.

16. Tadin Hadjina I, Zivkovic PM, Matetic A, Rusic D, Vilovic M, Bajo D, i sur. Impaired neurocognitive and psychomotor performance in patients with inflammatory bowel disease. *Sci Rep.* 24. 2019;9(1):13740.
17. Key MN, Szabo-Reed AN. Impact of Diet and Exercise Interventions on Cognition and Brain Health in Older Adults: A Narrative Review. *Nutrients.* 2023;15(11):2495.
18. Hernández-Orallo J, Dowe DL. Measuring universal intelligence: Towards an anytime intelligence test. *Artif Intell.* 2010;174(18):1508–39.
19. Sternberg RJ. Intelligence. *Dialogues Clin Neurosci.* 2012;14(1):19–27.
20. Kaufman AS, Lichtenberger EO. Assessing Adolescent and Adult Intelligence. Hoboken: John Wiley & Sons; 2011. 819 str.
21. Watkins MW, Canivez GL, Dombrowski SC, McGill RJ, Pritchard AE, Holingue CB, i sur. Long-term stability of Wechsler Intelligence Scale for Children–fifth edition scores in a clinical sample. *Appl Neuropsychol Child.* 2022;11(3):422–8.
22. Becker KA. History of the Stanford-Binet Intelligence Scales: Content and Psychometrics. Riverside Publishing. 2003.
23. Langener AM, Kramer A, van den Bos W, Huizenga HM. A shortened version of Raven’s standard progressive matrices for children and adolescents. *Br J Dev Psychol.* 2022;40(1):35–45.
24. Borrego-Balsalobre FJ, Martínez-Moreno A, Morales-Baños V, Díaz-Suárez A. Influence of the Psychomotor Profile in the Improvement of Learning in Early Childhood Education. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(23):12655.
25. Burr P, Choudhury P. Fine Motor Disability. U: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
26. Bondi D, Robazza C, Lange Küttner C, Pietrangelo T. Fine motor skills and motor control networking in developmental age. *Am J Hum Biol.* 2022;34(8):e23758.
27. Lucas BR, Elliott EJ, Coggan S, Pinto RZ, Jirikowic T, McCoy SW, i sur. Interventions to improve gross motor performance in children with neurodevelopmental disorders: a meta-analysis. *BMC Pediatr.* 2016;16:193.
28. Hafer JF, Peacock J, Zernicke RF, Agresta CE. Segment Coordination Variability Differs by Years of Running Experience. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(7):1438.
29. Witkowski K, Maśliński J, Remiarz A. Static and dynamic balance in 14-15 year old boys training judo and in their non-Active peers. *Arch Budo.* 2014;10:323–31.

30. Changiz T, Amouzesi Z, Najimi A, Adibi P. A narrative review of psychomotor abilities in medical sciences: Definition, categorization, tests, and training. *J Res Med Sci Off J Isfahan Univ Med Sci.* 2021;26:69.
31. 31. Dubb A, Gur R, Avants B, Gee J. Characterization of sexual dimorphism in the human corpus callosum. *NeuroImage.* 2003;20(1):512–9.
32. De Brigard F, Sinnott-Armstrong W, urednici. *Neuroscience and Philosophy.* Cambridge: MIT Press; 2022. 325–326 str.
33. Hall JE, Guyton AC. *Medicinska fiziologija.* 13. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2017. 745–9 str.
34. Squire LR, Dede AJO. *Conscious and Unconscious Memory Systems.* Cold Spring Harb Perspect Biol. 2015;7(3):a021667.
35. Squire LR, Zola SM. Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1996;93(24):13515–22.
36. Gandhi MH, Mukherji P. *Learning Theories.* U: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
37. Joja OD. The learning experience and neuroplasticity - A shifting paradigm. *Noema J Romanian Acad.* 2013.;12:159–70.
38. Francis JT, Song W. Neuroplasticity of the Sensorimotor Cortex during Learning. *Neural Plast.* 2011.;2011(1):310737.
39. McSparron JJ, Vanka A, Smith CC. Cognitive learning theory for clinical teaching. *Clin Teach.* 2019;16(2):96–100.
40. Ofem UJ, Idika D, Otu B, Victor Ovat S, Arikpo MI, Anakwue AL, i sur. Academic optimism, capital indicators as predictors of cognitive, affective, and psychomotor learning outcome among students in secondary school. Hierarchical regression approach (HRA). *Heliyon.* 2024;10(9):e30773.
41. Makino H, Hwang EJ, Hedrick NG, Komiyama T. Circuit mechanisms of sensorimotor learning. *Neuron.* 2016;92(4):705–21.
42. Constantinidis C, Ahmed AA, Wallis JD, Batista AP. Common Mechanisms of Learning in Motor and Cognitive Systems. *J Neurosci.* 2023;43(45):7523–9.
43. Cook DA, Artino AR. Motivation to learn: an overview of contemporary theories. *Med Educ.* 2016;50(10):997–1014.
44. Bushuven S, Trifunovic-Koenig M, Bentele M, Bentele S, Strametz R, Klemm V, i sur. Self-Assessment and Learning Motivation in the Second Victim Phenomenon. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(23):16016.

45. Filgona J, Sakiyo J, Gwany DM, Okoronka AU. Motivation in Learning. *Asian J Educ Soc Stud.* 2020;10(4):16–37.
46. Yang Y, Wang JZ. From Structure to Behavior in Basolateral Amygdala-Hippocampus Circuits. *Front Neural Circuits.* 2017;11:86.
47. Hill CM, Hogan AM, Karmiloff-Smith A. To sleep, perchance to enrich learning? *Arch Dis Child.* 2007;92(7):637–43.
48. Shors TJ. Learning During Stressful Times. *Learn Mem Cold Spring Harb N.* 2004;11(2):137–44.
49. Drenovac M. Kronometrija dinamike mentalnog procesiranja. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera; 2009. 238 str.
50. Pavlinac Dodig I, Qazzafi A, Lusic Kalcina L, Demirovic S, Pecotic R, Valic M, i sur. The Associations between Results in Different Domains of Cognitive and Psychomotor Abilities Measured in Medical Students. *Brain Sci.* 2023;13(2):185.
51. Rauscher L, Kohn J, Käser T, Mayer V, Kucian K, McCaskey U, i sur. Evaluation of a Computer-Based Training Program for Enhancing Arithmetic Skills and Spatial Number Representation in Primary School Children. *Front Psychol.* 2016;7:913.
52. Olivier GN, Paul SS, Walter CS, Hayes HA, Foreman KB, Duff K, i sur. The Feasibility and Efficacy of a Serial Reaction Time Task that Measures Motor Learning of Anticipatory Stepping. *Gait Posture.* 2021;86:346–53.
53. Patel V, Craig J, Schumacher M, Burns MK, Florescu I, Vinjamuri R. Synergy Repetition Training versus Task Repetition Training in Acquiring New Skill. *Front Bioeng Biotechnol.* 2017;5:9.
54. Strobach T, Frensch PA, Soutschek A, Schubert T. Investigation on the improvement and transfer of dual-task coordination skills. *Psychol Res.* 2012;76(6):794–811.
55. Puttemans V, Wenderoth N, Swinnen SP. Changes in Brain Activation during the Acquisition of a Multifrequency Bimanual Coordination Task: From the Cognitive Stage to Advanced Levels of Automaticity. *J Neurosci.* 2005;25(17):4270–8.
56. Galic T, Bozic J, Pecotic R, Ivkovic N, Valic M, Dogas Z. Improvement of Cognitive and Psychomotor Performance in Patients with Mild to Moderate Obstructive Sleep Apnea Treated with Mandibular Advancement Device: A Prospective 1-Year Study. *J Clin Sleep Med JCSM Off Publ Am Acad Sleep Med.* 2016;12(2):177–86.
57. Bartolacci C, Scarpelli S, D'Atri A, Gorgoni M, Annarumma L, Cloos C, i sur. The Influence of Sleep Quality, Vigilance, and Sleepiness on Driving-Related Cognitive Abilities: A Comparison between Young and Older Adults. *Brain Sci.* 2020;10(6):327.

58. Lim J, Dinges DF. Sleep Deprivation and Vigilant Attention. *Ann N Y Acad Sci.* 2008.;1129(1):305–22.
59. Pavlinac Dodig I, Lušić Kalcina L, Valić M, Pecotić R, Đogaš Z. Sleep, anxiety, and cognitive and psychomotor abilities of medical students measured by tests of the Complex Reactionmeter Drenovac series. Neuroscience Congress Zadar, Hrvatska, 12.10.2019-15.10.2019.
60. Karanovic N, Carev M, Berovic N, Ujevic A, Kardum G, Bagatin J, i ostali. The impact of sleep deprivation on the staff anesthesiologists during in-hospital 24 hour call: A-984. *Eur J Anaesthesiol EJA.* 2006;23:253.

8. SAŽETAK

Cilj: Istražiti proces kognitivnog i psihomotoričkog učenja u studenata primjenom CRD uređaja.

Ispitanici i postupci: U istraživanju je sudjelovalo 22 studenata Sveučilišta u Splitu, prosječne dobi $23,14 \pm 1,39$ godina. Ispitanici su bili podvrgnuti testovima CRD-serije (CRD11, CRD311 i CRD411) kako bi se analizirali parametri poput ukupnog vremena rješavanja testova (UKT), minimalnog vremena za rješavanje pojedinačnih zadataka (MinT), maksimalnog vremena (MaxT) te broja pogrešaka (BrPog). Prije početka istraživanja, svi ispitanici su ispunili Indeks nesanice te su svakodnevno popunjavali upitnike o pospanosti, trajanju spavanja i subjektivnom stresu.

Rezultati: Tijekom tri dana testiranja zabilježeno je značajno smanjenje UKT-a na testovima CRD11 (s 100,32 na 78,02 sekundi, $P = 0,004$), CRD311 (s 27,12 na 24,36 sekundi, $P < 0,001$) i CRD411 (s 29,00 na 22,84 sekundi, $P < 0,001$) te smanjenje MinT-a i MaxT-a na svim testovima. Nije bilo statistički značajnog smanjenja broja pogrešaka na bilo kojem od testova. U prvom mjerenju zabilježene su pozitivne korelacije između rezultata na Stanford upitniku i performansi na testovima CRD11, CRD311 i CRD411. Indeks nesanice negativno je korelirao s MinT-om na CRD11 ($r = -0,469$, $P = 0,028$) i CRD411 testovima ($r = -0,425$, $P = 0,049$). Tijekom drugog mjerenja, nije zabilježena ni jedna značajna korelacija. U trećem mjerenju, Stanford upitnik je negativno korelirao s brojem pogrešaka na CRD11 testu te pozitivno s MinT-om na CRD311 testu. Nisu pronađene značajne korelacije između trajanja spavanja i razine stresa s rezultatima testova.

Zaključak: Tijekom tri uzastopna dana, ponovljenim izvođenjem testova CRD11, CRD311 i CRD411, došlo je do poboljšanja u njihovom rješavanju, što se očituje kroz smanjenje ukupnog vremena potrebnog za dovršavanje svakog testa (UKT), minimalnog vremena za rješavanje pojedinačnih zadataka (MinT), kao i maksimalnog vremena potrebnog za izvršavanje zadataka (MaxT).

9. SUMMARY

Diploma Thesis Title: Cognitive and psychomotor learning among students

Objectives: To investigate the process of students's cognitive and psychomotor learning using tests of the CRD series.

Subjects and Methods: The study included 22 students from the University of Split, with an average age 23.14 ± 1.39 years. Subjects completed three CRD series tests (CRD11, CRD311, and CRD411). The study analyzed total test solving time (UKT), minimum time to solve a single task (MinT), maximum time to solve a single task (MaxT), and number of errors (BrPog). Before the study commenced, all participants filled out an insomnia index and daily questionnaires regarding sleepiness, sleep duration, and stress levels.

Results: There was a significant reduction in UKT on the CRD11 tests (from 100.32 to 78.02 seconds, $P = 0.004$), CRD311 (from 27.12 to 24.36 seconds, $P < 0.001$), and CRD411 (from 29.00 to 22.84 seconds, $P < 0.001$), as well as a decrease in MinT and MaxT on all tests. There was no statistically significant reduction in the number of errors on any of the tests. Positive correlations were observed in the initial measurement between Stanford sleepiness scale score and performance on CRD11, CRD311, and CRD411 tests. The insomnia index negatively correlated with MinT on CRD11 ($r = -0.469$, $P = 0.028$) and CRD411 tests ($r = -0.425$, $P = 0.049$). During the second measurement, no significant correlations were recorded. In the third measurement, the Stanford sleepiness scale score negatively correlated with the number of errors on the CRD11 test and positively with MinT on the CRD311 test. There were no significant correlations found between sleep duration and stress level with tests results.

Conclusion: Over three consecutive days, through repeated testing with CRD11, CRD311, and CRD411, there was an improvement in performance, characterized by reduced total test solving time (UKT), as well as decreased minimum (MinT) and maximum (MaxT) task-solving times.