

Vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom rješavanja psihomotornih testova i povezanost s akademskim uspjehom na medicinskom fakultetu

Apolloni, David

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:171:575150>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-19**



Repository / Repozitorij:

[MEFST Repository](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU

MEDICINSKI FAKULTET

David Apolloni

**VRIJEDNOSTI BISPEKTRALNOG INDEKSA TIJEKOM RJEŠAVANJA
PSIHOMOTORNIH TESTOVA I POVEZANOST S AKADEMSKIM USPJEHOM NA
MEDICINSKOM FAKULTETU**

Diplomski rad

Akadska godina:

2023./2024.

Mentor:

Prof. dr. sc. Zoran Đogaš, dr. med.

Split, srpanj 2024.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Akademski uspjeh.....	2
1.1.1. Značaj.....	2
1.1.2. Korelacije	2
1.2. Psihomotorni testovi	9
1.2.1. Definicija i primjena	9
1.2.2. Vrste psihomotornih testova	10
1.3. Bispektralni indeks	10
1.3.1. Mehanizam funkcioniranja i primjena	10
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	12
3.1 Ispitanici	15
3.2 Postupci	15
3.2.1. Psihomotorni testovi u našem istraživanju	15
3.2.2. Mjerenje bispektralnog indeksa	17
3.2.3. Akademski uspjeh.....	17
3.2.4. Protokol istraživanja	18
3.2.5. Statistička obrada podataka.....	18
4. REZULTATI.....	19
5. RASPRAVA.....	27
6. ZAKLJUČCI.....	31
7. LITERATURA.....	33
8. SAŽETAK.....	37
9. SUMMARY	40
10. ŽIVOTOPIS	Errore. Il segnalibro non è definito.

ZAHVALA

Želim prije svega zahvaliti svom cijenjenom mentoru prof. dr. sc. Zoranu Đogašu i gospođi Jeleni Baričević na njihovom strpljenju, pomoći i ljubaznosti. Bez njih ovaj rad ne bi bio moguć.

Zahvaljujem svojoj obitelji na neiscrpnj podršci tijekom mog studiranja. Ona je zaslužna za većinu mog životnog i akademskog uspjeha. Smatram da su oni zaslužni za moj upis i završetak ovog fakulteta te bez njih bi moj život bio mnogo drugačiji. Ovo mišljenje proizlazi iz mog anegdotalnog iskustva te iz nekih znanstvenih dokaza na koje sam naišao dok sam pisao ovaj rad.

Zahvaljujem svojim dobrim prijateljima i kolegama na lijepo provedenim godinama i na pruženoj pomoći. Drago mi je što sam slijednom mnogo iznimnih okolnosti, u ovom časovitom trenutku u vječnosti vremena, imao prilike upoznati neke divne i zanimljive osobe. Također, zahvaljujem kolegama koji su velikodušno sudjelovali u ovom istraživanju te kolegama koji su bili voljni, ali zbog različitih životnih okolnosti nisu, nažalost, imali priliku realizirati svoju želju za sudjelovanjem.

Želim sreću u onome što nas čeka svojim kolegama, bilo onima koji trenutno diplomiraju sa mnom i ulaze u novi svijet, bilo onima koji su još na fakultetu i koji će, u ne tako dalekoj budućnosti, također diplomirati.

1. UVOD

1.1. Akademski uspjeh

1.1.1. Značaj

Dobro obrazovanje pozitivno korelira s višim socioekonomskim statusom, boljim poslovima, boljim budućim zdravljem (1).

1.1.2. Korelacije

Generalna intelektualna sposobnost (IQ), socioekonomski status, veličina obitelji, vrsta škole, fizička aktivnost, spavanje te psihološke značajke utječu na akademski uspjeh (1-4).

1.1.2.1. Generalna intelektualna sposobnost

Inteligencija je definirana kao sposobnost pojedinca da djeluje svrhovito, razmišlja racionalno te da se na efektivan način ponaša u odnosu na okolinu. Generalna intelektualna sposobnost (kvocijent inteligencije: IQ) uglavnom se odnosi na nečiju razinu inteligencije i smatra se ključnom za neovisno i samostalno obavljanje fundamentalnih aktivnosti (obrazovanje, zapošljavanje, vođenje brige o sebi te živjeti samostalno). Razina izmjerene inteligencije tumači se kao sposobnost pojedinca da razumije kompleksne ideje, uči iz iskustava i efektivno se prilagodi ovisno o okolini u kojoj se nalazi, koristi rasuđivanje te prevlada prepreke promišljanjem. Današnje teorije nalažu da je inteligencija pod utjecajem bioloških i okolinskih čimbenika (1).

Iako postoje nesuglasja vezano za argument, smatra se da postoji pozitivna povezanost između akademskog uspjeha i inteligencije kao jednog od najvažnijih kognitivnih utjecajnih čimbenika (1).

1.1.2.2. Utjecaj obitelji i okoline

1.1.2.2.1. Socioekonomski status

Učenici iz kućanstava s većim mjesečnim prihodom imaju veće izgleda za boljim akademskim uspjehom od učenika iz kućanstava s nižim mjesečnim prihodom (5).

1.1.2.2.2. Veličina obitelji

Veličina obitelji negativno korelira s akademskim uspjehom (1).

1.1.2.2.3. Obrazovanje roditelja

Obrazovanje roditelja utvrđeno je kao utjecajni čimbenik u kontekstu akademskog uspjeha i to na način da djeca obrazovanijih roditelja prosječno imaju bolje akademske rezultate od djece manje obrazovanih roditelja (5,6).

1.1.2.2.4. Podrška obitelji

Roditeljska podrška bilo u obliku uzora, poticaja ili potpore pozitivno je povezana s boljim akademskim uspjehom, većom fizičkom aktivnošću, koja također ima pozitivnog utjecaja na akademske rezultate te usvajanjem zdravijih navika. S druge strane, smatra se da roditelji koji jako podržavaju svoju djecu i vrše pritisak na njih visokim očekivanjima za akademske rezultate, mogu negativno utjecati na akademski uspjeh djeteta (6).

Zanemarivanje djeteta može imati dugoročne posljedice na dijete. Teorija životnog tijeka (engl. *Life Course Theory*), prema Glen Elderu objašnjava povezanost iskustava tijekom djetinjstva i kasnijeg razvoja pojedinca te naglašava interakciju između životnih događaja. Načelo povezanih života (engl. *Principle of Linked Lives*) naglašava da su pojedinačni životi zapravo međusobno ovisni i često uklopljeni u društvene odnose (obitelj, prijatelji ...), a Načelo povezanog života (engl. *Principle of Linked Life*) odnosi se na činjenicu da su različiti životni događaji međusobno povezani te da rana iskustva mogu imati utjecaja na kasnija životna događanja. Prema teoriji životnog tijeka, mnogi problemi adolescenata (kao što su loš akademski uspjeh, slabija sposobnost adaptacije, loši međuljudski odnosi ...) mogu imati izvor u njihovim iskustvima u djetinjstvu (7).

1.1.2.2.5. Vrsta škole

Učenici privatnih škola imaju općenito bolje akademske rezultate od učenika koji pohađaju javne škole. Trenutno objašnjenje za navedeni fenomen je razlika u ozračju koja je u privatnim školama poticajnije za učenje i intelektualni razvoj (1).

1.1.2.3. Stil života

1.1.2.3.1. Prehrana

Prehrana i uhranjenost dokazane su kao bitan čimbenik u kontekstu akademskog uspjeha. Malnutricija i nedovoljna prehrana nisu rijetkost u zemljama u razvoju, a posljedično dovode do zaostatka u rastu i smanjene tjelesne mase, povećavaju sklonost infekcijama te negativno utječu na mentalni razvoj i akademske rezultate (5).

Dokazano je da konzumacija doručka ima pozitivan učinak na mentalno zdravlje i akademski uspjeh djece, pogotovo ako je redovita. U odrasloj populaciji zamijećeno je minorno, ali ne i zanemarivo, poboljšanje pamćenja, pozornosti, te izvršnih funkcija nakon doručkovanja (8).

1.1.2.3.2. Fizička aktivnost

Postoji pozitivna korelacija između (akutne i kronične) fizičke aktivnosti te kardiorespiracijske izdržljivosti i kognitivne funkcije te akademskog uspjeha. Fizička aktivnost, pogotovo ako je intenzivnija, može potaknuti fiziološke mehanizme na staničnoj, molekularnoj te strukturnoj razini mozga vezanih za poboljšanje kognitivnih funkcija. Redovita fizička aktivnost povećava razinu neurogeneze u dentatnom girusu hipokampusa, dijelu mozga bitnom za učenje i pamćenje te se smatra da fizička aktivnost općenito pospješuje metabolizam središnjega živčanog sustava. Također, smatra se da redovita fizička aktivnost može poboljšati raspon pozornosti (engl. *attention span*) i radno pamćenje zbog utjecaja na neurotransmitere (noradrenalin, dopamin i serotonin), neurotropni čimbenik rasta koji potječe iz mozga (engl. *brain-derived neurotrophic factor*, BDNF), sinaptičke proteine i čimbenik rasta sličan inzulinu 1 (engl. *insulin-like growth factor 1*, IGF-1) (8-10).

1.1.2.3.3. Spavanje

Dokazan je bitan utjecaj kvantitativno i kvalitativno zadovoljavajućeg spavanja na optimalno fizičko, kognitivno i psihološko funkcioniranje (8).

Adolescenti koji imaju deprivaciju spavanja (u pravilu se deprivacija definira kao manje od 8 sati spavanja u jednoj noći) češće se upuštaju u štetna i rizična ponašanja kao što su pušenje, konzumacija alkohola i droga. Također su podložniji depresiji, prometnim nezgodama te lošijem akademskom uspjehu (11,12). Još neke od posljedica deprivacije spavanja su povećani rizik od kardiometaboličkih disfunkcija te povećan rizik od pretilosti, poremećaja raspoloženja i suicidalnih tendencija, te povećane učestalosti ozljeda na radu i u sportu (13).

Među čimbenicima koji utječu na trajanje spavanja studenata ističe se početak nastave. Rani jutarnji početak nastave ima utjecaja na trajanje spavanja studenata te posljedično duže spavanje tijekom vikenda kako bi se "nadoknadio" gubitak spavanja stečen tijekom tjedna. Postoje dokazi da studenti kojima kasnije počinje nastava u prosjeku spavaju više sati tijekom radnog tjedna u usporedbi s onima kojima nastava počinje ranije (14). Trenutna objašnjenja za takav fenomen navode da je kasnije vrijeme spavanja noću povezano s početkom i progresijom puberteta. Mjereno je vrijeme lučenja melatonina kao pokazatelja cirkadijanog ritma i otkriven je pomak prema kasnije u izlučivanju melatonina u zrelije djece (12).

Osim kvantitativne vrijednosti spavanja bitna je i njegova kvalitativna vrijednost koja se najčešće procjenjuje subjektivnom kvalitetom, latencijom, poremećajima i smetnjama spavanja (uglavnom se odnosi na buđenje tijekom noći), uporabom hipnotičkih lijekova te dnevnom disfunkcijom. Otkriveno je da je vrijeme buđenja povezano s akademskim uspjehom koji je bolji u studenata koji se bude ranije tijekom radnih dana, a lošiji u onih koji su se tijekom radnih dana budili kasnije. Također, studenti koji redovito idu spavati i bude se u isto vrijeme imaju bolje akademske rezultate, pa se smatra da je stabilni cirkadijani ritam jako važan. (14,15).

Pospanost ima negativnu korelaciju s akademskim uspjehom. Smatra se da je pozornost tijekom nastave bitan čimbenik za dobar akademski uspjeh te je pozornost umanjena u prisutnosti pospanosti. S druge strane, postoje dokazi da je individualna percepcija o zadovoljavajućem spavanju također čimbenik koji utječe na akademski uspjeh (15).

1.1.2.3.4. Ostalo (alkohol, pušenje, kava, droge)

Konsumacija alkohola i pušenje mijenjaju moždani razvoj adolescenata, što ima utjecaja na dugoročno i kratkoročno pamćenje te donošenje odluka, a neke od tih promjena mogle bi biti permanentne. Smatra se da pušenje utječe na kognitivne funkcije smanjenjem volumena sive tvari, dok se kronična konzumacija alkohola povezuje sa sniženom razinom neurogeneze i oštećenjem neurona. Postoji također dvosmjernan odnos mentalnog zdravlja te pušenja i konzumacije alkohola kao i ostalih rizičnih ponašanja, pri čemu takva ponašanja dovode do slabijeg mentalnog zdravlja. Također, slabije mentalno zdravlje povećava rizik za ponašanja kao što su pušenje i konzumacija alkohola (8).

1.1.2.3.4.1. Amfetamini

U medicinskoj praksi korišteni su poglavito za liječenje poremećaja pozornosti s hiperaktivnošću (engl. *attention deficit hyperactivity disorder*, ADHD). Amfetamini su sve popularniji kao stimulansi među studentima, korišteni za augmentaciju kognitivnih sposobnosti i produženih razdoblja budnosti u svrhu poboljšanja akademskog uspjeha ili u rekreativne svrhe (ovisno o geografskoj lokaciji od 5,2% do čak 47,4% studenata medicine povremeno konzumira amfetamine) najčešće u obliku Adderalla (mješovite soli amfetamina), dekstroamfetamina te Ritalina (metilfenidat). Zbog dobre liposolubilnosti amfetamini brzo prolaze kroz krvno-moždanu barijeru te imaju učinke na središnji živčani sustav. Svoje učinke vrše mijenjanjem (povećavanjem) koncentracija dopamina i noradrenalina (imaju učinke i na serotonin, adrenalin i histamin) u sinaptičkoj pukotini te ih time čine dostupnijima postsinaptičkom neuronu. Takav učinak primarno postižu inhibicijom tzv. re-uptake transportera na presinaptičkom neuronu, ali i inhibicijom monoamino-oksidade koja razgrađuje navedene molekule. Negativne posljedice korištenja amfetamina uključuju ovisnost, smanjeni apetit i tjelesnu masu, insomniju, a zbog povećanog arterijskog krvnog tlaka i srčane frekvencije mogu imati opasne posljedice pogotovo u pojedinaca sa srčanim poteškoćama. Trenutno se u literaturi navodi da iako amfetamini povećavaju fokus, nemaju nekih značajnih pozitivnih posljedica na akademski uspjeh (16).

1.1.2.3.4.2. Kofein

U literaturi se navodi da 80% svjetske populacije konzumira kofein, najčešće u obliku kave ili čaja, zatim energetskih pića te namirnica i suplemenata. Poželjni učinci konzumacije kofeina kao poboljšana pozornost, budnost i koncentracija uglavnom se postižu pri konzumaciji nižih doza (<4 g), dok su štetni učinci kao tremor, anksioznost, palpitacije i aritmije uglavnom primijećeni pri konzumaciji viših doza. Smatra se da bi dugoročna umjerena konzumacija mogla smanjiti rizik od demencije i kognitivnog pogoršanja s dobi. Kofein se zbog dobre liposolubilnosti učinkovito apsorbira iz gastrointestinalnog trakta i prolazi krvno-moždanu barijeru. Učinak primarno vrši preko blokiranja adenzinskih receptora i inhibicije fosfodiesteraze te tako povećava koncentraciju cikličnog adenzin monofosfata (engl. *cyclic adenosine monophosphate*, cAMP). Kofein ima učinak poglavito na mozak, srčani mišić, bubrege te na krvožilje u tijelu. Također, posredno povećava otpuštanje kateholamina što dovodi do vazokonstrikcije. Kofein u gastrointestinalnom traktu povećava motilitet i sekreciju želučane kiseline te pojačava inotropnu i kronotropnu aktivnost srca. Zbog navedenih učinaka pojedinci s hipertenzijom, srčanim tegobama, anksioznošću i gastrointestinalnim smetnjama mogu imati pogoršanje stanja zbog konzumacije kofeina (16).

1.1.2.3.5. Yoga i meditacija

Postoje dokazi koji sugeriraju da redovito prakticiranje yoge i meditacije ima pozitivne učinke među kojima su poboljšanje pozornosti, pamćenja i radnog pamćenja te reduciranje anksioznosti (16).

1.1.2.4. Psihološke značajke i ličnost

1.1.2.4.1. Emocionalna inteligencija

Literatura navodi pozitivnu korelaciju između emocionalne inteligencije i akademskog te profesionalnog uspjeha. Čimbenici koji doprinose toj povezanosti su bolje funkcioniranje u međuljudskim odnosima te bi takvi kvalitetniji odnosi mogli olakšati kognitivni i intelektualni razvoj što kao posljedicu može imati bolji akademski uspjeh. Osim toga, smatra se da osobe s višom razinom emocionalne inteligencije bolje razumiju, reguliraju te upravljaju, ne samo

tuđim, nego i svojim emocijama, što im omogućuje da češće osjećaju stabilnije i pozitivnije emocije. Također, emocionalna inteligencija olakšava određivanje prioriteta, misli te bolju kontrolu i regulaciju ponašanja, a time i prilagođavanje pogodnijem stilu života, što također doprinosi akademskom uspjehu. U kliničkoj praksi uloga empatije doprinosi boljim odnosima liječnika i pacijenta te većem zadovoljstvu pacijenata (17,18).

1.1.2.4.2. Osobine ličnosti

Kao što bi kognitivne sposobnosti mogle označavati što pojedinac može ili ne može učiniti, tako bi njegove osobine ličnosti mogle označavati ono što će učiniti. Od glavnih pet dimenzija ličnosti (ekstroverzija/introverzija, ugodnost, savjesnost, neuroticizam/emocionalna stabilnost, otvorenost) savjesnost, ekstroverzija i otvorenost pokazuju najsnažniju pozitivnu korelaciju s akademskim uspjehom (ugodnost također, ali u manjoj mjeri) (18,19).

1.1.2.4.3. Psihopatologija

Smatra se da su studenti s anksioznim/depresivnim simptomima te misaonim problemima zapravo akademski uspješniji, dok studenti s problemima pozornosti i delikventnim ponašanjem u prosjeku imaju akademski lošije rezultate (20).

Neodgovarajuća pozornost učenika i studenata smatra se najjačim negativnim čimbenikom u kontekstu akademskog uspjeha. Zbog umanjene pozornosti učenici i studenti lako su ometeni, imaju poteškoća s koncentriranjem na jednom zadatku, održavanjem pozornosti duži period, praćenjem nastave i rješavanjem školskih zadataka. Za probleme ponašanja navodi se delikventno ponašanje u koje se ubraja sudjelovanje u nezakonitim aktivnostima, konzumacija droga, loše ponašanje u školi te izostajanje s nastave. Sve navedeno može imati zamjetan negativni utjecaj na akademski uspjeh, a literatura spominje i utjecaj stresnih životnih događaja poglavito na matematiku (20).

Umjerene razine anksioznosti (stanja koja nisu klinički relevantna i pri kojima studenti imaju resurse za pravilnim upravljanjem vlastitom motivacijom te suočavanjem s averzivnim emocijama) povezane su s boljim akademskim uspjehom. Jedno objašnjenje za navedeni fenomen je stanje budnosti i napetosti proizvedeno anksioznošću koje može dovesti do boljih postignuća u zadacima koji zahtijevaju pozornost. Drugo objašnjenje je povezanost

anksioznosti sa savjesnošću, disciplinom i perfekcionizmom, što rezultira motivacijom za marljivim radom i dobrim postignućima kako bi se zadovoljili akademski zahtjevi te izbjegao neuspjeh i negativne ocjene (20).

1.1.2.4.4. Psihomotorne sposobnosti

Literatura navodi postojanje povezanosti psihomotornih sposobnosti i akademskog uspjeha, ali ta je povezanost indirektna i medijator joj je radno pamćenje. Jedna od relevantnih teorija kojom se objašnjava navedena pojava je hipoteza cerebelarnog deficita (Nicolson, Fawcett i Dean 1996.) koja povezuje blage motoričke poteškoće cerebelarne disfunkcije s poteškoćama automatiziranja i subvokalizacije što posljedično dovodi do poteškoća s verbalnim kratkoročnim pamćenjem. Kao primjer se spominju poteškoće u automatizaciji vještina i generiranju unutarnjeg govora (subvokalizacija) koje proizlaze iz cerebelarne disfunkcije te dovode do deficita u automatizaciji procesa prepoznavanja riječi i fonološke svijesti, što posljedično dovodi do poteškoća u čitanju (21).

1.2. Psihomotorni testovi

1.2.1. Definicija i primjena

Psihomotorni testovi služe za procjenu specifičnih psihomotornih sposobnosti pojedinca. Mogu se primjenjivati u svrhu procjene potencijalne sposobnosti osobe za određenu profesiju te eventualno za profesionalno usmjeravanje, no takvi testovi trebaju biti u skladu sa zahtjevima određene profesije jer svaka profesija ima svoje specifične zahtjeve i karakteristike. Na primjer, dok su u medicinskom ultrazvučnom snimanju vidno-motorne i vidno-prostorne vještine najbitnije, u otvorenoj kirurgiji su to kordinacija oko-ruka i spretnost prstiju.

Psihomotorni testovi također su korisni za praćenje napretka pojedinca i održavanje standarda. Otkrivene su razlike u psihomotornim sposobnostima pojedinaca uvjetovanih različitim razinama iskustva, dobi, spolu, preciznosti odgovora i kompatibilnosti. Gledajući da postoje razlike među pojedincima u okviru psihomotornih sposobnosti još jedna potencijalna primjena takvih testova bila bi prilagođavanje programa učenja evaluiranim psihomotornim

sposobnostima. Iscrtavanjem krivulje učenja (početna točka, nagib i plato) osigurava se postizanje dovoljne razine psihomotornih vještina pri dizajniranju edukacijskih i evaluacijskih programa. Krivulja učenja temelji se na principu da se vrijeme potrebno za obavljanje određene aktivnosti smanjuje kako se aktivnost ponavlja te posljedično indicira na promjene nečije stručnosti nakon ponavljanja vještine (22).

1.2.2. Vrste psihomotornih testova

Različite vrste psihomotornih testova korištene u medicinskim znanostima su sljedeće: test za ručnu spretnost, test za vidno-prostornu sposobnost, test za fini motorički odgovor, test za brzinu i preciznost, test za koordinaciju oko-ruka (22).

1.3. Bispektralni indeks

1.3.1. Mehanizam funkcioniranja i primjena

Bispektralni index (BIS) je bezdimenzionalni broj u rasponu od 0 (potpuna neaktivnost mozga) do 100 (budan i pozoran pacijent). Vrijednosti manje od 40 smatraju se dobokim hipnotičkim stanjem, vrijednosti između 40 i 60 predstavljaju odgovarajuću opću anesteziju za operaciju te je svjesnost pod anestezijom spriječena. Navedeni broj proizlazi iz analize elektroencefalograma (EEG) uglavnom pacijenata tijekom anestezije koristeći algoritam za analizu valnog oblika EEG-a, uzimajući u obzir čimbenike kao što su frekvencija, faza i spektar snage. Navedenim procesom dobiva se objektivna procjena pacijentove razine svijesti (23).

Iako neupitno korisno sredstvo, složena matematička manipulacija BIS algoritma dovodi do vremenskih kašnjenja s obzirom na indukciju anestezije i promjene u dubini iste. U jednoj opservacijskoj studiji primijećeno je da BIS odgovor ima kašnjenje od 104 sekunde na indukciju anestetika. Također, kod neuromuskularne blokade primijećeno je da se smanjuje BIS rezultat čak i u budnih osoba. Objašnjenje takvog fenomena je preklapanje frekvencijskog odziva gama valova koji su povezani s kognitivnom funkcijom, pamćenjem i obradom informacija s elektromiogramom (EMG). BIS se smatra nepouzdanim pri korištenju nekih anestetika kao što su ketamin i dušikov oksidul, s obzirom da povećavaju BIS vrijednosti.

Korištenje nekih medicinski uređaja može uzrokovati artefakte i smanjiti kvalitetu signala (u literaturi se navodi elektrokirurški kauter). Također, neurološko oštećenje može sniziti vrijednosti BIS-a, a navedeno opažanje primarno se odnosi na oštećenja kortikalnih struktura mozga (23,24).

BIS predstavlja značajan napredak u objektivnoj procjeni dubine anestezije, pružajući trenutne bitne povratne informacije tijekom anestezije pacijenta. Pri operacijama u kojima je korišten BIS, kraće je vrijeme otvaranja očiju, ekstubacije i orijentacije u usporedbi s onima u kojima nije korišten BIS (23,25).

Postoji još potencijalnih primjena BIS sustava. U literaturi se spominje pozitivna prediktivna vrijednost viših BIS rezultata sa šansom preživljavanja te ishodom pacijenata pri teškim traumatskim ozljedama mozga i akutnom cerebralnom infarktu (26,27).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovog istraživanja bili su utvrditi vrijednosti bispektralnog indeksa mjerenih tijekom rješavanja tri različita računalna psihomotorička testa temeljena na brzini reakcije na zadane podražaje i usporediti ih međusobno, kao i s vrijednostima bispektralnog indeksa mjerenih tijekom 5-minutnog razdoblja prije i nakon rješavanja testa. Pored toga, usporedit će se i vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom razdoblja relaksacije prije i nakon testa kako bi se utvrdilo utječe li obavljeni test na relaksaciju nakon njega, odnosno utječe li taj test na rješavanje idućeg testa tijekom protokola s rješavanjem tri različita testa zaredom nasumičnim redoslijedom.

Pored toga, cilj istraživanja bio je i utvrditi eventualnu povezanost brzine rješavanja računalnih psihomotoričkih testova s prosjecima ocjena studenata-ispitanika tijekom njihovog studija medicine i to s prosječnim ukupnim prosjekom ocjena te prosječnim ocjenama iz 5 skupina predmeta: temeljnih, pretkliničkih morfoloških, pretkliničkih fizioloških, te kliničkih internističkih i kliničkih kirurških.

Hipoteze ovog istraživanja bile su:

- Vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom rješavanja psihomotoričkih testova bit će više u odnosu na te vrijednosti tijekom razdoblja relaksacije prije i nakon testa.
- Vrijednosti bispektralnog indeksa bit će najniže tijekom rješavanja testa brzine računanja aritmetičkih zadataka (CRD 11) u odnosu na testove brzine reakcije na svjetlosne podražaje (CRD 311) i koordinacije ruke-noge (CRD 411).
- Vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom razdoblja relaksacije prije i nakon određenog psihomotoričkog testa neće biti statistički značajno različite što govori u prilog stabilnosti protokola i nepostojanja utjecaja obavljenog testa na idući test koji se rješava.
- Prosječne ocjene tijekom studiranja bit će povezane s testovima rješavanja testa brzine računanja aritmetičkih zadataka (CRD 11) i koordinacije ruke-noge (CRD 411), ali ne i s testom brzine reakcije na svjetlosne podražaje (CRD 311).

3. ISPITANICI I POSTUPCI

3.1 Ispitanici

Istraživanje je provedeno na 30 ispitanika koji su dragovoljno sudjelovali u ovom testiranju. Svih 30 ispitanika bili su studenti Medicinskog fakulteta u Splitu, a testiranje je provedeno na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Splitu u Laboratoriju Zavoda za neuroznanost.

Kriteriji uključenja ispitanika bio je dragovoljni pristanak nakon prethodno objašnjenog postupka testiranja, dok je kriterij isključenja bila teža deprivacija spavanja prethodne noći.

3.2 Postupci

3.2.1. Psihomotorni testovi u našem istraživanju

Korišten je računalni niz psihodijagnostičkih testova Complex Reactionmeter Drenovac (CRD-serija), dijagnostički uređaj s visokom osjetljivošću za detekciju promjena psihomotorike. CRD-serija sastoji se od četiri radna instrumenta: triju radnih ploča i prikladne programske potpore. Za ovo istraživanje korištena su tri testa iz CRD-serije koja pokrivaju široki spektar mentalnih i psihomotoričkih sposobnosti (Slika 1):

- 1) CRD 11 - test je konvergentnog mišljenja. Radi se o testu pri kojemu se rješava niz matematičkih problema, odnosno aritmetičkih zadataka zbrajanja ili oduzimanja, te se koristi kao test složenije kognitivne funkcije. Test se sastoji od radne ploče na kojoj se upale dvije svijetleće diode. Jedna se osvijetli na koordinatnom sustavu na mjestu sjecišta dvaju pravaca gdje svaki pravac predstavlja jedan broj. Druga dioda se osvijetli u svakom pojedinačnom zadatku od njih 35 tijekom testa ili na desnom gornjem kutu gdje se nalazi znak minus ili na gornjem lijevom kutu gdje se nalazi znak plus te označava koja je matematička operacija zadana između dva broja. Ispitanikov zadatak je što brže i točno riješiti zadanu matematičku operaciju te pritisnuti jednu od tipki koje označavaju mogući rezultat zbrajanja ili oduzimanja, a koje se nalaze na donjem dijelu radne ploče. U ovom istraživanju nazivamo ga i testom rješavanja aritmetičkih zadataka.
- 2) CRD 311 - test je jednostavne brzine reakcije na svjetlosni signal. Radna ploča za taj test sastoji se od devet dioda poredanih u horizontalnom nizu te se ispod svake nalazi

tipka. Tijekom testa se osvijetli jedna dioda što predstavlja zadatak ispitaniku da pritisne tipku ispod te diode, a nakon što je pritisnuta tipka ispod nje, osvjetljava se sljedeća i takvih zadataka ima 60 tijekom testa. Ispitanikov pokušava što brže pritisnuti tipke ispod osvijetljenih dioda te imati što manje pogrešaka.

- 3) CRD 411 - test je koordinacije ruke-noge. Sastoji se od radne ploče na kojoj se nalaze dva gumba za ruke te dvije pedale za noge koje su spojene na ploču. Na radnoj ploči nalaze se četiri diode koje se osvjetljavaju u raznim kombinacijama, desna i lijeva gornja te desna i lijeva donja. Gornje predstavljaju ruke, a donje predstavljaju noge. Navedeni test je složeniji test motoričkog odgovora u kojemu ispitanik mora što prije točno riješiti 35 zadataka, odnosno pritisnuti pravilnu kombinaciju gumbova za ruke i noge ovisno o kombinaciji osvijetljenih dioda za odgovarajuće gumbove za ruke i pedale za odgovarajuće noge. U svakom zadatku može biti zadana bilo koja kombinacija svjetala za ruke i noge, od samo jednog svjetla za jednu ruku ili jednu nogu do sva četiri svjetla za obje ruke i obje noge.



Slika 1. Complex Reactionmeter Drenovac (CRD-serija) psihodijagnostički testovi, CRD 311 lijevo, CRD 411 u sredini i CRD 11 desno. (Preuzeto i prilagođeno prema: Pavlinac DI, Qazzafi A, Lusic KL, Demirovic S, Pecotic R, Valic M, Dogas Z. The associations between results in different domains of cognitive and psychomotor abilities measured in medical students. *Brain Sci.* 2023;3;85.)

3.2.2. Mjerenje bispektralnog indeksa

Vrijednosti Bispektralnog indexa (BIS) mjerene su putem posebnog uređaja BIS Aspect A-2000 (Aspect Medical Systems, Natick, MA, SAD) u kojemu se signali putem posebnih jednokratnih senzornih elektroda postavljenih na čelo i sljepoočnicu prenose u glavni uređaj kabelom spojenim na BIS monitor. Zatim se informacije obrađuju programiranim algoritmom te prikazuju na BIS monitoru. Na BIS monitoru je prikazana tzv. BIS vrijednost, svojevrsna digitalizirana numerička vrijednost EEG-a u rasponu od 0 do 100. Također, na BIS monitoru su prikazani u stvarnom vremenu elektroencefalogram (EEG), elektromiogram (EMG) u rasponu od 1 do 10 ovisno o aktivnosti, kvaliteta signala (engl. *signal quality index*, SQI) te krivulja koja bilježi promjene vrijednosti BIS-a kroz vrijeme.

3.2.3. Akademska uspjeh

Za akademska uspjeh, iz referade Medicinskog fakulteta u Splitu, iz ISVU sustava su pribavljene ocjene iz željenih predmeta medicinskog studija. Prikupljene ocjene i prosjeci ocjena korišteni u istraživanju bili su:

- težinski prosjek u svrhu prikaza ukupne prosječne ocjene ispitanika,
- ocjene iz biologije, fizike te kemije i biokemije za dobivanje prosječne ocjene temeljnih predmeta.
- ocjene iz anatomije, histologije i patologije iz kojih je izračunata prosječna ocjena iz pretkliničkih morfoloških predmeta,
- ocjene iz fiziologije, neuroznanosti i patofiziologije iz kojih je izračunata prosječna ocjena pretkliničkih fizioloških predmeta,
- ocjene iz interne medicine, neurologije, infektologije i psihijatrije prosječna ocjena iz kliničkih internističkih predmeta, te
- ocjene iz kirurgije, oftalmologije, otorinolaringologije i ginekologije iz kojih je izračunata prosječna ocjena kliničkih kirurških predmeta.

3.2.4. Protokol istraživanja

Protokol se sastojao od postavljanja jednokratnih BIS elektroda na ispitanikovo čelo i sljepoočnicu (po uputama proizvođača) te nakon što bi se pojavio zadovoljavajući signal na BIS monitoru, testiranje bi započelo. Prvo je slijedilo objašnjenje CRD testa kojeg će ispitanik riješiti, zatim vježba da se ispitanik upozna s testom. Nakon obavljene vježbe slijedila je petominutna relaksacija u kojoj je zatraženo od ispitanika da se opusti. Nakon relaksacije je slijedio test čiji su rezultati korišteni za statistiku. Navedeni ciklus se zatim ponovio za drugi CRD-test te nakon njega opet za treći CRD-test. Nakon riješenog trećeg CRD-testa slijedila je još jedna, zadnja relaksacija. Ukupno, ispitivanje se sastojalo od tri CRD-testa, tri vježbe za navedene testove i četiri relaksacije. Redoslijed rješavanja CRD-testa bio je randomiziran za svakog ispitanika. BIS vrijednosti bilježene su tijekom svih razdoblja relaksacije te tijekom rješavanja svakog testa.

3.2.5. Statistička obrada podataka

Prikupljeni podaci uneseni su u računalni program MS Excel (verzija 2406, Microsoft, Washington, SAD) u kojemu je načinjena deskriptivna statistika. Nakon toga podaci su uneseni u računalni program SPSS (verzija 29.0, IBM, Armonk, NY, SAD) u kojemu su načinjene usporedbe različitih varijabli koje su istraživane u ovoj studiji. Za usporedbu vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom određenog CRD testa i razdoblja relaksacije prije i nakon toga, korišten je statistički test ANOVA za ponavljana mjerenja s pripadajućim post-hoc testom kao i za usporedbu vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom rješavanja tri različita CRD testa (CRD 11, CRD 311 i CRD 411). Za usporedbu različitih prosječnih ocjena i tri varijable uspješnosti rješavanja svakog CRD testa (ukupno vrijeme rješavanja testa, UKT; vrijeme potrebno za najbrže rješavanje pojedinačnog zadatka na testu, Min_T i prosječno vrijeme potrebno za rješavanje pojedinog zadatka na testu, Med_T), korištena je korelacijska analiza i izračunati su Pearsonovi koeficijenti korelacije i *P*-vrijednost. Statistička značajnost postavljena je pri *P*-vrijednosti <0,05.

4. REZULTATI

U istraživanje je bilo uključeno 30 ispitanika od kojih su svi bili studenti šeste godine Medicinskog fakulteta u Splitu. Prosječna dob ispitanika bila je $25 \pm 1,7$ godina, 16 ispitanika je bilo muškog spola i 14 ispitanika je bilo ženskog spola. Navedene karakteristike ispitivane populacije prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1. Demografski podaci ispitanika u studiji, N=30

Spol ispitanika	Muškarci, N=16	Žene, N=14
Dob ispitanika	$24,9 \pm 1,2$	$25,2 \pm 2,2$
Godina studija	Šesta	Šesta

Prosječne ocjene ispitanika su prikazane u Tablici 2. Ukupna prosječna ocjena ispitanika izračunata kao tzv. težinski prosjek ocjena bila je 4,00, prosječna ocjena iz temeljnih predmeta koji obuhvaćaju biologiju, fiziku te kemiju i biokemiju je bila 3,82. Prosječna ocjena pretkliničkih morfoloških predmeta anatomije, histologije i patologije bila je 3,43, dok je prosječna ocjena pretkliničkih fizioloških predmeta fiziologije, neuroznanosti i patofiziologije bila 3,53. Prosječna ocjena kliničkih internističkih predmeta interne, neurologije, infektologije i psihijatrije bila je 4,24, dok je prosječna ocjena kliničkih kirurških predmeta kirurgije, oftalmologije, otorinolaringologije i ginekologije iznosila 4,22.

Tablica 2. Prosječne ocjene ispitanika (N=30) na studiju medicine

Ukupna prosječna ocjena ispitanika	4,00
Prosječna ocjena iz temeljnih predmeta	3,82
Prosječna ocjena iz pretkliničkih morfoloških predmeta	3,43
Prosječna ocjena iz pretkliničkih fizioloških predmeta	3,53
Prosječna ocjena iz kliničkih internističkih predmeta	4,24
Prosječna ocjena iz kliničkih kirurških predmeta	4,22

Rezultati rješavanja psihomotornih CRD testova prikazani su u Tablici 3.

Za brzinu reakcije na svjetlosni podražaj (CRD 311) ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT) je bilo $27827,3 \pm 4526,1$ ms, vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T) je bilo $325,2 \pm 71,9$ ms, dok je prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T) bilo $447,09 \pm 75,86$ ms.

Za test brzine rješavanja aritmetičkih testova (CRD 11) je ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT) bilo $86878,14 \pm 12683,73$ ms, vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T) je bilo $1547,61 \pm 251,30$ ms, dok je prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T) bilo $2312,79 \pm 352,30$ ms. Za test koordinacije gornjih i donjih ekstremiteta (CRD 411) ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT) je bilo 26424 ± 4905 ms, vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T) je bilo 409 ± 63 ms, dok je prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T) bilo 625 ± 96 ms.

Tablica 3. Prikaz dobivenih rezultata na različitim računalnim psihomotoričkim testovima, testu brzine reakcije na svjetlosni podražaj (CRD 311), testu brzine rješavanja aritmetičkih testova (CRD 11) i testu koordinacije gornjih i donjih ekstremiteta (CRD 411)

Vrijeme na testu (ms)	CRD 311 (60 zadataka)	CRD 11 (35 zadataka)	CRD 411 (35 zadataka)
Ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT)	$27827,3 \pm 4526,1$	$86878,14 \pm 12683,73$	26424 ± 4905
Vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T)	$325,2 \pm 71,9$	$1547,61 \pm 251,30$	409 ± 63
Prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T)	$447,09 \pm 75,86$	$2312,79 \pm 352,30$	625 ± 96

Vrijednosti bispektralnog indeksa (BIS) ispitanika mjenog tijekom izvedbe psihomotornih CRD testova u odnosu na razdoblja relaksacije prije i poslije rješavanja testa prikazane su u Tablici 4.

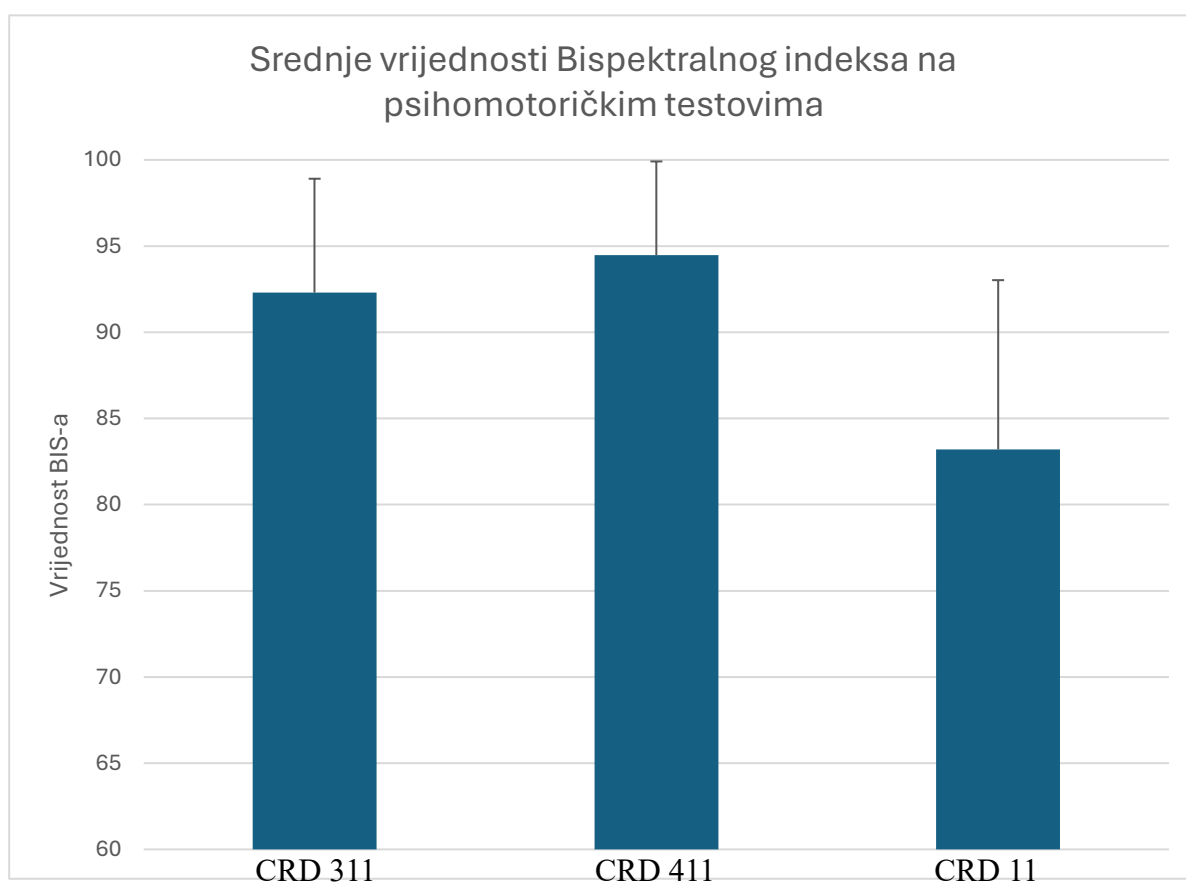
Za brzinu reakcije na svjetlosni podražaj (CRD 311), BIS je tijekom relaksacije prije testa iznosio $93,63 \pm 4,87$, tijekom rješavanja testa je iznosio $92,30 \pm 6,61$, a tijekom relaksacije nakon testa je iznosio $93,57 \pm 4,07$. Za test brzine rješavanja aritmetičkih testova (CRD 11), BIS je tijekom relaksacije prije testa iznosio $94,00 \pm 3,58$, tijekom rješavanja testa je iznosio $83,20 \pm 9,82$, a tijekom relaksacije nakon testa je iznosio $94,57 \pm 3,82$. Za test koordinacije gornjih i donjih ekstremiteta (CRD 411), BIS je tijekom relaksacije prije testa iznosio $94,10 \pm 3,93$, tijekom rješavanja testa je iznosio $94,47 \pm 5,44$, a tijekom relaksacije nakon testa je iznosio $93,93 \pm 3,81$.

Tablica 4. Vrijednosti bispektralnog (BIS) indeksa ispitanika mjenog tijekom izvedbe različitih računalnih psihomotoričkih testova u odnosu na razdoblje relaksacije prije i nakon testa

	Vrijednosti bispektralnog (BIS) indeksa			<i>P</i> *
	Relaksacija prije testa	Test	Relaksacija nakon testa	
Test CRD 311	$93,63 \pm 4,87$	$92,30 \pm 6,61$	$93,57 \pm 4,07$	0,486
Test CRD 11	$94,00 \pm 3,58$	$83,20 \pm 9,82$	$94,57 \pm 3,82$	<0,001
Test CRD 411	$94,10 \pm 3,93$	$94,47 \pm 5,44$	$93,93 \pm 3,81$	0,840

*ANOVA test usporedbe triju mjerenja, post-hoc test za usporedbu testa CRD 11 u odnosu na oba razdoblja relaksacije prije i nakon testa, $p < 0,001$

Tijekom rješavanja psihomotornih CRD testova, mjerene srednje vrijednosti BIS-a bile su statistički značajno niže tijekom rješavanja CRD 11 testa u odnosu na razdoblja relaksacije prije i nakon testa. Uočena je značajna razlika mjerenih srednjih BIS vrijednosti tijekom rješavanja CRD 11 testa u usporedbi sa CRD 311 i CRD 411 (Slika 2).



Slika 2. Usporedba srednjih BIS vrijednosti tijekom rješavanja računalnih psihomotornih testova CRD 311, CRD 411 i CRD 11. Vrijednosti BIS-a bile su statistički značajno niže (ANOVA, $P < 0,001$) tijekom testa CRD 11 u odnosu na druga dva (post-hoc testovi $P < 0,001$) među kojima nije bilo značajne razlike (post-hoc test $P = 0,704$).

Korelacije prosječnih ocjena kolegija tijekom studije medicine u odnosu na rezultate psihomotornih CRD testova prikazane su u Tablici 5.

Ukupno vrijeme rješavanja (UKT) CRD 311 testa negativno je koreliralo s prosječnom ocjenom temeljnih predmeta, prosječnom ocjenom pretkliničkih morfoloških i fizioloških predmeta te prosječnom ocjenom kliničkih kirurških predmeta, ali rezultati nisu pokazali statističku značajnost ($P>0,05$). Prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T) CRD 311 testa također je negativno koreliralo sa svim prosječnim ocjenama ($P>0,05$), ali je koeficijent korelacije bio najviši s prosječnom ocjenom pretkliničkih fizioloških predmeta, ali također bez statističke značajnosti ($P=0,170$). Vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T) CRD 311 testa bilo je različito korelirano s različitim prosječnim ocjenama ispitanika bez vidljive smislene povezanosti među podacima.

Ukupno vrijeme rješavanja (UKT) CRD 11 testa negativno je koreliralo s prosječnom ocjenom pretkliničkih morfoloških predmeta te s prosječnom ocjenom kliničkih internističkih predmeta, ali bez statističke značajnosti ($P>0,05$). Prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T) CRD 11 testa imalo je najveći negativni Pearsonov koeficijent korelacije s prosječnom ocjenom kliničkih internističkih predmeta, ali daleko od statističke značajnosti ($P=0,273$). Vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T) CRD 11 testa je negativno koreliralo s prosječnom ocjenom pretkliničkih morfoloških predmeta i to vrlo blizu statističke značajnosti ($P=0,081$). Inače su, skupno uzevši, sa sve tri varijable testa CRD 11 najviše negativno bile povezane prosječne ocjene pretkliničkih morfoloških predmeta.

Ukupno uzevši, sve varijable vremena rješavanja CRD 411 testa su najviše negativno korelirale s prosječnom ocjenom pretkliničkih fizioloških predmeta, ali bez statističke značajnosti. Ukupno vrijeme rješavanja (UKT) CRD 411 testa je negativno koreliralo s prosječnom ocjenom pretkliničkih fizioloških predmeta. Prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T) CRD 411 testa je negativno koreliralo s Pearsonovim koeficijentom korelacije većim od $-0,2$ s ukupnom prosječnom ocjenom ispitanika, prosječnom ocjenom temeljnih predmeta, prosječnom ocjenom pretkliničkih morfoloških i fizioloških predmeta. Vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T) CRD 411 testa je negativno koreliralo s ukupnom prosječnom ocjenom ispitanika, prosječnom ocjenom temeljnih predmeta, prosječnom ocjenom pretkliničkih morfoloških i kliničkih kirurških predmeta, dok je s prosječnom ocjenom pretkliničkih fizioloških predmeta bilo negativno korelirano vrlo blizu statističke značajnosti ($P=0,071$).

Tablica 5. Rezultati analize korelacija različitih prosječnih ocjena na ispitima tijekom studija medicine u odnosu na rezultate psihomotoričkih testiranja na različitim CRD testovima

Pearsonovi koeficijenti korelacije, <i>r</i> ; <i>P</i> -vrijednosti			
Test CRD 311	Ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT)	Vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T)	Prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T)
Ukupna prosječna ocjena ispitanika	-0,15; 0,302	0,224; 0,383	-0,107; 0,421
Prosječna ocjena iz temeljnih predmeta	-0,198; 0,697	0,168; 0,451	-0,155; 0,912
Prosječna ocjena iz pretkliničkih morfoloških predmeta	-0,203; 0,289	-0,01; 0,954	-0,153; 0,428
Prosječna ocjena iz pretkliničkih fizioloških predmeta	-0,298; 0,115	0,003; 0,991	-0,261; 0,170
Prosječna ocjena iz kliničkih internističkih predmeta	-0,107; 0,578	0,221; 0,250	-0,088; 0,648
Prosječna ocjena iz kliničkih kirurških predmeta	-0,228; 0,235	0,032; 0,868	-0,217; 0,258
Test CRD 11	Ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT)	Vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T)	Prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T)
Ukupna prosječna ocjena ispitanika	-0,189; 0,390	-0,019; 0,747	-0,124; 0,596
Prosječna ocjena iz temeljnih predmeta	-0,166; 0,482	-0,063; 0,661	-0,103; 0,813
Prosječna ocjena iz pretkliničkih morfoloških predmeta	-0,256; 0,179	-0,329; 0,081	-0,184; 0,337
Prosječna ocjena iz pretkliničkih fizioloških predmeta	-0,024; 0,900	0,044; 0,820	0,013; 0,946

Prosječna ocjena iz kliničkih internističkih predmeta	-0,228; 0,233	-0,004; 0,985	-0,21; 0,273
Prosječna ocjena iz kliničkih kirurških predmeta	-0,137; 0,478	-0,034; 0,857	-0,072; 0,712

Test CRD 411	Ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT)	Vrijeme za najbrže riješeni pojedinačni zadatak (Min_T)	Prosječno vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (Med_T)
Ukupna prosječna ocjena ispitanika	-0,177; 0,375	-0,229; 0,15	-0,222; 0,224
Prosječna ocjena iz temeljnih predmeta	-0,168; 0,711	-0,27; 0,807	-0,229; 0,429
Prosječna ocjena iz pretkliničkih morfoloških predmeta	-0,06; 0,751	-0,243; 0,195	-0,207; 0,268
Prosječna ocjena iz pretkliničkih fizioloških predmeta	-0,2; 0,289	-0,334; 0,071	-0,217; 0,250
Prosječna ocjena iz kliničkih internističkih predmeta	-0,187; 0,322	-0,056; 0,767	-0,141; 0,458
Prosječna ocjena iz kliničkih kirurških predmeta	-0,111; 0,561	-0,233; 0,215	-0,099; 0,602

5. RASPRAVA

U našem istraživanju zabilježene BIS vrijednosti bile su značajno niže tijekom rješavanja testa aritmetičkih zadataka (CRD 11) u usporedbi s rješavanjem testova brzine reakcije na svjetlosni podražaj (CRD 311) i testa koordinacije ruke-noge (CRD 411). Također, BIS vrijednosti tijekom rješavanja testa CRD 11 bile su značajno niže nego tijekom relaksacije prije i relaksacije nakon navedenog testa, dok u drugim testovima nije bilo statistički značajne razlike između BIS vrijednosti tijekom rješavanja testa u odnosu na vrijednosti tijekom relaksacije prije i relaksacije nakon tog testa.

Treba istaknuti da su zabilježene BIS vrijednosti bile gotovo iste u razdobljima relaksacije prije i poslije pojedinih CRD testova, potvrđujući da testovi nisu utjecali na izvedbu narednog testa u nizu od tri koja su rješavana, što dokazuje stabilnost protokola i mjerenja te da redosljed rješavanja CRD testova nije utjecao na rezultate na testovima.

Povezanost brzine reakcije na korištenim računalnim psihomotoričkim CRD testovima i prosječnih ocjena tijekom studija medicine nije čvrsto dokazana u našem istraživanju. Međutim, pokazano je da je postojala negativna povezanost između visine prosječne ocjene koja je bila blizu granice značajnosti i brzine rješavanja psihomotoričkog testa i to negativna povezanost prosječne ocjene na ispitima iz pretkliničkih morfoloških predmeta i testa rješavanja aritmetičkih zadataka ($P=0,081$), te prosječne ocjene iz pretkliničkih fizioloških predmeta i najbržeg rezultata na testu koordinacije ruke-noge ($P=0,071$).

Navedeni nalazi o vrijednostima bispektralnog indeksa potvrđuju prijašnje istraživanje gdje je isto tako pokazano da je vrijednost BIS-a bila značajno niža pri rješavanju testa CRD 11 u usporedbi s rješavanjem testova CRD 311 i CRD 411 (28). Razlog tome nije poznat, ali je moguće da na zabilježene vrijednosti utječe položaj elektrode za bilježenje EEG signala koji se koristi za posebni algoritam izračunavanja bročane BIS vrijednosti koja se postavlja na čelo ispitanika, a na koju mogu utjecati i EMG signali zabilježeni istom elektrodom. Bitno je istaknuti da bi eventualni artefakt do kojega može doći zbog pojačane EMG aktivnosti tijekom rješavanja testa trebao biti viši pri rješavanju testa koordinacije ruke-noge (CRD 411) jer su tu izraženije motoričke aktivnosti ispitanika negoli pri druga dva testa. Druga mogućnost je da se zapravo moždana aktivnost intenzivira u drugim područjima mozga pri rješavanju različitih CRD testova. Pri rješavanju testa CRD 311 (brzina reakcije na svjetlosni podražaj) bitna je aktivacija vidne pozornosti za što je posebno izražena moždana aktivnost u parijetalnom i prefrontalnom korteksu što je bliže prednjem dijelu mozga, odnosno lokaciji elektrode, pa je moguće da se zbog toga bilježi viša vrijednost BIS-a u odnosu na test CRD 11 za koji se pri

rješavanju koristi više različitih dijelova mozga zbog računanja matematičkih aritmetičkih zadataka. S obzirom da se pri rješavanju testa CRD 411 također mora koristiti više različitih regija mozga zbog kombinacije percipiranja složenih svjetlosnih podražaja u prostoru te izvršne motoričke aktivnosti koja zahtijeva koordinaciju istodobne aktivnosti gornjih i donjih ekstremiteta tijekom pritiskanja odgovarajućih pedala.

Sukladno navedenom, bilo bi dobro nastaviti istraživanje na većem broju ispitanika te možda uključiti i neke druge od brojnih ponuđenih CRD testova koji mogu biti od dodatne koristi pri finoj analizi koliko točno pojedina vrsta testa pridonosi promjenama bilježenih BIS vrijednosti. Moguće je i s proizvođačem uređaja razmijeniti informacije o algoritmu za izračunavanje BIS vrijednosti te o našim dobivenim rezultatima o zabilježenim BIS vrijednostima u razdobljima relaksacije, odnosno opuštenosti budnosti, te pri rješavanju različitih psihomotoričkih testova. Treba napomenuti da je najvažnija domena u korištenju uređaja BIS zapravo u procjeni dubine anestezije, a uloga i korist uređaja u procjeni općih stanja svijesti, odnosno različitih razina budnosti i spavanja, nije dostatno istražena.

Usporedbe uspjeha na studiju i uspješnosti rješavanja CRD testova odnosno moguće prediktivne vrijednosti CRD testova za sam uspjeh na studiju, teme su koje su nam bile od naglašene važnosti pri dizajniranju istraživanja. Stoga smo zasebno računali opći prosjek ocjena, ali i prosječne ocjene iz pet različitih skupina predmeta, temeljni predmeti (biologija, fizika i kemija/biokemija) te po dvije skupine pretkliničkih (morfološki i fiziološki) i kliničkih (internistički i kirurški) predmeti. Sve te kategorije prosječnih ocjena korelirali smo s tri navedena ishoda mjerenja brzine reakcije na tri korištena CRD testa (ukupno vrijeme trajanja testa, minimalno i prosječno vrijeme).

Ograničenja istraživanja uključuju razmjerno mali uzorak od 30 ispitanika, međutim, treba istaknuti da se radi o vrlo zahtjevnom i skupom mjerenju na dragovoljcima studentima završne godine studija medicine na Medicinskom fakultetu u Splitu kojih je ukupno svega dvostruki broj od onih koji su sudjelovali u studiji, dakle, testirana je gotovo polovica mogućih ispitanika. Pored toga, provođenje ovakvog istraživanja u samo jednom centru, odnosno na jednom fakultetu je ograničavajući čimbenik, ali je s druge strane za istraživanje povezanosti uspjeha na studiju i rješavanja psihomotoričkih testova, puno bolje koristiti ispitanike iz iste ustanove u kojoj su sustavi ocjenjivanja isti za sve jer je moguće da bi među različitim institucijama mogli imati i različite kriterije ocjenjivanja. Pored toga, za pravu procjenu povezanosti uspjeha na studiju s nekim odabranim psihomotornim testovima kojima bi se

eventualno mogla pridružiti i prediktivna vrijednost u smislu predviđanja uspješnosti studenata medicine tijekom studiranja, bolje bi bilo ne gledati samo prosječne ocjene na ispitima tijekom studija, već i druge pokazatelje uspješnosti poput relativnog ECTS ocjenjivanja, vremena od završene nastave do položenog ispita, vannastavne znanstvene aktivnosti, dodatnih procjena uspjeha u dodatku diplomi i sl. Međutim, u našem akademskom okružju još je uvijek prosječna ocjena, na žalost, najstabilnija varijabla u procjeni akademskog uspjeha tijekom studija. Također, razmjerno je bilo i kratko vrijeme provođenja istraživanja jer je vremenski bilo dosta zahtjevno i studenti su istraživanju mogli pristupiti samo onda kad nisu imali nastavne obveze. Ipak, mišljenja smo da je unatoč svih ograničenja studije nedvojbeno utvrđeno da su glavni nalazi studije u domeni vrijednosti BIS-a valjani, dok je dio istraživanja o povezanosti uspjeha na studiju i rezultata psihomotoričkih testiranja uputio na potrebu za dodatnim istraživanjima.

Zaključno, u našem istraživanju pokazano je da su zabilježene BIS vrijednosti bile značajno niže tijekom testa rješavanja aritmetičkih zadataka u usporedbi s rješavanjem testova brzine reakcije na svjetlosne podražaje i testa koordinacije ruke-noge na zadane svjetlosne podražaje. Stabilnost zabilježenih BIS vrijednosti tijekom razdoblja relaksacije prije i nakon psihomotornih testiranja govori u prilog valjanosti ovakvog istraživanja i protokola kojega smo primijenili. Povezanost brzine reakcije na korištenim računalnim psihomotoričkim CRD testovima i uspjeha na studiju procijenjenog putem prosječnih ocjena nije čvrsto dokazana u našem istraživanju. Međutim, rezultati našeg istraživanja upućuju na to da postoji naglašenija negativna povezanost između visine prosječne ocjene na ispitima iz pretkliničkih predmeta, negoli kliničkih, s korištenim psihomotoričkim testovima i to posebice s testovima rješavanja aritmetičkih zadataka te moguće brzine reakcije pri testu koordinacije gornjih i donjih ekstremiteta, negoli s rješavanjem jednostavnih testova brzine reakcije na svjetlosne podražaje. Naši rezultati također ukazuju da bi prosječne ocjene na pretkliničkim morfološkim predmetima mogle biti više povezane s testom rješavanja aritmetičkih zadataka, dok je složeni test koordinacije ruke-noge moguće više povezan s prosječnim ocjenama pretkliničkih fizioloških predmeta. Za bolju i cjelovitiju procjenu povezanosti uspjeha na studiju procijenjenog preko prosječnih ocjena na ispitima tijekom studija i rezultata na primijenjenim psihomotornim testovima potrebna su dodatna istraživanja na većem broju ispitanika i u različitim visokim učilištima.

6. ZAKLJUČCI

1. Vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom rješavanja testova brzine reakcije na svjetlosne podražaje (CRD 311) i koordinacije ruke-noge (CRD 411) nisu se značajno razlikovale u usporedbi sa vrijednostima tijekom relaksacije prije i relaksacije nakon rješavanja navedenih testova, dok su vrijednosti bispektralnog indeksa tijekom rješavanja testa brzine aritmetičkih zadataka (CRD 11) bile značajno niže od vrijednosti tijekom relaksacije prije i relaksacije nakon navedenog testa.
2. Vrijednosti bispektralnog indeksa bile su značajno niže tijekom rješavanja testa brzine aritmetičkih zadataka (CRD 11) u usporedbi s vrijednostima bispektralnog indeksa tijekom rješavanja testova brzine reakcije na svjetlosne podražaje (CRD 311) i koordinacije ruke-noge (CRD 411).
3. Za sva tri CRD testa vrijednosti bispektralnog indeksa izmjerene tijekom relaksacije prije testa nisu se značajno razlikovale od vrijednosti izmjerenih tijekom relaksacije nakon rješavanja pojedinih testova, potvrđujući da testovi nisu utjecali na izvedbu narednog testa, što dokazuje stabilnost protokola i mjerenja te da redosljed rješavanja CRD testova nije utjecao na rezultate na testovima.
4. Povezanost brzine reakcije na CRD testovima i prosječnih ocjena koje su izračunate nije čvrsto dokazana u našem istraživanju. Međutim, pokazano je da je postojala najveća negativna povezanost prosječne ocjene na ispitima iz pretkliničkih morfoloških predmeta i najbržeg rezultata na testu rješavanja aritmetičkih zadataka ($P=0,081$), te prosječne ocjene iz pretkliničkih fizioloških predmeta i najbržeg rezultata na testu koordinacije ruke-noge ($P=0,071$).

7. LITERATURA

1. Akubuilu UC, Iloh KK, Onu JU, Ayuk AC, Ubesie AC, Ikefuna AN. Academic performance and intelligence quotient of primary school children in Enugu. *Pan Afr Med J.* 2020;36:129.
2. Zhai X, Ye M, Gu Q, Huang T, Wang K, Chen Z i sur. The relationship between physical fitness and academic performance among Chinese college students. *J Am Coll Health.* 2022;70:395-403.
3. Wahlstrom KL, Owens JA. School start time effects on adolescent learning and academic performance, emotional health and behaviour. *Curr Opin Psychiatry.* 2017;30:485-90.
4. Mammadov S. Big Five personality traits and academic performance: A meta-analysis. *J Pers.* 2022;90:222-55.
5. Abebe F, Geleto A, Sena L, Hailu C. Predictors of academic performance with due focus on undernutrition among students attending primary schools of Hawa Gelan district, Southwest Ethiopia: a school based cross sectional study. *BMC Nutr.* 2017;3:30.
6. Moral-García JE, Urchaga-Litago JD, Ramos-Morcillo AJ, Maneiro R. Relationship of parental support on healthy habits, school motivations and academic performance in adolescents. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:882.
7. Bai BY, Wang ZF, Zhang RP. Childhood neglect and academic performance in Chinese adolescents: A serial mediation model. *Child Abuse Negl.* 2022;129:105642.
8. Burns RD, Pfladderer CD, Fu Y. Adolescent health behaviors and difficulty concentrating, remembering, and making decisions. *Am J Lifestyle Med.* 2019;15:664-72.
9. Burns RD, Bai Y, Fu Y, Pfladderer CD, Brusseau TA. Parent engagement and support, physical activity, and academic performance (PESPAAP): a proposed theoretical model. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16:4698.
10. van Praag H. Neurogenesis and exercise: past and future directions. *Neuromolecular Med.* 2008;10:128-40.
11. Wahlstrom KL, Owens JA. School start time effects on adolescent learning and academic performance, emotional health and behaviour. *Curr Opin Psychiatry.* 2017;30:485-90.
12. Asarnow LD, McGlinchey E, Harvey AG. The effects of bedtime and sleep duration on academic and emotional outcomes in a nationally representative sample of adolescents. *J Adolesc Health.* 2014;54:350-6.

13. Owens JA, Weiss MR. Insufficient sleep in adolescents: causes and consequences. *Minerva Pediatr.* 2017;69:326-36.
14. Alsaggaf MA, Wali SO, Merdad RA, Merdad LA. Sleep quantity, quality, and insomnia symptoms of medical students during clinical years. Relationship with stress and academic performance. *Saudi Med J.* 2016;37:173-82.
15. Suardiaz-Muro M, Morante-Ruiz M, Ortega-Moreno M, Ruiz MA, Martín-Plasencia P, Vela-Bueno A. Sueño y rendimiento académico en estudiantes universitarios: revisión sistemática (Sleep and academic performance in university students: a systematic review). *Rev Neurol.* 2020;71:43-53. Spanish.
16. Plumber N, Majeed M, Ziff S, Thomas SE, Bolla SR, Gorantla VR. Stimulant usage by medical students for cognitive enhancement: a systematic review. *Cureus.* 2021;13:e15163.
17. Chew BH, Zain AM, Hassan F. Emotional intelligence and academic performance in first and final year medical students: a cross-sectional study. *BMC Med Educ.* 2013;13:44.
18. Dong X, Kalugina OA, Vasbieva DG, Rafi A. Emotional intelligence and personality traits based on academic performance. *Front Psychol.* 2022;13:894570.
19. Jaber M, Al-Samarrai B, Salah A, Varma SR, Karobari MI, Marya A. Does general and specific traits of personality predict students' academic performance? *Biomed Res Int.* 2022;2022:9422299.
20. Pagerols M, Prat R, Rivas C, Español-Martín G, Puigbó J, Pagespetit È i sur. The impact of psychopathology on academic performance in school-age children and adolescents. *Sci Rep.* 2022;12:4291.
21. Murrihy C, Bailey M, Roodenburg J. Psychomotor ability and short-term memory, and reading and mathematics achievement in children. *Arch Clin Neuropsychol.* 2017;32:618-30.
22. Changiz T, Amouzeshi Z, Najimi A, Adibi P. A narrative review of psychomotor abilities in medical sciences: definition, categorization, tests, and training. *J Res Med Sci.* 2021;26:69.
23. Mathur S, Patel J, Goldstein S, Hendrix JM, Jain A. Bispectral index. 2023 Nov 6. In: *StatPearls (Internet)*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. PMID: 30969631.

24. Hans P, Dewandre PY, Brichant JF, Bonhomme V. Comparative effects of ketamine on Bispectral Index and spectral entropy of the electroencephalogram under sevoflurane anaesthesia. *Br J Anaesth.* 2005;94:336-40.
25. Chiang MH, Wu SC, Hsu SW, Chin JC. Bispectral Index and non-Bispectral Index anesthetic protocols on postoperative recovery outcomes. *Minerva Anesthesiol.* 2018;84:216-28.
26. Mahmood S, El-Menyar A, Shabana A, Mahmood I, Asim M, Abdelrahman H i sur. Bispectral index as a predictor of unsalvageable traumatic brain injury. *Brain Inj.* 2017;31:1382-6.
27. Qin W, Wang S, Yang L, Yuan J, Niu S, Hu W. Correlation between Bispectral index and prognosis of patients with acute cerebral infarction. *Curr Neurovasc Res.* 2021;18:389-94.
28. Žaja, I. (2011). Moždana aktivnost mjerena bispektralnim indeksom pri različitim psihomotoričkim testovima: diplomski rad. Split: Medicinski fakultet.

8. SAŽETAK

Cilj istraživanja: Ciljevi ovog istraživanja bili su uspoređivanje vrijednosti bispektralnog indeksa (BIS) tijekom rješavanja tri različita psihomotorična testa te tijekom 5-minutnih razdoblja relaksacije prije i nakon rješavanja testa. Također, cilj istraživanja bio je i utvrditi moguće postojanje povezanosti rezultata rješavanja psihomotoričnih testova ispitanih studenata s njihovim ukupnim prosječnim ocjenama na studiju medicine te iz različitih skupina predmeta.

Ispitanici i postupci: Naše istraživanje uključilo je 30 ispitanika, svi su bili studenti šeste godine Medicinskog fakulteta u Splitu. Svaki ispitanik ukupno je rješavao tri psihomotorna CRD testa, redosljed rješavanja bio je randomiziran. Prije svakog testa prvo slijedila vježba testa, zatim razdoblje relaksacije i onda se rješavao test čije smo rezultate mjerili. Nakon riješenog zadnjeg testa slijedila je još jedna relaksacija. Tijekom svih razdoblja relaksacije i rješavanja testova bilježile su se BIS vrijednosti ispitanika preko jednokratne BIS elektrode, BIS uređaja i monitora. Prosječne ocjene tijekom studija za moguću povezanost s rezultatima psihomotornih testova pribavili smo iz ISVU sustava. ANOVA testom za ponavljana mjerenja uspoređene su BIS vrijednosti tijekom sva tri psihomotorna testa, kako međusobno, tako i s razdobljima relaksacije prije i nakon određenog testa. Korelacijskom analizom izračunate su povezanosti prosječnih ocjena i zabilježenih brzina reakcije na testu. Statistička značajnost postavljena je pri $P < 0,05$.

Rezultati: Uočena je značajna razlika u BIS vrijednostima pri rješavanju tri psihomotorna testa u našem istraživanju. BIS vrijednosti bile su značajno niže pri rješavanju testa aritmetičkih zadataka (CRD 11) negoli pri rješavanju testa brzine reakcije na svjetlosne podražaje (CRD 311) ili testa koordinacije ruke-noge (CRD 411). Pored toga, BIS vrijednosti tijekom rješavanja CRD 11 testa bile su značajno niže u usporedbi s relaksacijom prije i relaksacijom nakon navedenog testa, dok u ostala dva testa to nije bio slučaj. Nije bilo značajne razlike u BIS vrijednostima tijekom relaksacije prije i relaksacije nakon riješenih navedenih testova za sva tri CRD testa. Povezanost izračunatih prosječnih ocjena s rezultatima CRD testova nije bila statistički značajna, mada je vrlo blizu granične razine značajnosti bila CRD 11 s prosječnom ocjenom pretkliničkih morfoloških predmeta ($P=0,081$) te negativna povezanost brzine rješavanja testa CRD 411 s prosječnom ocjenom pretkliničkih fizioloških predmeta ($P=0,071$).

Zaključak: Ovo istraživanje potvrđuje da su BIS vrijednosti bile značajno niže tijekom rješavanja testa rješavanja aritmetičkih zadataka u usporedbi s testom brzine reakcije na svjetlosni podražaj i testom koordinacije ruke-noge u studenata medicine u našem istraživanju. Stabilnost zabilježenih BIS vrijednosti tijekom razdoblja relaksacije prije i nakon

psihomotornih testiranja govori u prilog valjanosti ovakvog istraživanja i protokola kojega smo primijenili. Za procjenu povezanosti uspjeha na studiju (gledanog samo preko prosječnih ocjena na ispitima tijekom studija) naši preliminarni rezultati govore da su ocjene iz pretkliničkih predmeta bile više povezane s rezultatima psihomotornih testova koje smo primijenili od ocjena iz kliničkih predmeta. Naši rezultati također ukazuju da bi prosječne ocjene na pretkliničkim morfološkim predmetima mogle biti više povezane s testom rješavanja aritmetičkih zadataka, dok je složeni test koordinacije ruke-noge moguće više povezan s prosječnim ocjenama pretkliničkih fizioloških predmeta. Za bolju i cjelovitiju procjenu povezanosti uspjeha na studiju procijenjenog preko prosječnih ocjena na ispitima tijekom studija i rezultata na primijenjenim psihomotornim testovima potrebna su dodatna istraživanja na većem broju ispitanika i u različitim visokim učilištima.

9. SUMMARY

Diploma thesis title: Bispectral Index values during psychomotor tests and relationship with academic success at the Faculty of Medicine.

Objective of the Study: The objectives of this study were to compare the bispectral index (BIS) values during the solving of three different psychomotor tests and during the 5-minute relaxation periods before and after solving the test. Also, the goal of the research was also to determine the possible existence of a connection between the results of solving psychomotor tests of the examined students and their overall average grades in the study of medicine and the different groups of subjects.

Subjects and methods: Our research included 30 participants, all whom were sixth year students at the Faculty of Medicine in Split. Each subject solved a total of three psychomotor CRD tests, the order of solving was randomized. Before each test, there was a practice of the test, then a relaxation period, which was followed by solving the test, the results of which were measured. After solving the last test, another relaxation followed. During all periods of relaxation and test solving, the subjects' BIS values were recorded using a disposable BIS electrode, BIS device and monitor. We obtained the average grades during the study from the ISVU system for a possible connection with the results of the psychomotor tests. ANOVA test for repeated measurements was used to compare BIS values during all three psychomotor tests, both with each other and with relaxation periods before and after a certain test. Correlation analysis was used to calculate the correlation between average grades and recorded reaction speeds on the test. Statistical significance was set at $P < 0.05$.

Results: A significant difference in BIS values was observed during the solving of three psychomotor tests in our research. BIS values were significantly lower when solving the test of arithmetic tasks (CRD 11) than when solving a test of speed of reaction to light stimuli (CRD 311) or a test of hand-leg coordination (CRD 411). In addition, BIS values while solving the CRD 11 test were significantly lower compared to the relaxation before and after the mentioned test, while this was not the case in the other two tests. There was no significant difference in BIS values during the relaxation before and the relaxation after solving the mentioned tests for all three CRD tests. The correlation between the calculated average grades and the results of the CRD tests was not statistically significant, although the CRD 11 with the average score of the preclinical morphology subjects ($P=0.081$) and the negative correlation of the speed of solving the CRD 411 test with the average score of the preclinical physiology subjects was very close to the threshold level of significance ($P=0,071$).

Conclusion: This research confirms that BIS values were significantly lower during arithmetic problem solving test compared to light stimulus reaction speed test and arm-leg coordination test in medical students in our research. The stability of recorded BIS values during the relaxation period before and after psychomotor testing speaks in favor of the validity of this kind of research and the protocol we applied. In order to assess the correlation of success at the study (viewed only through the average grades on the exams during the study), our preliminary results show that the grades from the preclinical subjects were more related to the results of the psychomotor tests that we applied than the grades from the clinical subjects. Our results also indicate that the average scores on the preclinical morphology subjects could be more related to the arithmetic problem solving test, while the complex hand-foot coordination test is possibly more related to the average scores on the preclinical physiology subjects. For a better and more complete assessment of the connection between success at the study, assessed through the average grades on the exams during the studies, and the results on the applied psychomotor tests, additional research is needed on a larger number of subjects and in different universities.