

# Utjecaj deprivacije spavanja na kognitivne i psihomotorne sposobnosti studenata Medicine u Splitu

---

Đula, Lorena

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:171:504421>

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

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



Repository / Repozitorij:

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Lorena Đula**

**UTJECAJ DEPRIVACIJE SPAVANJA NA KOGNITIVNE I PSIHOMOTORNE  
SPOSOBNOSTI STUDENATA MEDICINE U SPLITU**

**Diplomski rad**

**Akadska godina:  
2021./2022.**

**Mentor:  
prof. dr. sc. Maja Valić, dr. med.**

**Split, srpanj 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Lorena Đula**

**UTJECAJ DEPRIVACIJE SPAVANJA NA KOGNITIVNE I PSIHOMOTORNE  
SPOSOBNOSTI STUDENATA MEDICINE U SPLITU**

**Diplomski rad**

**Akadska godina:  
2021./2022.**

**Mentor:  
prof. dr. sc. Maja Valić, dr. med.**

**Split, srpanj 2022.**

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 1.1. Fiziologija spavanja.....   | 2  |
| 1.1.1. Utjecaj spavanja na organske sustave.....                                     | 2  |
| 1.2. Stadiji spavanja.....   | 4  |
| 1.2.1. Non-REM spavanje .....  | 4  |
| 1.2.2. REM spavanje.....   | 5  |
| 1.3. Regulacija ciklusa budnosti i spavanja.....                                     | 6  |
| 1.3.1. Dvoprocetni model regulacije spavanja i budnosti .....                        | 6  |
| 1.3.2. Neuronalne mreže koje sudjeluju u prijelazima između spavanja i budnosti..... | 9  |
| 1.4. Deprivacija spavanja .....  | 10 |
| 1.5. Psihomotorne i kognitivne sposobnosti.....                                      | 12 |
| 1.5.1. Psihomotorne sposobnosti .....  | 12 |
| 1.5.2. Kognitivne sposobnosti .....  | 12 |
| 1.5.3. Utjecaj deprivacije spavanja na psihomotorne i kognitivne sposobnosti .....   | 13 |
| 1.6. CRD uređaj.....   | 15 |
| 1.6.1. CRD – serija testova kompleksni reakciometar Drenovac .....                   | 15 |
| 1.6.2. Predmet mjerenja testova CRD serije.....                                      | 15 |
| 1.6.3. CRD instrumenti uporabljeni u ovom istraživanju.....                          | 16 |
| 2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....   | 17 |
| 3. ISPITANICI I METODE .....   | 19 |
| 3.1. Ispitanici .....  | 20 |
| 3.2. Mjesto istraživanja .....   | 20 |
| 3.3. Organizacija i opis istraživanja .....  | 20 |
| 3.3.1. CRD testiranje .....  | 20 |
| 3.3.2. Upitnik o spavanju.....   | 21 |

|   |    |
|---|----|
| 3.3.3. Upitnik „Jeste li jutarnji ili večernji tip“ ..... | 22 |
| 3.3.4. Pittsburgh sleep quality index (PSQI) .....        | 22 |
| 3.4. Metode prikupljanja i obrade podataka .....          | 22 |
| 3.5. Statistička obrada podataka .....                    | 23 |
| 4. REZULTATI.....   | 24 |
| 4.1. Demografska obilježja ispitanika .....               | 25 |
| 4.2. Usporedba navika spavanja i pospanosti.....          | 26 |
| 4.3. Rezultati CRD testiranja.....                        | 27 |
| 5. RASPRAVA.....  | 32 |
| 6. ZAKLJUČCI.....   | 37 |
| 7. LITERATURA.....  | 39 |
| 8. SAŽETAK.....   | 46 |
| 9. SUMMARY .....  | 48 |
| 10. ŽIVOTOPIS .....                                       | 50 |

*Zahvaljujem se svojoj mentorici prof. dr. sc. Maji Valić na susretljivosti, razumijevanju i podršci tijekom pisanja ovog rada. Zahvaljujem se i doc. dr. sc. Ivani Pavlinac-Dodig te dr. sc. Lindi Lušić Kalcina na pomoći.*

*Neizmjerno sam zahvalna svojim roditeljima i obitelji. Vi ste moj oslonac i najveće bogatstvo.*

*Hvala kolegama koji su sudjelovali u ovom istraživanju i svim ostalim prijateljima. Bilo je teško al' bilo je lipo!*

## POPIS KRATICA

REM – engl. *rapid eye movement*

non-REM – engl. *non-rapid eye movement*

EEG – elektroencefalogram

SCN – suprahijazmatska jezgra (engl. *suprachiasmatic nucleus*)

ATP – adenzin-3-fosfat

VLPO – ventrolateralna preoptička jezgra (engl. *ventrolateral preoptic nucleus*)

ARAS - uzlazni retikularni aktivacijski sustav (engl. *ascending reticular activating system*)

TMN – tuberomamilarna jezgra (engl. *tuberomamillary nucleus*)

GABA – gama aminomaslačna kiselina (engl. *gamma aminobutyric acid*)

PVT – test psihomotornog vigiliteta (engl. *psychomotor vigilance task*)

CRD – engl. *Complex reactionmeter Drenovac*

SŽS – središnji živčani sustav

SSS – Stanfordova ljestvica pospanosti (engl. *Stanford Sleepiness Scale*)

MEQ – engl. *morningness-eveningness questionnaire*

PSQI – Pittsburgh upitnik kvalitete spavanja (engl. *Pittsburgh Sleep Quality Index*)

UKT – ukupno vrijeme rješavanja testa (engl. *total test solving time*)

MedT – prosječno vrijeme rješavanja testa (engl. *median single task solving time*)

MinT – najkraće vrijeme rješavanja zadatka pojedinog testa (engl. *minimal single task solving time*)

SB – startni balast (engl. *start ballast*)

ZB – završni balast (engl. *end ballast*)

SB/ZB – indeks izdržljivosti

BrPog – ukupan broj pogrešaka na testu

## **1. UVOD**



## 1.1. Fiziologija spavanja

Spavanje je obilježje života. U toj biološki neophodnoj aktivnosti uživamo, no svakome, barem ponekad, zadaje probleme. Spavanje nam daruje prigodu da predahnemo, obnovimo energiju, ojačamo i nastavimo dalje, osiguravajući tako bolju fizičku i mentalnu spremnost za sljedeći dan ali i dugoročno. Opažamo ga u prirodi svugdje oko nas, a čak i jednostavni višestanični organizmi usklađeno izmjenjuju svoje ponašanje, etiološki gledano, ritmično osciliraju u svojoj pobuđenosti (1). Razvijeniji oblici života posebno manifestiraju kontrast između pojačane aktivnosti i gotovo potpune smirenosti. Takvi obrasci su nam prirođeni, usađeni u naš genom, a geni za koje znamo da upravljaju našim satnim mehanizmima nazivaju se upravo *Clock* geni. Preferirano vrijeme spavanja, ili kronotip, manifestacija je našeg unutarnjeg biološkog sata (2). Glede toga, često se za nekoga zna reći da je „jutarnja ptica“ ili „noćna sova“. Iako ljudska bića provode jednu trećinu života spavajući, funkcija tog misterioznog stanja još uvijek nije potpuno rasvijetljena. Spavanje se opisuje kao normalni privremeni izostanak svjesnosti, a elektrofiziološki obilježeno je pojavom tipičnih moždanih valova na elektroencefalogramu. Međutim, spavanje nipošto nije samo rezultat smanjenja moždane aktivnosti jer je mozak u REM spavanju (engl. *rapid eye movement*) aktivan gotovo kao i u budnosti. Pravilnije je reći da je spavanje slijed egzaktno nadziranih fizioloških stanja čijim tijekom upravlja skupina jezgara u moždanom deblu, koja ima globalne projekcije u mozgu i kralježničnoj moždini (3). Ovo reverzibilno stanje karakteriziraju ležeći položaj, zatvorene oči, reducirani pokreti i smanjeni odgovor na unutarnje i vanjske podražaje (1). Nekoliko čimbenika utječe na ukupni iznos spavanja, a među njima su genetika, spol, okolišni čimbenici, endogeni cirkadijani ritmovi i vrijeme provedeno u budnom stanju. Odrasli ljudi u prosjeku spavaju 7 do 8 sati. Novorođenčad spava 17 i više sati na dan dok, s druge strane, stariji ljudi spavaju kraće i pliće, a dug spavanja „nadoknađuju“ drijemanjem tijekom dana.

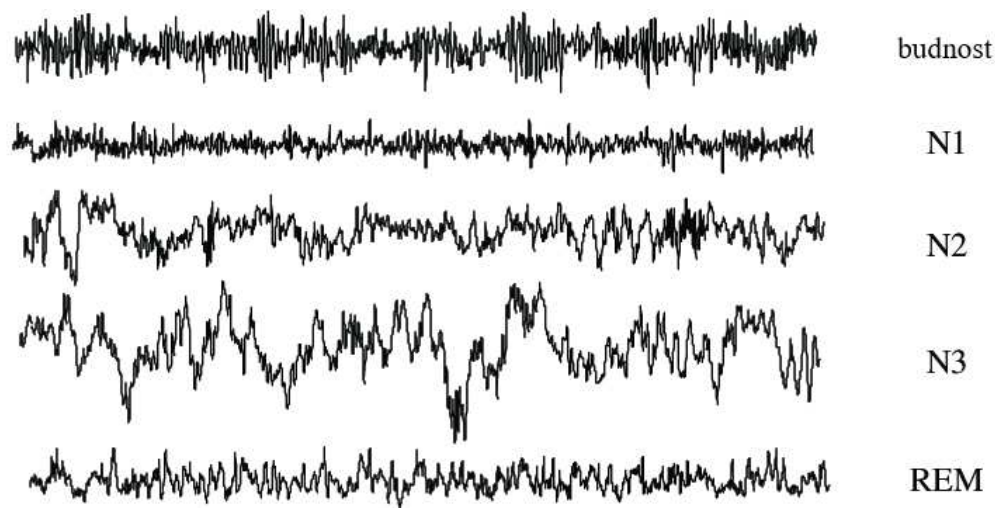
### 1.1.1. Utjecaj spavanja na organske sustave

Iako šira populacija spavanje obično poima kroz očuvanje i regeneraciju energije, što je i točno jer je jedna od njegovih uloga nadopuna moždanih zaliha glikogena, spavanje utječe na gotovo svaki djelić ljudskog organizma. Pri usnivanju mišići se postupno počinju relaksirati, a napredovanjem u dublje stadije spavanja mišići postaju posve mlohavi. Strukturirani bihevioralni postupci koji se temelje na međuodnosu kognitivnih i lokomotornih obrazaca u budnosti i spavanju daju korisne savjete svjesnoga tjelesnog opuštanja prije spavanja jer smanjeni mišićni tonus ima za posljedicu smanjeni tonički i senzorni podražaj, koji je, imajući u vidu njegov cerebralni *input*, razbuđujući dok traje, a uspavljujući kad izostane (1). U REM

stadiju (engl. *rapid eye movement*) tijelo je gotovo potpuno paralizirano, a aktivni su samo respiracijski i vanjski očni mišići. Relativna hipotonija respiracijskih mišića i mišića ždrijela te promjene držanja tijekom spavanja kolapsibilnošću doprinose hipoventilaciji (4). Iako je sporovalno spavanje obilježeno smanjenjem frekvencije i krvnog tlaka, prilikom pokreta tijela ili buđenja dolazi do povećanja krvnog tlaka i frekvencije, a isto se opaža i u REM fazi spavanja. Moždani protok krvi i metabolizam smanjuju se tijekom non-REM (engl. *non-rapid eye movement*) spavanja, a povećavaju tijekom REM spavanja (5). Također, smatra se da mozak pri REM sanjanju nadograđuje novu i rekonstruira prethodnu memoriju te da su snovi slučajna posljedica procesa preslagivanja i učvršćivanja pamćenja tijekom REM-a (1). Tijekom spavanja dolazi i do smanjenja aktivnosti mokraćnog sustava. Urin, pod utjecajem renalnog protoka, glomerularne filtracije, antidiuretskog hormona i simpatičkog sustava, tijekom spavanja postaje koncentriraniji, a njegova količina se smanjuje. Regulacija i metabolizam nekoliko hormona pod utjecajem je interakcije spavanja i intrinzičnog cirkadijanog sustava (6). Neki od tih hormona su: hormon rasta, melatonin, kortizol, leptin i grelin. U odraslih, lučenje hormona rasta je najviše nedugo nakon početka spavanja, a njegova razina povećava se pojačavanjem sporovalne aktivnosti (7). Melatonin ima zadatak prenijeti tijelu informacije o dnevnom ciklusu svjetla i tame te tako igra važnu ulogu u indukciji spavanja. Kortizol također pokazuje cirkadijanu ritmičnost; njegove koncentracije rapidno rastu sredinom noći, a vršna se koncentracija dostiže nakon buđenja. Dodatno, smatra se da sporovalno spavanje ima inhibirajući učinak na sekreciju kortizola. Grelin je također važan za regulaciju spavanja, a studija na zdravim muškarcima otkrila je da grelin potiče sporovalno spavanje (8). Što se tiče leptina, dosadašnja literatura nije postigla konsenzus oko njegove povezanosti s cirkadijanim ritmom. Čini se da je i lučenje spolnih hormona povezano sa spavanjem. Tijekom luteinizirajuće faze, u komparaciji s folikularnom fazom menstrualnog ciklusa, u zdravih žena smanjuje se trajanje REM faze, a povećava trajanje druge faze spavanja, međutim, to ne izaziva promjene u kvaliteti i sklonosti spavanju (9). U odraslih muškaraca primijećeno je blago povećanje gonadotropina tijekom noćnog spavanja. Na poslijetku, smatra se kako su regulacija spavanja i termoregulacija međusobno povezani te da je ciklus spavanja i budnosti povezan s cirkadijanim ritmom bazalne tjelesne temperature (9). Spavanjem, u odnosu na aktivnost, noću trošimo manje energije na zagrijavanje tijela jer upravo u tom dijelu dana temperatura tijela doseže svoj minimum.

## 1.2. Stadiji spavanja

Električna aktivnost moždane kore različita je u različitim fazama i stadijima ciklusa budnosti i spavanja (10). Te različite vidove električne aktivnosti možemo zamijetiti i obilježiti kao elektroencefalografske (EEG) valove, kao izazvane (evocirane) potencijale ili kao zasebnu aktivnost raznovrsnih neurona (10). Temeljna obilježja ciklusa budnosti i spavanja određena su EEG valovima koji odražavaju aktivnost talamokortikalnog sustava (Slika 1). Temeljem toga, spavanje se dijeli na dva osnovna dijela: non-REM i REM. Ukupno gledano, postojalo je pet stadija spavanja: četiri non-REM stadija te REM stadij spavanja. Međutim, prema novijoj klasifikaciji Američke akademije medicine spavanja (engl. *American Academy of Sleep Medicine*, AASM), non-REM spavanje čine tri stadija (N1, N2, N3), a REM spavanje označava se kao stadij R (11).



**Slika 1.** EEG zapis u pojedinim stadijima spavanja. Preuzeto iz: Khalighi et Sousa, 2013. (12)

### 1.2.1. Non-REM spavanje

Faze spavanja I-IV (ili N1-N3) nazivaju se non-REM spavanje (spavanje bez brzih pokreta očiju) nakon kojih nastupa REM spavanje. Prva faza spavanja je faza površnog ili laganog spavanja kada nastaju polagani pokreti očnih jabučica. U toj se fazi lagano budi i ponovno zaspe, mišići pokazuju smanjenje tonusa, a mogu se pojaviti trzajevi udova i tijela tzv. hipnički mioklonus (13). Ova faza non-REM spavanja karakterizirana je smanjenjem EEG frekvencije (4-8 Hz) i povećanjem amplitude (50-100  $\mu$ V) što se naziva theta valovima. Razdoblje usnivanja zatim postupno prelazi u drugu fazu spavanja za koju je svojstveno dodatno sniženje frekvencije EEG valova i povećanje amplitude. Tada se povremeno pojavljuju šiljasti valovi frekvencije 7-14 Hz čije se amplitude naizmjenice povećavaju i smanjuju, a

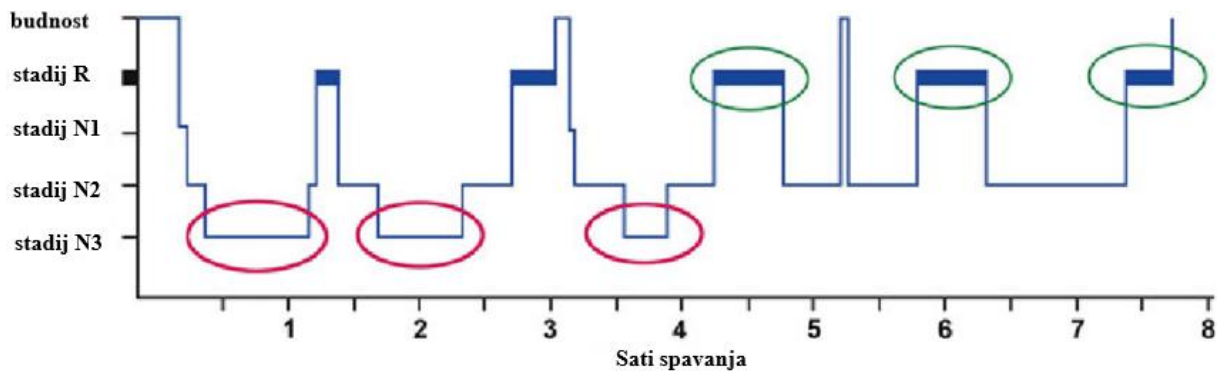
označavaju se kao vretena spavanja (*engl. sleep spindles*). Vretena spavanja su znak sinkronizacije EEG valova na početku spavanja, a nastavljaju se u kasnijim stadijima sporovalnog spavanja kao periodični umetci u spore delta valove (10). Nova klasifikacija treću i četvrtu fazu integrira u jednu, treću fazu non-REM spavanja, koja zajednički označava duboko, sporovalno spavanje. EEG se tada dominantno sastoji od sporih valova vrlo niskih frekvencija (0,5 – 4 Hz) i visoke amplitude (100-150  $\mu$ V) koji se nazivaju delta valovima. Nakon dosezanja ove faze, iz koje je osobu teško probuditi, slijedi razdoblje REM spavanja.

### 1.2.2. REM spavanje

REM spavanje karakterizirano je niskovoltažnom aktivnosti visoke frekvencije. Ovaj zapis, kao i zapis u budnom stanju, odgovara desinkronizaciji EEG-a te ih je temeljem toga teško razlikovati. U oba stanja oči se intenzivno pokreću, dok su za REM spavanje tipični šiljasti valovi velike amplitude koji su vezani uz očne pokrete (ponto-genikulo-okcipitalni valovi). Glavni razlikovni znak REM spavanja u odnosu na budno stanje jest smanjen tonus većine skeletnih mišića uz promijenjenu mentalnu aktivnost. Prelaskom u REM fazu, disanje postaje nepravilno i ubrzano, krvni tlak raste, tonus mišića opada, a u muškaraca se može pojaviti erekcija. Za REM spavanje svojstvena je i veća učestalost sanjanja, jedinstvenog stanja svjesnosti koje obuhvaća određene aspekte pamćenja i halucinacija u smislu da iskustvo sna nije povezano s odgovarajućim osjetnim podražajima koji dolaze iz stvarne okoline (3). U vrijeme trajanja REM-a unatoč nesumnjivu sanjarenju, upamćivanje snova nije moguće jer moždane polutke međusobno oslabljeno komuniciraju zbog toga što je korpus kalozum gotovo isključen (1). Tek pri buđenju iz REM faze osoba se obično može sjetiti što je sanjala, a snovi su nerijetko bizarni i živopisni te se mogu racionalno nadopunjavati (*engl. dreamediting*). Za razliku od toga, ispitanici probuđeni iz non-REM spavanja rjeđe sanjaju, a ako sanjaju snovi su konceptualniji i manje nabijeni emocijama.

Spavanje zdrave odrasle osobe počinje non-REM spavanjem (stadiji N1-N3 tj. I-IV), a prvi REM stadij obično se javlja nakon 60 do 90 minuta spavanja. To čini jedan ciklus spavanja koji traje oko 90 do 100 minuta. Prvi ciklus spavanja sadržava vrlo kratku REM fazu, a dugi period dubokog spavanja. Kasnije REM faza postaje sve dulja, a faza dubokog spavanja sve kraća (Slika 2) (13). U prosjeku, spavač pola noći provede u drugoj fazi, 25% u REM-spavanju, a 20-25% u trećoj fazi spavanja (10). U novorođenačkoj i dojenačkoj dobi REM zauzima oko polovice od šesnaestosatnog do dvadesetosatnog dnevno-noćnog spavanja te je tada u ravnoteži s dubokim spavanjem (1). Odrastanjem, REM se progresivno skraćuje, što korelira s engramiranjem i usvajanjem iskustva, od bazičnih obrazaca kojima moramo ovladati, do

ranopubertetske, predkreativne i kreativne kompetentnosti (1). Većina znanstvenika koja se bavi ovim područjem prihvaća ideju kako je uloga non-REM spavanja barem djelomično obnavljajuća, a kako je REM spavanje primarno odgovorno za učvršćivanje memorije.

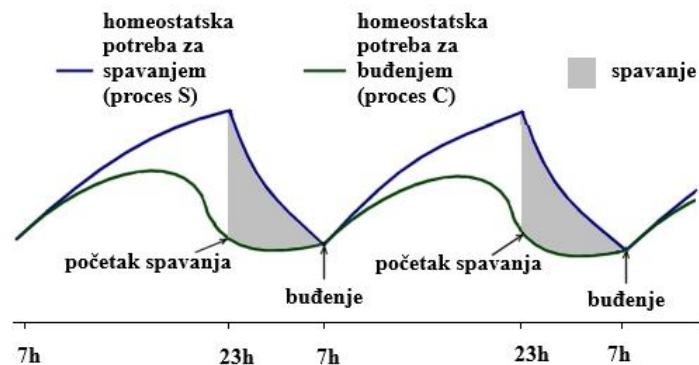


**Slika 2.** Normalni hipnogram odraslog čovjeka. Preuzeto iz: Pandi-Perumal et Spence, 2014. (14)

### 1.3. Regulacija ciklusa budnosti i spavanja

#### 1.3.1. Dvoprocetni model regulacije spavanja i budnosti

Budnost i spavanje događaju se periodično, u određeno vrijeme, tijekom 24-satnog ciklusa izmjenjivanja svjetlosti i tame (15). Ova dva različita stanja proizlaze iz međudjelovanja cirkadijanog i homeostatskog utjecaja na spavanje, što se naziva dvoprocetnim modelom regulacije budnosti i spavanja kojeg je predložio Alexander Borbely osamdesetih godina prošlog stoljeća. On se sastoji od procesa C, odnosno cirkadijanog ritma, i od procesa S, odnosno homeostaze budnosti i spavanja. Ovi biološki mehanizmi u međusobnoj su interakciji i balansu (Slika 3).



**Slika 3.** Regulacija spavanja i budnosti: međudjelovanje homeostatskog poriva za spavanjem (proces S) i cirkadijanog sustava budnosti i spavanja (proces C). Sliku izradio Luke Mastin prema radu Borbely et al. 1982.

Ciklične promjene aktivnosti temeljno su obilježje života ljudi i drugih sisavaca. U zdravih ljudi, svi su cirkadijani ciklusi međusobno usklađeni pa je logična pretpostavka da njima upravlja jedan te isti unutarnji biološki sat. Biološki sat ima slobodan ritam koji ne iznosi točno 24 sata, pa ga svakog dana treba iznova podesiti (10). Taj endogeni cirkadijani pacemaker lokaliziran je u suprahijazmatskim jezgrama hipotalamusa (engl. *suprachiasmatic nucleus*, SCN) te upravo on pogoni proces C, a koristi okolišno svjetlo kao sinkronizator. Receptori koji zamjećuju promjene svjetla nalaze se u mrežnici, što je dokazano činjenicom da uklanjanje ili pokrivanje očiju uklanja sposobnost foto-usklađivanja (3). Stanice koje prenose tu informaciju nalaze se u ganglijskom sloju stanica mrežnice te sadržavaju fotopigment koji se naziva melanopsin, a svjetlo ih depolarizira. Tada se iz njih otpušta glutamat te se putem retinohipotalamičkoga trakta projicira u SCN, jezgru prednjeg hipotalamusa koja predstavlja središnju kontrolu cirkadijanog ciklusa. Aktivacija SCN-a pobuđuje odgovore u paraventricularnoj jezgri hipotalamusa i konačno preganglijskih simpatičkih neurona u intermediolateralnoj zoni lateralnih rogova torakalne kralježnične moždine. Ti preganglijski neuroni moduliraju neurone gornjeg cervikalnog ganglija čija postganglijska vlakna projiciraju u epifizu u središnjoj crti u blizini dorzalnog talamusa. Ovim polisinaptičkim projekcijama, SCN inhibira aktivnost gornjeg cervikalnog ganglija, koji opskrbljuje epifizu ekscitacijskim neurotransmiterom noradrenalinom. Na taj način svjetlo suprimira proizvodnju melatonina (N-acetil-5metoksitriptamin) iz triptofana u epifizi. Suprotno, sinteza melatonina doseže maksimum noću kada je osvjetljenje okoline najmanje pa tako potiče spavanje modulirajući

aktivnost SCN putem melatonin 1 (MT<sub>1</sub>) i melatonin 2 (MT<sub>2</sub>) receptora. Kako epifiza starijih ljudi stvara manje melatonina, smatra se da bi to mogao biti jedan od razloga zašto oni spavaju kraće. Također, pripravci melatonina mogu se rabiti za liječenje nesаницe te za ublažavanje simptoma pri putovanju kroz vremenske zone (engl. *jet lag*) (9). SCN predstavlja vrh hijerarhije koja upravlja cikličkim fiziološkim funkcijama, uključujući ciklus spavanje-budnost, tjelesnu temperaturu, izlučivanje hormona, stvaranje urina itd. Varijable kao što su temperatura tijela i melatonin u plazmi služe kao pouzdani markeri faza cirkadijanog procesa (9).

Homeostatska komponenta (proces S) opisuje povećanu potrebu za spavanjem (engl. *sleep pressure*) tijekom razdoblja budnosti, dok nakon razdoblja spavanja dolazi do smanjena potrebe za spavanjem. (9). Mogli bismo reći, što smo dulje aktivni dublje spavamo, tj. nakon deprivacije spavanja na EEG-u se može uočiti povećanje delta aktivnost. S druge strane, što duže spavamo, smanjuje se potreba za spavanjem, a vjerojatnost buđenja se povećava. Također, kratko spavanje tijekom dana rezultira smanjenjem sporovalnog spavanja tijekom noćnog spavanja (9). Proces S ovisi o nakupljanju hipnogenih supstanci u mozgu koje, ovisno o vremenu provedenom u spavanju ili budnosti, limitiraju ili generiraju poriv za spavanjem. Postoje mnoge tvari koje se smatraju hipnogenim supstancama kao što su adenzin, dušikov monoksid, različiti citokini, prostaglandini i interleukini. Najvažnija od njih je svakako adenzin čija se količina povećava tijekom budnosti što ima za posljedicu povećavanje potrebe za spavanjem. Suprotno, tijekom spavanja, razina adenozina se smanjuje, a time i potreba za spavanjem. Različiti mehanizmi doprinose porastu količine adenozina. Povećana energetska potražnja tijekom budnosti dovodi do razgradnje energetski bogatih spojeva kao npr. adenozin-tri-fosfata (ATP) pomoću 5'-nukleotidaze i transporta adenozina u izvanstanični prostor pomoću specijaliziranih prijenosnika ovisnih o natriju (15). Adenzin može nastati i u izvanstaničnom prostoru hidrolizom ATP-a pomoću ekto-nukleotidaza koji se oslobađa iz sinaptičkih vezikula zajedno s glutamatom. Dodatno, i glutamat i ATP mogu se oslobađati izravno iz astrocита. Adenzin umanjuje aktivnost neurona koji potiču budnost u moždanom deblu, bazalnom prednjem mozgu i hipotalamusu te može doprinijeti kortikalnoj disfacilitaciji, obliku inhibicije zbog smanjenog aktivirajućeg unosa iz uzlaznih kolinergičkih i monoaminergičkih putova (15). Štoviše, adenzin potiče spavanje blokiranjem inhibicijskih inputa neurona koji dolaze prema VLPO (engl. *ventrolateral preoptic nucleus*) području hipotalamusa (16). Određene supstance, poput kofeina, neselektivnog kompetitivnog antagonista adenozinskih A<sub>1</sub> i A<sub>2A</sub> receptora, ometaju ovaj proces.

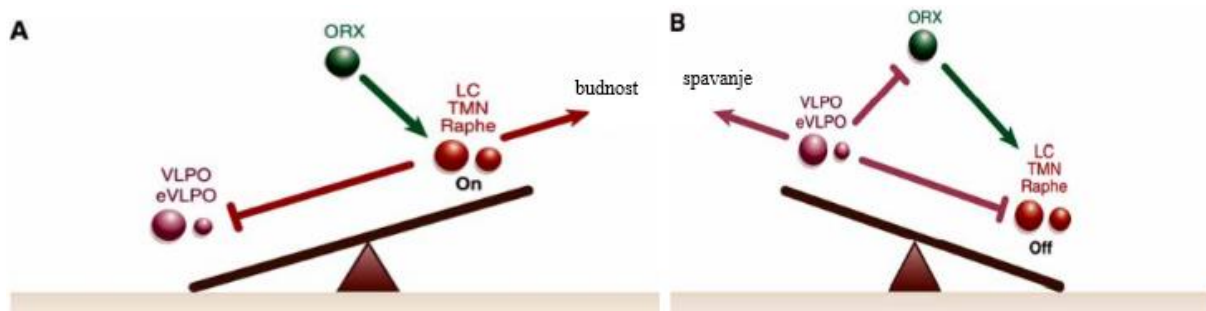
Zaključno, homeostatski proces nas čini pospanijima kako odmiče dan i vrijeme provedeno u budnom stanju bez obzira je li dan ili noć, a cirkadijani sustav ima tendenciju da nas drži budnima sve dok ima dnevnog svjetla, što nas tjera na spavanje čim padne mrak (Slika 3) (17). Njihova neusklađenost ima negativan utjecaj na kognitivne sposobnosti i zdravlje općenito. Nedavna istraživanja pokazala su kako dvoprocesni model ipak nije potpuno neovisan te da ovisi o ekspresiji *Clock* gena. To su *core clock* gen (*Per2*), koji povećava ekspresiju nakon deprivacije spavanja, i *clock-controlled* gen (*Dbp*), koji snižava ekspresiju nakon deprivacije spavanja (9). Znanstvenici sugeriraju kako *Per2* može biti pogonjen obama procesima i da na taj način može predstavljati sponu između procesa C i S.

### 1.3.2. Neuronalne mreže koje sudjeluju u prijelazima između spavanja i budnosti

Osim SCN, postoje mnogi neuronski krugovi u kojima periodički dolazi do promjene u ravnoteži ekscitacije i inhibicije pa tako sudjeluju u regulaciji spavanja i budnosti. Električna stimulacija skupine neurona blizu spoja ponsa i mezencefalona izaziva stanje budnosti, a to područje moždanog debla nazvano je retikularni aktivacijski sustav. Uzlazne projekcije retikularne formacije aktiviraju moždanu koru i tako održavaju budnost, a taj sustav naziva se uzlazni retikularni aktivacijski sustav (engl. *ascending reticular activating system*, ARAS) (10). Njega sačinjavaju kolinergički neuroni laterodorzalne tegmentalne jezgre i pedunkulopontine jezgre, noradrenalinski neuroni iz *locus coeruleus*, serotoniniski neuroni iz *nucleus raphe*, histaminski neuroni u tuberomamilarnoj jezgri (TMN) hipotalamusa, dopaminski neuroni dorzalne rafe jezgre te neuroni moždanog debla i hipotalamusa koji sadrže glutamat. Smatra se kako je aktivnost upravo tih neurona jedan od uzroka budnosti i REM spavanja, a da njihova neaktivnost ima ulogu u stvaranju non-REM spavanja. Dodatno, neuroni lateralnog hipokampusa luče peptid oreksin, poznat kao hipokretin, te tako aktiviraju TMN, *raphe nuclei* i *locus coeruleus* što također potiče budnost. Ove neuronske krugove povremeno inhibiraju neuroni u ventrolateralnoj preoptičkoj jezgri (VLPO) hipotalamusa koji luče galanin i gama-aminomaslačnu kiselinu (engl. *gamma aminobutyric acid*, GABA) pa tako djeluju uspavljujuće. Ukratko, monoaminski i kolinergički sustavi aktivni su tijekom budnog stanja, a njihova smanjena aktivnost uzrokuje non-REM spavanje (3). Učinci ovih neuronskih mreža postižu se interakcijom između talamusa i kore mozga putem moždanog debla. Tako nastaje karakterističan EEG zapis koji odražava moždanu funkciju u rasponu od dubokog spavanja do visoke pozornosti. Interakcija neurona koji uzrokuju spavanje (VLPO) i noradrenalinskih, serotoniniskih te kolinergičkih sustava budnosti je recipročno inhibirajuća. Ovaj odnos opisan



je kao bistabilni „flip-flop“ mehanizam (Slika 4) u kojemu dvije komponente snažno inhibiraju jedna drugu kako bi proizveli stabilne i brze tranzicije između spavanja i budnosti (18).



**Slika 4.** Shematski prikaz tzv. flip-flop sklopke između budnosti i spavanja (VLPO – ventrolateralna preoptička jezgra, ORX – oreksinski neuroni, LC – *locus coeruleus*, TMN – tuberomamilarna jezgra, Raphe – rafe jezgre). Preuzeto iz Shwartz i Roth, 2008. (18)

#### 1.4. Deprivacija spavanja

Opće je poznato da je dostatno i neometano spavanje bitno za dobrobit pojedinca. Više čimbenika može uzrokovati ili pridonijeti nedostatku spavanja, uključujući lošu higijenu spavanja, izbor načina života, radne obveze, poremećaje spavanja i druga zdravstvena stanja (19). Postojeći globalni trendovi nameću cjelodnevnu dostupnost pa tako ljudi rade i ostaju aktivni izvan uobičajenog doba dana što skraćuje vrijeme spavanja i odmora. Restrikcija spavanja, iako podcijenjena, zadnjih se godina nametnula kao javnozdravstveni problem zbog utjecaja na brojne sfere ljudskog života. Sama definicija deprivacije spavanja nije koncizna. Kako odrasle osobe obično spavaju sedam do osam sati, deprivacija spavanja odnosi se na ukupnu količinu spavanja manju od navedenog. Međutim, pojedinac može spavati sveukupno osam sati ali sa mnogo malih prekida, a ta fragmentacija spavanja uzrokovat će nedostatan oporavak. Deprivacija spavanja može biti akutna, ako traje nekoliko dana ili manje, te kronična, ako perzistira 3 ili više mjeseci. Također, može biti djelomična (često definirana kao spavanje kraće od 6 sati), kratkoročna (do 45 sati provedeno u budnom stanju) i dugoročna (više od 45 sati provedeno u budnom stanju). Znanstvena istraživanja pokazala su kako bilo koja od ovih razina deprivacije spavanja akutno utječe na emocionalne, bihevioralne i fiziološke funkcije organizma. I psihomotorne sposobnosti pod snažnim su utjecajem spavanja. Tako se, i nakon samo 17 sati budnosti, psihomotorne funkcije izjednačavaju s onima koje se mjere kod 0,05% koncentracije alkohola u krvi, a kada se budnost proteže u noć performance još više deterioriraju (20). Svi ovi učinci odražavaju kompleksnu interakciju procesa C i S u regulaciji ciklusa spavanja i budnosti. Naime, upravo oni determiniraju neurokognitivne, fiziološke i

psihološke funkcije kao što su pospanost, emocije, raspoloženje te količina i kvaliteta sna. U zdravih volontera, sve vrste deprivacije spavanja rezultiraju lošim raspoloženjem, posebice osjećajem pospanosti, umorom, manjkom energije, zbunjenošću i frustracijama pri nošenju s određenim situacijama. Razlog ovih promjena krije se u smanjenju funkcionalne povezanosti između prefrontalnog korteksa i amigdala koje se događaju pri deprivaciji spavanja. Zanimljiva su nedavna saznanja kako deprivacija REM spavanja zapravo može ublažiti prilagodbu i poboljšati jutarnju reaktivnost na negativne emocionalne podražaje. Općenito, poboljšanje raspoloženja uzrokovano nedostatkom spavanja često nestaje nakon nadoknade spavanja i ne može se održavati tijekom vremena (20). Nesumnjivi su dokazi kako deprivacija spavanja djeluje štetno na endokrine, metaboličke i imunološke funkcije. Pogoršanje zdravlja uzrokovano neodgovarajućom količinom spavanja vodi ka pretilosti, inzulinskoj rezistenciji, dijabetesu, sklonosti infekcijama, hipertenziji i ostalim kardiovaskularnim rizicima. Nedostatak spavanja prepoznat je i kao novi čimbenik rizika koji ima ulogu u razvoju metaboličke bolesti. Samo dvodnevna restrikcija spavanja s 10 na 4 sata uzrokuje promjene razine hormona koji reguliraju unos hrane i apetit. Tako razina leptina pada, razina grelina raste, a s njima rastu glad i apetit. Leptin inhibira, a grelin potiče lučenje oreksina (hipokretina) pa promjene nastale pod utjecajem deprivacije spavanja dovode do pojačane aktivnosti hipokretina što povoljno utječe na pretjerano hranjenje. Također, dolazi do porasta aktivnosti simpatičkog sustava, dnevne razine hormona rasta i večernje razine kortizola što vodi smanjenoj toleranciji glukoze (20). Posljedično, može se razviti *diabetes mellitus* tip 2 te se povećava rizik od koronarnog incidenta. Navedenim bolestima i stanjima zajedničko je da im je u osnovi, barem djelomično, upalni proces. I zaista, deprivacija spavanja izaziva snažan odgovor poznatih markera akutne upale kao što su IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IL-6 i CRP. Nije zanemariv utjecaj deprivacije spavanja na povećan rizik od nesreća u prometu, na poslu ili u slobodno vrijeme. Smatra se kako bi u čak 30% fatalnih prometnih nesreća u Europi i SAD-u uzrok mogao biti povezan s nedostatnim spavanjem (20). Loša kvaliteta spavanja usko je povezana sa štetnim učincima po sigurnost i zdravlje stoga je potrebno razvijati svijest o ovom problemu.

## **1.5. Psihomotorne i kognitivne sposobnosti**

### **1.5.1. Psihomotorne sposobnosti**

Psihomotorne sposobnosti su sposobnosti vezane uz pokrete i motoričke akcije. Očituju se u brzini, preciznosti i snazi pokreta, a određuju razinu motorne spremnosti u nekoj aktivnosti koju pojedinac može doseći vježbom (21). Mogu se definirati i kao proces interakcije između perceptivnih sustava (ili pet osjetila), mozga (gdje se perceptivne informacije interpretiraju) i tijela (gdje pojedinac reagira na takve perceptivne podražaje) (22). U području psihomotorike ne postoji jedna generalna sposobnost (tzv. opća motorna sposobnost) već niz relativno nezavisnih psihomotornih sposobnosti kao što su npr. brzina izbornog reagiranja, okulomotorna koordinacija, spretnost ruku, spretnost prstiju i druge (u području tzv. fine psihomotorike), odnosno statička snaga, dinamička snaga, eksplozivna snaga, snaga trupa, fleksibilnost, tjelesna koordinacija i druge (u području tzv. globalne psihomotorike) (21). Nepochinjiv doprinos proučavanju psihomotornih sposobnosti dao je njemački znanstvenik Hermann von Helmholtz. Vjerujući kako percepcijom i reakcijom na podražaje upravlja živčani sustav, odigrao je ključnu ulogu u razvoju psihomotornih instrumenata za mjerenje brzine provodljivosti živca. To područje nastavili su istraživati Wilhelm Wundt, Francis Galton, Clark Wissler i James McKeen Cattell, koji su u 19. stoljeću provodili uglavnom testove senzorne diskriminacije, te Alfred Binet koji je predložio kognitivni tip testiranja. U 20. stoljeću psiholozi postaju prisutni u velikim poduzećima pri čemu dobivaju šansu da testove koriste na način na koji se oni danas rabe. Njihova primjena utječe na primanje ili neprimanje ljudi na posao (23).

### **1.5.2. Kognitivne sposobnosti**

Kognicija dolazi od latinske riječi *cognoscere* što znači spoznati ili spoznajno istraživati. Općenit je, neodređen i sveobuhvatan naziv za mentalne aktivnosti, primanje i obradu informacija, kao što su: mišljenje i oblikovanje pojmova, percepcija i pažnja, pamćenje i predočavanje (21). Ishodi tih procesa su razne spoznaje, znanja i uvjerenja, sheme, osobni konstrukti, sjećanja i predodžbe, sudovi i sl. (21). Aristotel, Descartes i Wundt su među najranijim filozofima koji su se posebno bavili činom spoznaje (24). Starogrčkog filozofa Aristotela zanimala su mnoga područja, uključujući djelovanje na ljudsko iskustvo. René Descartes bio je filozof iz sedamnaestog stoljeća koji je, razvijajući svoju spoznajnu teoriju, skovao poznatu frazu „Mislim dakle jesam.“ (lat. „*Cogito ergo sum.*“). Wundt je vjerovao da bi se znanstvena psihologija trebala usredotočiti na introspekciju, odnosno analizu sadržaja vlastitog uma i iskustva (24). Do danas, psihologija je usvojila pristup čovjeku kao procesoru informacija, a njegove se kognitivne sposobnosti uspoređuju s radom kompjutera. U

procesiranju informacija istovremeno su uključeni različiti moduli središnjeg živčanog sustava, a svaki se modul bavi specifičnim kognitivnim procesom. Otkazivanje rada nekog modula ne mora se nužno odraziti na funkcioniranje ostalih modula (25). Ovakav razvoj mozga ima veliku prednost za preživljavanje u odnosu na prije predlagane pristupe, u kojima se držalo da su nužni svi moduli kako bi osoba funkcionirala.

### **1.5.3. Utjecaj deprivacije spavanja na psihomotorne i kognitivne sposobnosti**

Dobro je utvrđeno da deprivacija spavanja bilo koje vrste rezultira značajnim oštećenjem neurobihevioralnog funkcioniranja (26). Postoje tri parametra koji se obično koriste za procjenu učinka deprivacije spavanja: kognitivna izvedba, motorička izvedba i raspoloženje (27).

Noviji podaci pokazuju da deficiti uzrokovani nedostatkom spavanja jako ovise o prirodi ispitivanih kognitivnih vještina (15). Osim vrste kognitivnih testova (logičko zaključivanje, otkrivanje zakonitosti nizova, vizualno pretraživanje, verbalni testovi, numerički testovi itd.) na izvedbu utječu i duljina trajanja ispitivanja, vrijeme održavanja ispitivanja, složenost zadataka i interes ispitanika. Najvažniji faktor je svakako kumulativni iznos vremena koji ispitanici provedu budni više od uobičajenog. Smatra se kako djelomična i potpuna deprivacija spavanja narušavaju prvenstveno održavanu pozornost. Također, deprivacija spavanja nesumnjivo negativno utječe na više kognitivne funkcije kao što su učenje, radna memorija, donošenje odluka, očekivanje nagrade, prilagodba i revizija planova, divergentno razmišljanje, rasuđivanje, inhibicija ponašanja i rješavanje problema. U odnosu na numeričke testove koji pri izvedbi uzrokuju globalno smanjenje moždanog metabolizma, neurokognitivni testovi usredotočeni na više kognitivne funkcije (generiranje riječi i verbalna tečnost, kreativno razmišljanje, neverbalno planiranje, prosuđivanje itd.) uzrokuju smanjenje aktivnosti prefrontalnog korteksa. Ovi nalazi pridonose hipotezi frontalnog režnja, koja tvrdi da deprivacija spavanja djeluje prvenstveno u frontalnom režnju, izazivajući disfunkciju frontalnog korteksa, koja se može oporaviti spavanjem (26).

Psihomotorne sposobnosti mogu se izmjeriti pomoću PVT-a (engl. *psychomotor vigilance task*), prijenosnog, lako upotrebljivog testa vremena reakcije s visokim opterećenjem podražajima (vizualnim ili slušnim) koji brzo daje rezultat i pouzdano procjenjuje pogoršanje psihomotornog vigiliteta (28). Razvijen je kao neurokognitivni test kako bi se uočile dinamične promjene izazvane interakcijom homeostatskog nagona za spavanjem i endogenog cirkadijanog *pacemakera*, usredotočujući se na procjenu sposobnosti održavanja pažnje i pravovremenog reagiranja na istaknute signale (26). PVT pogreške naširoko se koriste u istraživanju spavanja

i cirkadijanih ritmova za procjenu održavane pozornosti i grupnih ili individualnih odgovora na različite vrste deprivacije spavanja (29). Broj PVT pogrešaka korelira s nekim fiziološkim pokazateljima pospanosti kao što su postotak zatvaranja očnih kapaka u jedinici vremena i niskovoltažna EEG aktivnost. Poznato je i da se izvedba pogoršava kako zadatak protječe. Također, postoje razlike u PVT izvedbi među ispitanicima nakon potpune deprivacije spavanja što navodi na zaključak kako su neki pojedinci osjetljiviji na restrikciju spavanja od drugih. Te se individualne razlike djelomično objašnjavaju genetskom strukturom, ali su vjerojatno modulirane drugim fiziološkim i bihevioralnim čimbenicima (29). Slično kao i kod kognitivnih sposobnosti, izvedba testova psihomotorike također ovisi o vrsti testa. Na primjer, 24-satna deprivacija spavanja nije pokazala utjecaj na fizičke sposobnosti pri vježbanju kao što su mišićna snaga, kardiovaskularne i respiratorne funkcije (30). U svakom slučaju, istraživanja su potvrdila kako PVT izvedba odgovara rizicima „stvarnog svijeta“ kao što su vožnja u pospanom stanju i utjecaj alkohola. Nadalje, pronađena je značajna korelacija između samoprocijenjenog raspoloženja i izvedbe što sugerira da stanje raspoloženja može biti koristan prediktor za performanse u osoba lišenih spavanja (30).

Fiziološka pospanost najveća je u noći između 2 i 3 sata te je upravo tada najteže održati budnost. Operativna sposobnost najniža je u ovom razdoblju. Neke poznate svjetske katastrofe dogodile su se u besanoj noći odgovornih osoba (Nuklearna elektrana „Otok 3 milje“, SAD, 1979.; kemijska tvornica Bhopal, Indija, 1984.; tanker „Exon Valdez“, Aljaska, 1989.) (1). S druge strane, subjektivni osjećaj pospanosti najveći je pred jutro zbog duga spavanja ali i zbog svjesnosti da se bliži odlazak na počinak. Na potrebu za spavanjem može se gledati kao na osnovni biološki nagon koji nadvladava glad, žeđ, seksualnu želju ali i bol. Međutim, postoje neki načini da se pomogne noćnoj potrebi za spavanjem. Na prvom mjestu je kofein, potentni blokator adenozijskih receptora. Kofein može biti učinkovita mjera intervencije za poboljšanje učinka radnika u smjenama (31). Manjak mu je neželjeno, prolongirano djelovanje do u vrijeme koje je raspoloživo za spavanje (1). Nadalje, pomoći može i izlaganje jakom svjetlu koje može suzbiti lučenje melatonina te kratki *nap* u vrijeme dostupno za spavanje. Samo kontinuirana tjelesna aktivnost pomaže održavanju budnosti jer učinak izostaje prestankom aktivnosti. Izuzetak je težak tjelesni napor koji uzrokuje povišenje tjelesne temperature. Ona se održava kroz dulje vrijeme, a tijekom noći u inverznom je odnosu s izlučivanjem melatonina tj. smanjuje lučenje melatonina (1). Naposljetku, žvakanje može ublažiti pospanost kod profesionalaca i neprofesionalaca koji su ostali budni tijekom noći (32). Uz to, poznat je i utjecaj žvakanja na kogniciju i psihomotoriku, a smatra se da je to odraz olakšanja pritajene pospanosti i

komplementarnog pojačanja dnevne alertnosti. Dokazano je kako kofein, modafinil i dekstroamfetamin smanjuju negativan utjecaj kratkotrajne i dugotrajne deprivacije spavanja na subjektivnu pospanost, uzbuđenje, pažnju i osnovne kognitivne vještine (15). Mladi mnogo lakše održavaju budnost od starijih. Nakon samo nekoliko odgođenih odlazaka na spavanje njihov biološki sat klizne unatrag, dok s druge strane, u starijih ljudi dolazi do suprotnog pomaka zbog njihove sklonosti ranijem odlasku na počinak.

Zaključno, što se tiče ispitivanih parametara, deprivacija spavanja najmanje utječe na motorne sposobnosti, nešto više na kognitivne sposobnosti, a najviše na raspoloženje. Naravno, bitno je naglasiti da su psihomotorne sposobnosti svejedno lošije kod depriviranih pojedinaca u odnosu na one koji su dovoljno spavali. Psihomotorne sposobnosti nisu pod utjecajem vrste deprivacije spavanja, dok na kognitivne sposobnosti i raspoloženje najsnažniji negativni utjecaj ima djelomična restrikcija spavanja.

## **1.6. CRD uređaj**

### **1.6.1. CRD – serija testova kompleksni reakciometar Drenovac**

Kompleksni reakciometar Drenovac (engl. *Complex reactionmeter Drenovac*, CRD) je serija elektronskih psihodijagnostičkih testova, dizajnirana kao standardizirani instrument za procjenu vremena reakcije i brzinu obrade informacija (33). CRD serija kronometrijskih testova konstruirana je 1969. godine, a naknadno je dorađeno do verzije koja se sastoji od *softwarea* i četiri elektronička instrumenta (CRD1, CRD2, CRD3, CRD4) tipa reakciometra. Ti instrumenti imaju 54 signalno-upravljačka sklopa i pripadajuću opremu kao što su pedale i slušalice (34). *Software* nudi 41 standardni psihodijagnostički test, može generirati nove testove, automatski vodi mjerni proces te omogućuje brzu pohranu podataka.

### **1.6.2. Predmet mjerenja testova CRD serije**

Temeljna hipoteza kronometrije u psihologiji je da vrijeme potrebno za pojedinu psihološku aktivnost sadrži informacije o njezinoj kompleksnosti te da pojašnjava strukturu i ispravnost odvijanja neuropsiholoških mehanizama putem kojih se takva aktivnost ostvaruje (35). CRD mjeri perceptivne sposobnosti (opažaj, razlikovanje, prepoznavanje, vizualna orijentacija, spacijalna vizualizacija), pamćenje (kratkoročno pamćenje, učenje labirinta, aktualizacija memoriranog pamćenja), mišljenje (operativno mišljenje, zaključivanje, rješavanje problema), psihomotorne reakcije (jednostavne i složene), dinamičke značajke funkcioniranja SŽS-a (brzina, stabilnost, ravnoteža, izdržljivost, pouzdanost), pozornost

(širina, koncentracija, živost) te funkcionalne smetnje (zakočenost, uzbuđenost, perseveracija, regresija) (34).

CRD testovi nakon samo jednog testiranja omogućuju uvid u dinamička obilježja kognitivnih sposobnosti ispitanika (brzina rješavanje testa, s pogreškama ili egzaktno, tijekom događaja nakon pogreške, umara li se ispitanik i je li izdržljiv itd.), psihološki profil ispitanika te sposobnost i individualni mentalni potencijal. U odnosu na klasične testove, ove je moguće opetovano ponavljati s istim krajnjim rezultatom na istom ispitaniku. Dodatno, za testiranje nije potrebno nikakvo specifično znanje kao npr. jezik te je test stoga primjeren različitim dobnim i etničkim populacijama. Moguće je i usporediti ispitanika sa određenom populacijom te kreirati vlastita pravila nad odabranim skupinama rezultata (36). Dosadašnja literatura karakterizira CRD kao osjetljiv dijagnostički instrument zbog snažne korelacije rezultata ovog testa s rezultatima prethodnih kognitivnih i psihomotornih testova. Provođenjem testova CRD serije moguće je ustanoviti dinamičke i funkcionalne osobine SŽS-a ključne za savjetovanje kod odabira profesije te za dijagnostiku i praćenje pacijenata (37). U kratkim crtama će biti prikazani CRD instrumenti uporabljeni u ovom istraživanju.

### **1.6.3. CRD instrumenti uporabljeni u ovom istraživanju**

Instrument CRD1 koristi se za testiranje konvergentnog mišljenja. Jednostavnim matematičkim zadacima kao što su zbrajanje i oduzimanje procjenjuje generalnu sposobnost rješavanja računskih problema. Sastoji se od signalne i upravljačke ploče. Na signalnoj ploči nalazi se 12 lampica raspoređenih u 4 stupca i 3 redka, a oko njih se nalaze brojevi. U gornjem lijevom i desnom kutu signale ploče nalaze se signalne lampice koje označavaju računsku radnju: zbrajanje (+) i oduzimanje (-). Na upravljačkoj ploči nalazi se 12 tipki raspoređenih u 2 reda koje označavaju mogući rezultat računske radnje.

Instrument CRD3 upotrebljava se za mjerenje brzine percepcije vidnog signala, kratkoročnog operativnog pamćenja, rezoniranja (otkrivanja pravila nepodudarnosti signalnih i upravljačkih elemenata u zadacima), te za mjerenje uspješnosti učenja prolaženja kroz labirint (formiranja novo naučenog ponašanja). Na ploči se nalaze dva reda tipki, a iznad oba reda nalaze se signalne lampice, tj. svakoj signalnoj lampici odgovara jedna tipka.

Instrument CRD4 koristi se za mjerenje operativnog mišljenja. Uz signalno-upravljačku ploču instrument dolazi s dodatnom opremom (zvučnici, slušalice, pedale). Na ploči se nalazi polje A s četiri signalne lampice, dva polja B sa po osam signalnih lampica, polje C te dvije tipke.

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA**



Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj deprivacije spavanja na kognitivne i psihomotorne sposobnosti studenata medicine Medicinskog fakulteta u Splitu ispitane testovima CRD serije.

Hipoteze:

1. Deprivacija spavanja dovest će do pogoršanja psihomotornih i kognitivnih sposobnosti ispitivanih testovima CRD serije u odnosu na testiranje nakon prospavane noći.
2. Alertnost izražena Stanfordskom ljestvicom pospanosti bit će manja nakon neprospavane noći u odnosu na prospavanu.
3. Navike vezane uz spavanje tijekom posljednjih mjesec dana ispitivane Pittsburškim upitnikom bit će bolje na višim godinama studija zbog privikavanja i boljeg usklađivanja obveza.
4. Studenti medicine biti će većinom večernji kronotip zbog navike večernjeg učenja uslijed preopterećenošću obavezama.

### **3. ISPITANICI I METODE**

### **3.1. Ispitanici**

U ovom istraživanju sudjelovalo je ukupno 14 ispitanika, od čega 8 žena i 6 muškaraca. Svi ispitanici su studenti studijskog programa Medicina na Medicinskom fakultetu u Splitu. Jedan je ispitanik student treće godine, jedna ispitanica je studentica pete godine, a preostalih dvanaest su studenti šeste godine. Na drugoj godini studija tijekom nastave iz predmeta „Temelji neuroznanosti“ studenti su testirani testovima CRD serije nakon prospavane noći. Drugo testiranje provedeno je nakon neprospavane noći, kasnije tijekom studija. Nije im bilo dozvoljeno konzumiranje kave i energetskih pića kako bi se smanjio utjecaj na ishod istraživanja.

### **3.2. Mjesto istraživanja**

Istraživanje je provedeno na Medicinskom fakultetu u Splitu, na Zavodu za neuroznanost i u jednoj od učionica. Testiranje na uređajima CRD serije obavljeno je u ugodnoj prostoriji u kojoj su vidni i slušni podražaji bili svedeni na najmanju moguću mjeru.

### **3.3. Organizacija i opis istraživanja**

#### **3.3.1. CRD testiranje**

Vrsta istraživanja je povijesno kohortno istraživanje. Ispitanici su bili sami sebi kontrola. Tri kompjuterski generirana psihološka testa iz CRD serije korištena su za mjerenje objektivnih parametara kognitivne i psihomotorne funkcije nakon prospavane i nakon neprospavane noći. Testovi CRD serije (prikazano na Slici 5) korišteni u ovom istraživanju su:

- Test jednostavnih aritmetičkih operacija (CRD11) – mjeri konvergentno razmišljanje i opću sposobnost funkcioniranja u problemskim situacijama, kao što je npr. rješavanje jednostavnih matematičkih zadataka.
- Test diskriminacije položaja svjetlosnog signala (CRD311) – mjeri opažajne sposobnosti, detekciju, identifikaciju, vizualnu orijentaciju i prostornu percepciju pomoću diskriminacije položaja svjetlosnog signala.
- Test složene psihomotorne koordinacije (CRD411) – mjeri koordinaciju oko-ruka-noga, odnosno kompleksnu psihomotornu koordinaciju.



**Slika 5.** CRD uređaji korišteni u istraživanju: a) CRD 311; b) CRD 11; c) CRD 411.  
Preuzeto s: <https://www.crd.hr> (37).

Sva tri testa koncipirana su na način da ispitanik odgovara na svjetlosni podražaj pritiskom odgovarajuće tipke (na testovima CRD11 i CRD311) ili tipke i pedale (na testu CRD411). Testovi CRD311 i CRD411 sastojali su se od 60, a test CRD11 sastojao se od 35 pojedinačnih zadataka. Samo ispravan odgovor na pojedinačni zadatak omogućuje prelazak na sljedeći zadatak. Svi su ispitanici rješavali istu verziju testa. Redoslijed izvođenja testova bio je od najjednostavnijeg (CRD311) prema najsloženijem (CRD11). Svakom ispitaniku pročitana je ista uputa u kojoj im je objašnjen predstojeći zadatak. Prije svakog mjerenja provodila se vježba tijekom koje nije mjereno vrijeme potrebno za obavljanje zadatka. Također, svaki ispitanik je dobio uputu da zadatak izvrši što brže može.

Prvo testiranje je provedeno u jutarnjim satima za vrijeme nastave iz predmeta „Temelji neuroznanosti“ nakon što su ispitanici prospavali noć. Drugo ispitivanje provedeno je u ranim jutarnjim satima nakon neprospavane noći. Distrakcija ispitanika tijekom izvođenja testova svedena je na najmanju moguću mjeru.

### 3.3.2. Upitnik o spavanju

Prije CRD testiranja ispitanicima je dan upitnik o spavanju za potrebe istraživanja o deprivaciji spavanja. Upitnik se sastoji od pitanja o tome je li ispitanik spavao (ako je: kada je zaspao, kada se probudio i koliko je spavao, ako nije: kad je zadnji put spavao i koliko je sati budan), koje mu je ovo CRD ispitivanje po redu te pitanje o samoprocjeni stupnja pospanosti. Ono se određuje Stanfordovom ljestvicom pospanosti (SSS – engl. *Stanford Sleepiness Scale*), jednostavnim upitnikom koji se može ispuniti za minutu, a obično se koristi za praćenje alertnosti tijekom dana osoba starijih od 18 godina. Ljestvica se sastoji od sedam iskaza koji su progresivne naravi. Prva ukazuje da se ispitanik osjeća u potpunosti budno i boduje se jednim bodom, a sedma ukazuje da ispitanik gotovo spava te se boduje sa sedam bodova (38). Posljednje pitanje odnosi se na vrijeme popunjavanja upitnika. Ispitanici su i pri prvom CRD testiranju samostalno procijenili stupanj pospanosti prema Stanfordovoj ljestvici.

### 3.3.3. Upitnik „Jeste li jutarnji ili večernji tip“

Individualna varijabilnost među kronotipovima obično se procjenjuje pomoću široko korištenog upitnika za samoprocjenu dnevnih preferencija (engl. *morningness-eveningness questionnaire*, MEQ) (39). Nakon drugog provedenog CRD testiranja ispitanicima je dana inačica MEQ upitnika „Jeste li jutarnji ili večernji tip“. Uključuje podatke o ispitanicima (spol, dob, studij, godinu studiranja, prosjek ocjena i grana medicine koja ih najviše zanima) te 19 pitanja o ciklusu budnost-spavanje. Ukratko, jedanaest pitanja ocjenjuje se ocjenom od 1 do 4, dva pitanja ocjenama 0, 2, 4 i 6, jedno pitanje ocjenama 0, 2, 3 i 5 te preostalih pet pitanja ocjenama od 1 do 5 (40). Zbroj svih rezultata određuje 5 kronotipova: definitivno jutarnji tip (skupina 1), rezultat 70–86; umjereno jutarnji tip (skupina 2), rezultat 59–69; prijelazni tip (skupina 3), rezultat 42–58; umjereno večernji tip (skupina 4), rezultat 31–41; i definitivno večernji tip (skupina 5), rezultat 16–30 (40).

### 3.3.4. Pittsburgh sleep quality index (PSQI)

Pittsburgh upitnik za subjektivnu procjenu kvalitete spavanja najčešće je upotrebljavan alat o navikama spavanja među kliničkim i nekliničkim ispitanicima (41). Pitanja se odnose na uobičajene navike spavanja tijekom posljednjeg mjeseca (42). Sastoji se od 19 pitanja uklopljenih u 7 cjelina (subjektivna kvaliteta spavanja, odgoda, trajanje, učinkovitost i smetnje spavanja, upotreba lijekova za spavanje i dnevna pospanost) od kojih svaka nosi od 0 do 3 boda. Zbrajanjem rezultata svih kategorija dobije se rezultat od 0 do 21. Niži broj bodova ide u prilog boljoj kvaliteti spavanja. Ako je ukupan rezultat 5 ili više, ispitanici se svrstavaju u skupinu s lošom kvalitetom spavanja (43). Ispitanici su upitnik rješavali na drugoj godini studija i prilikom drugog testiranja na CRD uređaju nakon deprivacije spavanja.

## 3.4. Metode prikupljanja i obrade podataka

Za statističku analizu korištene su sljedeće varijable izmjerene CRD testiranjem:

- MinT – najkraće vrijeme rješavanja pojedinog zadatka
- MedT – medijan vremena za rješavanje pojedinog zadatka
- UKT – ukupno vrijeme rješavanja testa
- UB – ukupni balast, ukupno izgubljeno vrijeme
- SB – početni balast, izgubljeno vrijeme u prvoj polovici testa
- ZB – završni balast, izgubljeno vrijeme u drugoj polovici testa
- SB/ZB – indeks izdržljivosti
- BrPog – ukupan broj pogrešaka na testu

Za procjenu brzine, točnosti i mentalne izdržljivosti korišteni su MinT, MedT i UKT. UB, SB i ZB predstavljali su vrijeme koje nije bilo potrošeno na rješavanje testa, a bili su pokazatelj stabilnosti. Balasti su izračunati pomoću formule  $UB = \sum Ti - MinT$  u kojoj rezultat predstavlja zbroj razlika između MinT i svih drugih reakcijskih vremena tijekom testa, a Ti je vrijeme rješavanja svakog pojedinog zadatka (36). Broj pogrešaka pokazatelj je pozornosti i alertnosti (34).

Prikupljeni su demografski podaci ispitanika, podaci iz upitnika o spavanju, upitnika „Jeste li jutarnji ili večernji tip?“, podaci o navikama spavanja tijekom prethodnih mjesec dana (PSQI) te je provedeno CRD testiranje. Istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo Medicinskog fakulteta u Splitu te je napravljeno prema smjernicama Helsinške deklaracije.

### **3.5. Statistička obrada podataka**

Nakon što je provedeno CRD testiranje, prikupljeni podaci statistički su obrađeni u programu Microsoft Excel za Windows, verzija 11.0 (Microsoft Corporation, Washington, SAD) te u MedCalcu za Windows, verzija 11.5.1.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgija). Podaci iz CRD testiranja, upitnika „Jeste li jutarnji ili večernji tip“, SSS i PSQI upitnika te podaci o ITM prikazani kao aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija. Dob i godina studija prikazani su kao medijan (minimum, maximum). Od statističkih testova korišten je Studentov t-test, a za usporedbu među spolovima Studentov t-test za nezavisne uzorke. Statistička značajnost postavljena je na  $P > 0,05$ .

## **4. REZULTATI**

#### 4.1. Demografska obilježja ispitanika

U istraživanje je uključeno ukupno 14 ispitanika, od čega 8 žena (57,14%) i 6 muškaraca (42,86%). Medijan dobi je 24 godine, medijan godine studija je 6. godina. S obzirom na indeks tjelesne mase studenti su svrstani u skupinu s normalnom tjelesnom masom. S obzirom na broj bodova ostvaren pri ispunjavanju upitnika „Jeste li jutarnji ili večernji tip?“ studenti su svrstani u prijelazni tip (Tablica 1).

**Tablica 1.** Demografske i antropometrijske osobine ispitanika

|                                       | <b>Ukupno</b> | <b>Muškarci</b>       | <b>Žene</b>           |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| N(%)                                  | <b>N = 14</b> | <b>n = 6 (42,86%)</b> | <b>n = 8 (75,14%)</b> |
| Dob* (godine)                         | 24 (23, 27)   | 25 (24, 27)           | 24 (23, 25)           |
| Godina studija*                       | 6 (3,6)       | 6 (3, 6)              | 6 (5,6)               |
| ITM <sup>a</sup> (kg/m <sup>2</sup> ) | 22,68±2,43    | 24,98±1,72            | 20,95±1,07            |
| MEQ <sup>b</sup>                      | 46,71±10,65   | 47,67±12,34           | 46±9,12               |

Podaci su prikazani kao medijan (max, min vrijednost) ili kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

\* medijan (min, max vrijednost)

<sup>a</sup> Indeks tjelesne mase

<sup>b</sup> Morningness eveningness questionnaire



## 4.2. Usporedba navika spavanja i pospanosti

Razlike u navikama i kvaliteti spavanja izmjerene Pittsburškim upitnikom nakon prospavane noći (na drugoj godini studija) u odnosu na neprospavanu noć (na višim godinama studija) prikazane su u Tablici 2. Također, razlike u subjektivnom osjećaju pospanosti nakon prospavane noći u odnosu na neprospavanu noć izmjerene pomoću Stanfordske ljestvice pospanosti prikazane su u Tablici 2.

**Tablica 2.** Razlike u kvaliteti i navikama spavanja mjerene Pittsburškim upitnikom i razlike u pospanosti prema Stanford ljestvici pospanosti

|                              | Na drugoj godini studija     | Na višim godinama studija      | P*           |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------|
| N                            | N = 12                       | N = 14                         |              |
| Odlazak u krevet             | 23,71±1,41                   | 24,43±1,02                     | 0,380        |
| Minute potrebne za usnivanje | 24,75±15,99                  | 20,5±15,80                     | 0,582        |
| Ustajanje                    | 6,95±0,39                    | 8,02±1,36                      | 0,072        |
| Sati spavanja                | 6,5±1,24                     | 7±0,91                         | 0,603        |
| PSQI <sup>a</sup>            | 6±2,04                       | 5,07±1,94                      | 0,501        |
|                              | <b>Nakon prospavane noći</b> | <b>Nakon neprospavane noći</b> |              |
| SSS <sup>b</sup> rezultat    | 2,17±0,79                    | 3,36±1,11                      | <b>0,005</b> |

Podaci su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

\* P vrijednosti su izračunate koristeći studentov t-test

<sup>a</sup> Pittsburgh sleep quality indeks

<sup>b</sup> Stanford sleepiness scale

Usporedbom podataka o kvaliteti i navikama spavanja pomoću Pittsburškog upitnika utvrđeno je kako se one nisu statistički značajno promijenile na višim godinama studija u odnosu na niže godine studija. Vrijeme ustajanja je na višim godinama bilo kasnije nego na drugoj godini studija, iako ne statistički značajno ( $6,95 \pm 0,39$  vs.  $8,02 \pm 1,36$ ;  $P=0,072$ ). Studenti su i na drugoj godini studija i na višim godinama imali lošu kvalitetu spavanja izraženu PSQI-om, međutim, razlika između rezultata je bez statističke važnosti ( $6 \pm 2,04$  vs.  $5,07 \pm 1,94$ ;  $P=0,501$ ). Usporedbom rezultata Stanfordske ljestvice pospanosti utvrđena je da su studenti bili značajno pospaniji nakon neprospavane noći u odnosu na prospavanu noć ( $3,36 \pm 1,11$  vs.  $2,17 \pm 0,79$ ;  $P=0,005$ ).

### **4.3. Rezultati CRD testiranja**

Ispitanici su testirani testovima CRD serije na drugoj godini studija kada su prospavali noć te na višim godinama studija nakon neprospavane noći. U Tablici 3 uspoređeni su rezultati koje su ispitanici postigli u ta dva mjerenja.

**Tablica 3.** Rezultati CRD testiranja studenata Medicinskog fakulteta u Splitu

|                | <b>Nakon prospavane noći</b> | <b>Nakon neprospavane noći</b> |              |
|----------------|------------------------------|--------------------------------|--------------|
|                | <b>Ukupno</b>                | <b>Ukupno</b>                  | <b>P*</b>    |
| <b>N</b>       | <b>14</b>                    | <b>14</b>                      |              |
| <b>CRD 11</b>  |                              |                                |              |
| UKT (s)        | 97,58±19,92                  | 102,14±18,49                   | 0,348        |
| Min T (s)      | 1,75±2,22                    | 1,65±0,26                      | 0,301        |
| Med T (s)      | 2,61±3,13                    | 2,57±0,39                      | 0,927        |
| Br Pog (N)     | 2,46±1,59                    | 3,5±2,03                       | 0,136        |
| SB/ZB          | 0,78±0,44                    | 0,88±0,33                      | 0,627        |
| <b>CRD 311</b> |                              |                                |              |
| UKT (s)        | 27,68±2,5                    | 26,54±2,32                     | 0,095        |
| Min T (s)      | 0,31±0,77                    | 0,3±0,06                       | 0,653        |
| Med T (s)      | 0,45±0,41                    | 0,42±0,04                      | <b>0,039</b> |
| SB/ZB          | 1,1±0,26                     | 1,02±0,17                      | 0,356        |
| <b>CRD 411</b> |                              |                                |              |
| UKT (s)        | 26,75±54,79                  | 27,66±10,12                    | 0,766        |
| Min T (s)      | 0,39±0,08                    | 0,37±0,07                      | 0,715        |
| Med T (s)      | 0,59±0,95                    | 0,57±0,1                       | 0,482        |
| Br Pog (N)     | 8,57±3,33                    | 10,43±5,21                     | 0,294        |
| SB/ZB          | 0,62±0,13                    | 0,62±0,16                      | 0,944        |

CRD – kompleksni reakciometar Drenovac; UKT – ukupno vrijeme rješavanja testa; Min T – najkraće vrijeme rješavanja jednog zadatka; Med T – medijan vremena rješavanja jednog zadatka; Br Pog – broj pogrešaka na testu; SB/ZB – omjer startnog i završnog balasta (vremena izgubljenog na početku i na kraju rješavanja testa)

Podaci su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

\* P vrijednosti su izračunate koristeći studentov t-test

Na testu CRD11 ispitanicima je trebalo jednako vremena za rješavanje testa (UKT) nakon neprospavane u odnosu na prospavanu noć ( $102,14 \pm 18,49$  vs.  $97,58 \pm 19,92$ ;  $P=0,348$ ). Najkraće vrijeme (Min T) i medijan rješavanja jednog zadatka (Med T) između prospavane ( $1,75 \pm 2,22$ ;  $2,61 \pm 3,13$ ) i neprospavane noći ( $1,65 \pm 0,26$ ;  $2,57 \pm 0,39$ ) nisu se statistički značajno promijenili ( $P=0,301$ ;  $P=0,927$ ). Test su rješavali s istim brojem pogrešaka prilikom oba testiranja ( $2,46 \pm 1,59$  vs.  $3,5 \pm 2,03$ ;  $P=0,136$ ). Omjer vremena izgubljenog na početku i na kraju rješavanja testa (SB/ZB) nije se statistički značajno promijenio nakon neprospavane u odnosu na prospavanu noć ( $0,88 \pm 0,33$  vs.  $0,78 \pm 0,44$ ;  $P=0,627$ ).

Na testu CRD311 ispitanicima je trebalo jednako vremena za rješavanje testa (UKT) prilikom oba mjerenja ( $26,54 \pm 3,32$  vs.  $27,68 \pm 2,5$ ;  $P=0,095$ ). Najkraće vrijeme rješavanja jednog zadatka (MinT) nije se statistički značajnije promijenilo nakon neprospavane u odnosu na prospavanu noć ( $0,3 \pm 0,06$  vs.  $0,31 \pm 0,77$ ;  $P=0,653$ ). Medijan rješavanja jednog zadatka statistički se značajno skratio nakon neprospavane noći u odnosu na prospavanu ( $0,42 \pm 0,04$  vs.  $0,45 \pm 0,45$ ;  $P=0,039$ ). Omjer vremena izgubljenog na početku i na kraju rješavanja testa (SB/ZB) nije se statistički značajno promijenio nakon neprospavane u odnosu na prospavanu noć ( $1,02 \pm 0,17$  vs.  $1,1 \pm 0,26$ ;  $P=0,356$ ).

Na testu CRD411 ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT) bilo je isto između dva mjerenja ( $26,75 \pm 54,79$  vs.  $27,66 \pm 10,12$ ;  $P=0,766$ ). Najkraće vrijeme (Min T) i medijan rješavanja jednog zadatka (Med T) nisu se značajno promijenili ( $P=0,715$ ;  $P=0,482$ ) nakon neprospavane noći ( $0,37 \pm 0,07$ ;  $0,57 \pm 0,1$ ) u odnosu na prospavanu noć ( $0,39 \pm 0,08$ ;  $0,59 \pm 0,95$ ). Broj pogrešaka se povećao nakon deprivacije spavanja, međutim ne statistički značajno ( $8,57 \pm 3,33$  vs.  $10,43 \pm 5,21$ ;  $P=0,249$ ). Omjer vremena izgubljenog na početku i na kraju rješavanja testa (SB/ZB) nije se statistički značajno promijenio nakon neprospavane u odnosu na prospavanu noć ( $0,62 \pm 0,16$  vs.  $0,62 \pm 0,13$ ;  $P=0,944$ ).

Tablica 4 prikazuje usporedbu rezultata CRD testiranja nakon prospavane i neprospavane noći među spolovima.

**Tablica 4.** Razlike rezultata CRD testiranja među spolovima

|                | Nakon prospavane noći |              |              | Nakon neprospavane noći |              |              |
|----------------|-----------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                | Muškarci              | Žene         | P*           | Muškarci                | Žene         | P*           |
| N              | 6                     | 8            |              | 6                       | 8            |              |
| <b>CRD 11</b>  |                       |              |              |                         |              |              |
| UKT (s)        | 89,84±24,62           | 102,42±12,33 | 0,307        | 90,62±17,32             | 110,78±14,13 | <b>0,047</b> |
| Min T (s)      | 1,73±0,19             | 1,76±0,24    | 0,785        | 1,56±0,26               | 1,72±0,27    | 0,274        |
| Med T (s)      | 2,58±0,38             | 2,62±0,63    | 0,811        | 2,37±0,39               | 2,72±0,34    | 0,104        |
| Br Pog (N)     | 2,6±1,02              | 2,38±1,86    | 0,824        | 2,5±2,03                | 4,25±1,98    | 0,127        |
| SB/ZB          | 0,52±0,56             | 0,93±0,23    | 0,116        | 0,75±0,24               | 0,98±0,23    | 0,228        |
| <b>CRD 311</b> |                       |              |              |                         |              |              |
| UKT (s)        | 26,35±2,5             | 28,68±1,69   | 0,098        | 26,35±2,29              | 26,69±2,32   | 0,810        |
| Min T (s)      | 0,26±0,06             | 0,35±0,07    | <b>0,039</b> | 0,28±0,07               | 0,32±0,04    | 0,331        |
| Med T (s)      | 0,43±0,04             | 0,46±0,34    | 0,161        | 0,43±0,04               | 0,42±0,04    | 0,875        |
| SB/ZB          | 0,97±0,31             | 1,2±0,04     | 0,117        | 1,06±0,22               | 0,99±0,1     | 0,503        |
| <b>CRD 411</b> |                       |              |              |                         |              |              |
| UKT (s)        | 25,46±6,22            | 27,71±3,94   | 0,485        | 21,88±3,21              | 32±11,29     | 0,072        |
| Min T (s)      | 0,35±0,09             | 0,41±0,04    | 0,168        | 0,33±0,04               | 0,41±0,07    | 0,063        |
| Med T (s)      | 0,55±0,11             | 0,62±0,05    | 0,165        | 0,5±0,04                | 0,62±0,11    | <b>0,044</b> |
| Br Pog (N)     | 9,5±3,26              | 7,88±3,2     | 0,406        | 7,83±3,44               | 12,38±5,45   | 0,123        |
| SB/ZB          | 0,57±0,14             | 0,66±0,09    | 0,194        | 0,57±0,09               | 0,65±0,19    | 0,363        |

CRD – kompleksni reakciometar Drenovac; UKT – ukupno vrijeme rješavanja testa; Min T – najkraće vrijeme rješavanja jednog zadatka; Med T – medijan vremena rješavanja jednog zadatka; Br Pog – broj pogrešaka na testu; SB/ZB – omjer startnog i završnog balasta (vremena izgubljenog na početku i na kraju rješavanja testa)

Podaci su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

\* P vrijednosti su izračunate koristeći studentov t-test za nezavisne uzorke

Na testu CRD11 između muškaraca i žena nije utvrđena razlika u ukupnom vremenu rješavanja testa (UKT) nakon prospavane noći ( $P=0,307$ ). Nakon neprospavane noći, muškarci su statistički značajno brže riješili test od žena ( $90,62 \pm 17,32$  vs.  $110,78 \pm 14,13$ ;  $P=0,047$ ). Nije utvrđena statistički značajna razlika među spolovima u MinT, MedT, BrPog, SB/ZB prilikom oba testiranja.

Na testu CRD311 između muškaraca i žena nije utvrđena statistički značajna razlika u ukupnom vremenu rješavanja testa (UKT) nakon prospavane noći ( $P=0,098$ ) ni nakon neprospavane noći ( $P=0,810$ ). Nakon prospavane noći muškarci su značajno brže rješavali jedan zadatak u odnosu na žene ( $0,35 \pm 0,07$  vs.  $0,26 \pm 0,06$ ;  $P=0,039$ ), međutim, nije bilo razlike među spolovima nakon neprospavane noći ( $P=0,810$ ). Nije utvrđena statistički značajna razlika među spolovima u MedT i SB/ZB prilikom oba testiranja.

Na testu CRD411 između muškaraca i žena nema statistički značajne razlike u ukupnom vremenu rješavanja testa (UKT) nakon prospavane noći ( $P=0,485$ ) ni nakon neprospavane noći ( $P=0,072$ ). Najkraće vrijeme rješavanja jednog zadatka također nije bilo različito između muškaraca i žena nakon prospavane ( $P=0,168$ ) i neprospavane noći ( $P=0,063$ ). Medijan vremena rješavanja jednog zadatka (MedT) nije se razlikovao među spolovima nakon prospavane noći ( $P=0,165$ ), međutim, bio je kraći u muškaraca u odnosu na žene prilikom testiranja nakon neprospavane noći ( $0,5 \pm 0,04$  vs.  $0,62 \pm 0,11$ ;  $P=0,044$ ). Nije ustanovljena razlika između muškaraca i žena u BrPog i SB/ZB prilikom oba testiranja.

## **5. RASPRAVA**

Rezultati ovog istraživanja pokazali su kako deprivacija spavanja studenata medicine Medicinskog fakulteta u Splitu nije dovela do pogoršanja kognitivnih i psihomotornih sposobnosti mjerenih testovima CRD serije u odnosu na prospavanu noć.

Medicina je jedno od područja djelovanja u kojem su psihomotorne i kognitivne sposobnosti od posebne važnosti. Česta dežurstva gotovo da podrazumijevaju nedovoljan san i odmor, pa je utjecaj toga na pozornost i koncentraciju jedan od čestih predmeta istraživanja. I studenti medicine nerijetko su izloženi deprivaciji spavanja zbog teškog usklađivanja obveza. Rezultati dosadašnjih istraživanja utjecaja deprivacija spavanja na psihomotorne i kognitivne sposobnosti su oprečni. U postojećoj literaturi dokazi upućuju na to kako kratkoročna deprivacija spavanja može pogoršati psihomotorne sposobnosti (34,44), kako one mogu ostati nepromijenjene ili se čak mogu i poboljšati. Ma i sur. proveli su istraživanje među studentima viših godina u kojem su željeli pokazati utjecaj 24-satne deprivacije spavanja na održavanje posture, psihomotorne performanse i samprocjenu umora (45). Pomoću Stenbergovog testa procijenjene su psihomotorne performanse te nije utvrđena razlika u kompleksnom vremenu odgovora i broju pogrešaka prije i nakon perioda deprivacije spavanja. Disertacija Soares J. imala je za cilj utvrditi kako nedostatak spavanja utječe na budnost i neuralnu aktivaciju tijekom SART-a (engl. *Sustained Attention to Response Task*) (46). Istraživanje je pokazalo kako deprivacija spavanja utječe na broj pogrešaka ali ne i na vrijeme odgovora. U istraživanju Amirian i sur. u kojem su ispitivane laparaskopske vještine i kognitivne sposobnosti u kirurga tijekom noćne smjene također je utvrđeno kako deprivacija spavanja tijekom 17-satne noćne smjene nije naštetila psihomotornim ili kognitivnim performansama kirurga tijekom dežurstva (47). Rezultati ovog istraživanja u korelaciji su s prethodno navedenima. Kratkoročna deprivacija spavanja studenata Medicinskog fakulteta u Splitu nije dovela do pogoršanja nijednog parametra ispitivanog CRD serijom testova. Štoviše, u testu CRD311 medijan vremena rješavanja jednog zadatka (MedT) bio je kraći nakon neprospavane noći u odnosu na prospavanu. Moguće objašnjenje ovakvih rezultata leži u *end spurt* efektu. Naime, Scott i sur. predlažu da su sudionici svjesni kasnije faze deprivacijskog razdoblja koje ih samo nekoliko sati dijeli od kraja eksperimenta i postuliraju da ta svijest može olakšati motivaciju, pozitivno raspoloženje i porast utroška napora do kraja eksperimenta kako bi mogli ići spavati (48). Također, kako je testiranje nakon neprospavane noći provedeno u 7 sati ujutro, moguće je da su ovakvi rezultati posljedica djelovanja unutarnjeg sata koji nam govori da dan tek počinje. Nije zanemariva ni činjenica da su studenti Medicinskog fakulteta u Splitu tijekom studija stekli



sposobnost održavanja budnosti i pozornosti koja će im zasigurno biti od koristi tijekom njihove karijere.

Analizirajući rezultate CRD testiranja, u ovom istraživanju uočene su razlike između izvedbi muškaraca i žena. I dosadašnja literatura pokazuje razlike između psihomotornih sposobnosti među spolovima nakon deprivacije spavanja ali i u uobičajenim uvjetima. U istraživanju Blatter i sur. nakon 40-satne deprivacije spavanja žene su ostvarile značajno sporije vrijeme odgovora, međutim, s manje pogrešaka u odnosu na muškarce (49).

Na testu CRD311 muškarci su ostvarili bolji rezultat u najkraćem vremenu rješavanja jednog zadatka (MinT) od žena nakon prospavane noći. Iako ne statistički značajno, i ukupno vrijeme rješavanja testa (UKT) bilo je dulje kod žena na testu CRD311 nakon prospavane noći. Mathew i sur. u svom su istraživanju pokazali jasne razlike između spolova u vizualnom i motornom procesiranju informacija (50). Njihov rad pokazuje kako muška prednost ne leži u profinjenijoj strategiji ili sofisticiranijim pokretima ruku, već u bržem procesu odlučivanja koji povezuje vizualne informacije o meti s nadolazećim radnjama ruku (50). Kako test CRD311 mjeri upravo brzinu percepcije signala, moguće objašnjenje može se povezati s ulogama koje su muškarci i žene igrali u ranim oblicima ljudskih društava. Naime, muškarci su bili lovci i sakupljači od kojih se zahtijevalo da budu u stanju brzo identificirati plijen i prijetnje.

Na testu CRD11 ženama je bilo potrebno značajno duže vremena za rješavanje testa (UKT) u odnosu na muškarce nakon neprospavane noći. Ovi rezultati potvrđuju prethodno provedeno istraživanje Pavlinac-Dodig i sur. na testovima CRD serije prema kojima su muškarci bili bolji u jednostavnim računskim zadacima od žena (51). Iako je u dosadašnjim istraživanjima pokazano kako su predškolske djevojčice uspješnije u rješavanju matematičkih problema od dječaka, razlog zbog kojeg su muškarci brže dolaze do rezultata ostaje nedorečen. Kako je na CRD1 uređaju bitno točno riješiti matematički problem ali i pronaći odgovarajući rezultat, moguće je da muškarcima ide u prilog bolje prostorno snalaženje. Muškarci pokazuju dosljednu prednost u prostornoj navigaciji u odnosu na žene, što se pripisuje različitim ponašanjima u pronalaženju puta, zbog čega polučuju veći uspjeh (52).

Na testu CRD411 muškarci su ostvarili bolji rezultat od žena u medijanu vremena rješavanja jednog zadatka nakon neprospavane noći. Iako ne statistički značajno, u istom testu bili su brži (UKT), ostvarili su bolje najkraće vrijeme rješavanja pojedinog zadatka (MinT) te su test izveli s manjim brojem pogrešaka u odnosu na žene. Test CRD411 je najkompliciraniji od sva tri provedena testa te zahtjeva koordinaciju ruku i nogu na zadani stimulus. Brojne su

studije na temu razlika u koordinaciji između muškaraca i žena, a većina ih je s istim ishodom. U istraživanju Kauranen i sur. muškarci su bili brži, međutim imali su veći broj pogrešaka u testovima koordinacije i gornjih i donjih ekstremiteta (53). Moguće objašnjenje krije se u poznatoj činjenici kako muškarci imaju bolju koordinaciju oko-ruka i precizniju kontrolu pokreta velikih mišića.

U istraživanju je potvrđena hipoteza kako je alertnost izražena na Stanfordovoj ljestvici pospanosti manja nakon neprospavane noći u odnosu na prospavanu. Ma i sur. u svom su istraživanju također dokazali da je subjektivni osjećaj umora bio značajno veći nakon 24-satne deprivacije spavanja kod studenata završnih godina (45). Rezultati ovog istraživanja potvrđuju kako je Stanfordska ljestvica pospanosti osjetljiv alat za procjenu budnosti pri analiziranju učinaka deprivacije spavanja.

Iako ne statistički značajno, studentima viših godina Medicinskog fakulteta u Splitu poboljšala se kvaliteta spavanja mjerena Pittsburškim upitnikom u odnosu na drugu godinu studija. Bitno je naglasiti kako je kvaliteta spavanja između dva ispitivanja idalje ostala loša. Navedeno je u korelaciji s istraživanjem Chena i sur. u koje je bilo uključeno gotovo 19 tisuća studenata medicine (54). Utvrdili su kako je čak 25% ispitanika ima lošu kvalitetu spavanja, međutim, ista se nije statistički značajno razlikovala na različitim godinama studija. Iako ne statistički značajno, istraživanje je pokazalo kako se studenti na višim godinama bude kasnije nego na drugoj godini studija. Ovakav ishod je i očekivan s obzirom na drugačije koncipiranu nastavu.

Studenti Medicinskog fakulteta u Splitu prema kronotipu ne spadaju u večernji već u prijelazni tip, iako, među njima postoje i umjereno jutarnji i umjereno večernji tipovi. Dostupna literatura potvrđuje kako je većina studenata medicine prijelazni tip (55,56,57). Studenti zdravstvenih znanosti, posebno medicine, suočavaju se sa stalnim prilagođavanjima rasporeda te se u pokušaju ispunjavanja zahtjeva tijekom studija često prisilno adaptiraju (55). Dakle, moguće je da je većina studenata prijelazni tip, međutim, ukoliko moraju pohađati nastavu rano ujutro, privremeno postaju jutarnji tip, a ako spremaju ispit, tijekom ispitne pauze privremeno postaju večernji tip.

Naše istraživanje imalo je nekoliko ograničavajućih čimbenika. Prvo ograničenje je mala veličina uzorka i činjenica da je ispitivanjem obuhvaćen samo dio populacije studenata Medicinskog fakulteta u Splitu. Kako je istraživanje provedeno na jednom fakultetu to onemogućuje generalizaciju podataka. Također, kvantitativna raspodjela među spolovima nije

bila jednaka te je 57,14% ispitanika sačinjavala ženska populacija. Rezultati bi bili relevantniji da smo testirali studente još jednom nakon prospavane noći na višim godinama studija. Nadalje, dodatna testiranja tijekom perioda budnosti bila bi prikladnija i dala bi nam točnije informacije. Iako kratkoročna deprivacija spavanja nije uzrokovala pogoršanje psihomotornih i kognitivnih sposobnosti studenata Medicinskog fakulteta u Splitu, bilo bi zanimljivo proučavati učinak dugoročne parcijalne deprivacije spavanja. Neka od najopsežnijih istraživanja utjecaja duga spavanja na kognitivne i psihomotorne sposobnosti pokazuju kako alertnost mjerena PVT testom dosljedno pada tijekom perioda kada noćni san traje između 3 i 7 sati (58). Studenti medicine ipak su najviše izloženi upravo tom obliku deprivacije spavanja što ostavlja prostora za daljnja istraživanja.

Kako deprivacija spavanja postaje javnozdravstveni problem, od iznimne je važnosti bolje razumijevanje njezinog utjecaja na kognitivne i psihomotorne sposobnosti. Podizanje svijesti o dobroj higijeni sna i poremećajima cirkadijanog ritma trebalo bi biti preporučeno cijeloj društvenoj zajednici, a posebno profesijama u kojima su poremećaji spavanja učestali zbog načina na koji je koncipirano radno vrijeme.

## **6. ZAKLJUČCI**

- Deprivacija spavanja studenata Medicinskog fakulteta u Splitu nije dovela do pogoršanja kognitivnih i psihomotornih sposobnosti mjerenih testovima CRD serije.
- Studenti Medicinskog fakulteta u Splitu bili su bolji na testu percepcije vidnog signala (test CRD311) u pojedinim mjerenim parametrima (MedT) nakon deprivacije spavanja u odnosu na prospavanu noć.
- Muškarci su ostvarili bolje rezultate od žena na testu brzine percepcije vidnog signala (test CRD311) u pojedinim mjerenim parametrima (MinT) nakon prospavane noći.
- Nakon neprospavane noći, muškarci su brže rješavali jednostavne matematičke zadatke (test CRD11) u odnosu na žene.
- Nakon neprospavane noći, muškarci su ostvarili bolje rezultate od žena na testu kompleksne koordinacije (test CRD411) u pojedinim mjerenim parametrima (MedT).
- Subjektivni osjećaj umora izražen pomoću Stanfordske ljestvice pospanosti u studenata Medicinskog fakulteta u Splitu bio je veći nakon deprivacije spavanja u odnosu na prospavanu noć.
- Kvaliteta i navike spavanja izražene pomoću Pittsburškog upitnika nije se statistički značajno popravila na višim godinama studija u odnosu na drugu godinu studija.
- Kvaliteta i navike spavanja studenata Medicinskog fakulteta u Splitu izražene Pittsburškim upitnikom loša je i na drugoj godini studija i na višim godinama studija.
- Prema vrsti kronotipa, izražen upitnikom „Jeste li jutarnji ili večernji tip“, studenti Medicinskog fakulteta u Splitu svrstavaju se u prijelazni tip.
- Potrebno je podizati svijest o higijeni spavanja studenata medicine, zdravstvenih djelatnika te društva općenito.

## **7. LITERATURA**

1. Hodoba D. Spavanje i poremećaji spavanja: sabrane teme s didaktičkom namjenom. Zagreb: Medicinska naklada; 2017.
2. JM. Vlasac I, Anderson SG, Kyle SD, Dixon WG, Bechtold DA i sur. Genome-wide association analysis identifies novel loci for chronotype in 100,420 individuals from the UK Biobank. *Nat Commun.* 2016;7:10889.
3. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia AS, White LE. *Neuroscience*. 5. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2016. str. 625-46.
4. Sowho M, Amatory J, Kirkness JP, Patil SP. Sleep and respiratory physiology in adults. *Clin Chest Med.* 2014;35:469-81.
5. Colten HR, Altevogt BM. Sleep disorders and sleep deprivation: an unmet public health problem. Washington (DC): National Academies Press (US); 2006. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK19960/>
6. Kim TW, Jeong JH, Hong SC. The impact of sleep and circadian disturbance on hormones and metabolism. *Int J Endocrinol.* 2015;2015:591729.
7. Van Cauter E, Plat L. Physiology of growth hormone secretion during sleep. *J Pediatr.* 1996;128:32-7.
8. Akalu Y, Molla MD, Dessie G, Ayelign B. Physiological effect of ghrelin on body systems. *Int J Endocrinol.* 25. svibanj 2020;2020:1385138.
9. Đogaš Z, Pecotić R, Valić M. Regulation of sleep and wakefulness. Bassetti C, Đogaš Z, urednici. *ESRS European sleep medicine-textbook*. Prvo izdanje. Singapore: Wiley; 2014. str. 13-25.
10. Judaš M, Kostović I. *Temelji neuroznanosti* 1. izdanje. Zagreb: MD; 1997. str. 191-203.
11. Moser D, Anderer P, Gruber G, Parapatics S, Loretz E, Boeck M. i sur. Sleep classification according to AASM and Rechtschaffen & Kales: effects on sleep scoring parameters. *Sleep.* 2009;32:139-49.

12. Khalighi S, Sousa T, Pires G, Nunes U. Automatic sleep staging: A computer assisted approach for optimal combination of features and polysomnographic channels. *Expert Syst Appl.* 2013;40:7046-59.
13. Brnar V, Hajnšek S, Malojčić B, Habek M, Klepac N, Lušić I, i sur. *Neurologija za medicinare*. 1. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2009. 264. str.
14. Pandi-Perumal SR, Spence DW, BaHammam AS. Polysomnography: An overview. U: Pagel JF, Pandi-Perumal SR, urednici. *Primary care sleep medicine: A practical guide* [Internet]. New York, NY: Springer New York; 2014. str. 29–42. Dostupno na: [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1185-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1185-1_4)
15. Urry E, Landolt HP. Adenosine, caffeine, and performance: from cognitive neuroscience of sleep to sleep pharmacogenetics. Meerlo P, Benca R, Abel, T i sur. *Sleep, neuronal plasticity and brain function. Current topics in behavioral neurosciences*. Berlin: Heidelberg; 2014. str. 331-66.
16. Morairty S, Rainnie D, McCarlwy R, Greene R. Disinhibition of ventrolateral preoptic area sleep-active neurons by adenosine: a new mechanism for sleep promotion. *Neuroscience*. 2004;123:451-7.
17. *Sleep-wake cycle: its physiology and impact on health*. National sleep foundation. 2006. str. 4.
18. Schwartz JR, Roth T. *Neurophysiology of sleep and wakefulness: basic science and clinical implications*. *Current neuropharmacology*. 2008. str. 367-78.
19. *Sleep deprivation: causes, symptoms, & treatment* [Internet]. Sleep foundation. 2020 [citirano 28. travanj 2022.]. Dostupno na: <https://www.sleepfoundation.org/sleep-deprivation>
20. Landolt HP, Sousek A, Holst SC. Effects of acute and chronic sleep deprivation. Đogaš Z, urednici. *ESRS European sleep medicine-textbook*. 1. izdanje. Singapore: Wiley; 2014. str. 49-61.
21. Furlan I, Kljajić S, Kolesarić V, Krizmanić M, Petz B, Szabo S, Šverko B. *Psihologijski rječnik*. 2. izdanje. Zagreb: Naklada slap; 2005. str. 202. 204. 393. Ker K, Edwards PJ, Felix



22. A brief history of the psychomotor assessment domain | JVR Africa group [Internet]. [citirano 21. travanj 2022.]. Dostupno na: <https://jvrafricagroup.co.za/blog/a-brief-history-of-the-psychomotor-assessment-domain>
23. Matešić K. Psihodijagnostička sredstva. 1. izdanje. Zagreb: Naklada slap; 2010. str. 56.
24. History of cognition | Boundless psychology [Internet]. [citirano 22. travanj 2022.]. Dostupno na: <https://courses.lumenlearning.com/boundless-psychology/chapter/history-of-cognition/>
25. Martinac M, Vranić A, Zarevski P, Zarevski Z. Psihologija za liječnike. 1. izdanje. Zagreb: Naklada slap; 2015. str. 15.
26. Dorrian J, Rogers N, Dinges D. Psychomotor vigilance performance: neurocognitive assay sensitive to sleep loss. *U* 2004. str. 39-70.
27. Pilcher JJ, Huffcutt AI. Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep*. 1996;19:318-26.
28. Dongen HPAV, Dinges DF. Sleep, circadian rhythms and psychomotor vigilance. *Clin sports med*. 2005;24:237-49.
29. Chua ECP, Sullivan JP, Duffy JF, Klerman EB, Lockley SW, Kristal BS i sur. Classifying attentional vulnerability to total sleep deprivation using baseline features of psychomotor vigilance test performance. *Sci Rep*. 2019;9:12102.
30. Scott JPR, McNaughton LR, Polman RCJ. Effects of sleep deprivation and exercise on cognitive, motor performance and mood. *Physiol Behav*. 2006;87:396-408.
31. LM. Blackhall K, Roberts I. Caffeine for the prevention of injuries and errors in shift workers. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;2010:CD008508.
32. Hodoba D. Chewing can relieve sleepiness in a night of sleep deprivation. *Sleep research online: SRO*. 1999;2:101-5.

33. Petranović D, Taksić V, Dobrila-Dintinjana R, Roncević-Grzeta I, Ruzić K, Janović S i sur. Correlation of anaemia and cognitive functions measured by the complex reactiometer Drenovac. *Coll Antropol.* 2008;32:47-51.
34. 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;26:825-32.
35. Bobić J, Gomzi M, Radosević-Vidacek B, Kanceljak-Macan B. Association of neuroticism with sick building syndrome, quality of life and psychomotor performance. *Coll Antropol.* 2009;33:567-72.
36. Drenovac M. *Kronometrija dinamike mentalnog procesiranja.* Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera; 2009.
37. Predmet mjerenja - CRD [Internet]. 2021 [citirano 26. travanj 2022.]. Dostupno na: [https://www.crd.hr/wp/?page\\_id=70](https://www.crd.hr/wp/?page_id=70)
38. What is Stanford Sleepiness Scale (SSS)? - Definition from WorkplaceTesting [Internet]. *WorkPlaceTesting.com.* [citirano 22. svibanj 2022.]. Dostupno na: <http://www.workplacetesting.com/definition/4609/stanford-sleepiness-scale-sss>
39. Panjeh S, Pompeia S, Archer SN, Pedrazzoli M, von Schantz M, Cogo-Moreira H. What are we measuring with the morningness-eveningness questionnaire? Exploratory factor analysis across four samples from two countries. *Chronobiol Int.* 2021;38:234-47.
40. Iwasaki M, Hirose T, Mita T, Sato F, Ito C, Yamamoto R i sur. Morningness-eveningness questionnaire score correlates with glycated hemoglobin in middle-aged male workers with type 2 diabetes mellitus. *J Diabetes Investig.* 2013;4:376-81.
41. Lušić Kalcina L. *Povezanost polisomnografskih parametara bolesnika s opstruktivskom apnejom tijekom spavanja s psihomotoričkim sposobnostima i pokazateljima kvalitete spavanja.* Split: Sveučilište u Splitu; 2020.
42. Pilz LK, Keller LK, Lenssen D, Roenneberg T. Time to rethink sleep quality: PSQI scores reflect sleep quality on workdays. *Sleep.* 2018;41:10.1093029.

43. Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989;28:193-213.
44. Kahol K, Leyba MJ, Deka M et al. Effect of fatigue on psychomotor and cognitive skills. *Am J Surg.*2008;195:195-204.
45. Ma J, Yao YJ, Ma RM, i sur. Effects of sleep deprivation on human postural control, subjective fatigue assessment and psychomotor performance. *J Int Med Res.* 2009;37:1311-20.
46. Soares J. A. The effects of sleep deprivation on vigilance and neural activation during the Sustained Attention to Response Task. Solnavagen: Karolinska institut; 2018.
47. Amirian I, Andersen LT, Rosenberg J, Gögenur I. Laparoscopic skills and cognitive function are not affected in surgeons during a night shift. *J Surg Educ* 2014;71:543-50.
48. Scott JP, McNaughton LR, Polman RC: Effects of sleep deprivation and exercise on cognitive, motor performance and mood. *Physiol Behav.* 2006;87:396-408.
49. Blatter K, Graw P, Münch M, Knoblauch V, Wirz-Justice A, Cajochen C. Gender and age differences in psychomotor vigilance performance under differential sleep pressure conditions. *Behav Brain Res.* 2006 Apr 3;168:312-7.
50. Mathew J, Masson GS, Danion FR. Sex differences in visuomotor tracking. *Sci Rep.* 2020;10:11863.
51. 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.* 2020;61:82-92.
52. Munion AK, Stefanucci JK, Rovira E, Squire P, Hendricks M. Gender differences in spatial navigation: Characterizing wayfinding behaviors. *Psychon Bull Rev.* 2019;26:1933-40.
53. Kauranen, K., & Vanharanta, H. Influences of aging, gender, and handedness on motor performance of upper and lower extremities. *Perceptual and Motor Skills.* 1996;82:515-25.

54. Chen J, Zhang Y, Zhou X. Effects of gender, medical school class year, and majors on sleep quality in Chinese medical students: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Breath.* 2020;24:259-66.
55. Gomes JRM, Santos FKF, de Freitas IFM, de Oliveira IF, dos Santos HA, da Silva JC i sur. The assessment of medical students' chronotypes. *World Journal of Neuroscience.* 2017;7: 275-81
56. Choi HJ, Lee YJ, Yoo YJ, Cho YW, Moon HJ. The effects of chronotype and social jetlag on medical students. *Sleep and Biological Rhythms.* 2019;17:269-76.
57. Acet O, Girit Ç, Kaya Ş, Süt N, Arzu Vardar S. The relationship between chronotypes and physical activity in healthy young medical students. *Turkish Med. Stud. J.* 2018;5:24-7.
58. Banks S, Dinges DF. Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *J Clin Sleep Med.* 2007;3:519-28.

## **8. SAŽETAK**

**Cilj:** Istražiti utjecaj deprivacije spavanja na kognitivne i psihomotorne sposobnosti studenata medicine u Splitu te proučiti koliki im je subjektivni osjećaj umora nakon deprivacije spavanja u odnosu na prospavanu noć. Nadalje, cilj je bio utvrditi kakva im je kvaliteta spavanja i je li se promijenila tijekom godina sudiranja te kojem kronotipu pripadaju.

**Ispitanici i metode:** U ispitivanju je sudjelovalo 14 ispitanika, od čega 8 žena i 6 muškaraca. Provedeno je testiranje na CRD uređaju na drugoj godini studija kada su ispitanici prospavali noć te naknadno na višim godinama studija nakon neprospavane noći. Pri prvom i drugom testiranju ispitanici su popunjavali Stanfordsku ljestvicu pospanosti i Pittsburški upitnik. Pri drugom testiranju ispitanici su ispunjavali upitnik „Jeste li jutarni ili večernji tip“.

**Rezultati:** Na testu CRD311 ispitanici su postigli bolje rezultate nakon deprivacije spavanja u MedT u odnosu na prospavanu noć ( $0,42 \pm 0,04$  vs.  $0,45 \pm 0,41$ ;  $P=0,039$ ). Ostali rezultati kao što su UKT, MinT, MedT, BrPog, SB/ZB nisu se statistički značajno promijenili nakon deprivacije spavanja. Muškarci su imali brže UKT na testu CRD11 ( $90,62 \pm 17,32$  vs.  $110,78 \pm 14,13$ ;  $P=0,047$ ) te kraći MedT ( $0,5 \pm 0,04$  vs.  $0,62 \pm 0,11$ ;  $P=0,044$ ) na testu CRD411 nakon neprospavane noći u odnosu na žene. Nakon prospavane noći muškarci su imali kraći MinT na testu CRD311 ( $0,26 \pm 0,06$  vs.  $0,35 \pm 0,07$ ;  $P=0,039$ ) u odnosu na žene. Pospanost izražena pomoću SSS bila je veća nakon deprivacije spavanja u odnosu na prospavanu noć ( $2,17 \pm 0,79$  vs.  $3,36 \pm 1,11$ ;  $P=0,005$ ). Kvaliteta i navike spavanja izražene pomoću PSQI nije se statistički značajno promijenila na višim godinama fakulteta, međutim, studenti imaju lošu kvalitetu spavanja ( $PSQI > 5$ ). Prema kronotipu spadaju u prijelazni tip (srednja vrijednost 46,71).

**Zaključci:** Ovim istraživanjem utvrđeno je kako se kognitivne i psihomotorne sposobnosti studenata Medicinskog fakulteta u Splitu nisu pogoršale nakon deprivacije spavanja. Analizom podataka utvrđeno je kako su muškarci uspješniji u pojedinim izmjerenim parametrima testova psihomotorike. Također, studenti su imali značajno veći subjektivni osjećaj umora na SSS nakon deprivacije spavanja. Kvaliteta i navike spavanja nisu im se značajno promijenile u odnosu na drugu godinu studija, štoviše, one su ostale loše.

## **9. SUMMARY**

**Diploma Thesis Title:** Impact of sleep deprivation on cognitive and psychomotor performances of medical students at the University of Split School of Medicine

**Objective:** To investigate the impact of sleep deprivation on the cognitive and psychomotor abilities of medical students in Split and to compare subjective feelings of sleepiness following sleep deprivation with those after night sleep. Furthermore, the goal was to determine the quality of their sleep and whether it changed during the years of the studying and which chronotype they represent.

**Subjects and methods:** 14 subjects participated in the study, of which 8 were women and 6 were men. Testing was performed on the CRD device in the second year of study when the subjects slept through the night and subsequently in higher years of study after a sleepless night. During the first and second testing, the subjects filled out the Stanford Sleepiness Scale and the Pittsburgh Questionnaire. During the second test, the students filled out the questionnaire "Are you a morning or evening type".

**Results:** On the CRD311 test, subjects achieved better results after sleep deprivation in MedT compared to a night they slept ( $0,42 \pm 0,04$  vs.  $0,45 \pm 0,41$ ;  $P=0,039$ ). Other results such as UKT, MinT, MedT, BrPog, SB/ZB did not change significantly after sleep deprivation. Men had faster UKT on the CRD11 test ( $90,62 \pm 17,32$  vs.  $110,78 \pm 14,13$ ;  $P=0,047$ ) and shorter MedT ( $0,5 \pm 0,04$  vs.  $0,62 \pm 0,11$ ;  $P=0,044$ ) on the CRD411 test after a sleepless night when compared with women. After a night sleep, men had a shorter MinT on the CRD311 test ( $0,26 \pm 0,06$  vs.  $0,35 \pm 0,07$ ;  $P=0,039$ ) compared to women. Sleepiness expressed using SSS was higher after sleep deprivation in comparison with one after the night sleep ( $2,17 \pm 0,79$  vs.  $3,36 \pm 1,11$ ;  $P=0,005$ ). Sleep quality and habits expressed using PSQI did not change statistically significantly in higher years of college, however, students have poor sleep quality ( $PSQI > 5$ ). According to the chronotype, they belong to the transitional type (mean value 46.71).

**Conclusion:** This research determined that the cognitive and psychomotor performances of students of the School of Medicine in Split did not deteriorate after sleep deprivation. Data analysis revealed that men are more successful in certain measured parameters of psychomotor tests. Also, students had a significantly higher subjective feeling of fatigue measured with SSS after sleep deprivation. Their sleep quality and habits did not change significantly compared to the second year of study, moreover, they remained poor.



## **10. ŽIVOTOPIS**

**Ime i prezime:** Lorena Đula

Datum rođenja: 3.11.1997.

Mjesto rođenja: Split, Republika Hrvatska

Državljanstvo: Hrvatsko

**Obrazovanje:**

2004.-2012. Osnovna škola don Lovre Katića, Solin

2012.-2016. I Gimnazija Split, jezični smjer

2016.-2022. Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu, studij Medicina

**Strani jezici:**

Engleski jezik

Talijanski jezik