

# Utjecaj vježbanja u različito doba dana na kvalitetu sna

---

**Ključarić, Petra**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:910994>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-30**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Petra Ključarić**

**UTJECAJ VJEŽBANJA U RAZLIČITO DOBA  
DANA NA KVALITETU SNA**

diplomski rad

Zagreb, rujan, 2024.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu  
Kineziološki fakultet  
Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija:** Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i kineziterapija

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Razina kvalifikacije:** integrirani prijediplomski i diplomski studij

**Studij za stjecanje akademskog naziva:** sveučilišna magistra kineziologije u edukaciji i kineziterapiji (univ. mag. cin.)

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Kineziologija

**Vrsta rada:** Znanstveno-istraživački

**Naziv diplomskog rada:** je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomske radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2023./2024. dana 18. travnja 2024.

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Maroje Sorić

**Pomoć pri izradi:** Antonio Martinko, asistent

**Utjecaj vježbanja u različito doba dana na kvalitetu sna**

Petra Ključarić, 0178111128

**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Maroje Sorić      | Predsjednik - mentor |
| 2. doc. dr. sc. Maja Cigrovski Berković | član                 |
| 3. izv. prof. dr. sc. Danijel Jurakić   | član                 |
| 4. prof. dr. sc. Lana Ružić             | zamjena člana        |

**Broj etičkog odobrenja:** 48/2024

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Kineziološkog fakulteta, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

## BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

**University of Zagreb**  
**Faculty of Kinesiology**  
Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Kinesitherapy**

**Type of program: University**

**Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate**

**Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Kinesitherapy**

**Scientific area: Social sciences**

**Scientific field: Kinesiology**

**Type of thesis: Scientific-research**

**Master thesis:** has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2023/2024 on April 18, 2024.

**Mentor:** Maroje Sorić, associate prof.

**Technical support:** Antonio Martinko, assistant

**The effects of exercise at different times of the day on sleep quality**

*Petra Ključarić, 0178111128*

**Thesis defence committee:**

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1. Maroje Sorić, associate prof.            | chairperson-supervisor |
| 2. Maja Cigrovski Berković, assistant prof. | member                 |
| 3. Danijel Jurakić, associate prof.         | member                 |
| 4. Lana Ružić, PhD, prof.                   | substitute member      |

**Ethics approval number: 48/2024**

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of the Faculty of Kinesiology, Horvacanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

izv. prof. dr. sc. Maroje Sorić

Student:

---

Petra Ključarić

## UTJECAJ VJEŽBANJA U RAZLIČITO DOBA DANA NA KVALITETU SNA

### Sažetak

**Svrha:** Glavni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj vježbanja u različito doba dana na kvalitetu sna i raspoloženje. **Metode:** Prikupljeni su podaci 18 prigodno odabranih mladih odraslih osoba (raspon dobi: 18-27), od čega 13 žena i 5 muškaraca. Proveden je randomizirani kontrolirani ukriženi pokus u kojem su ispitanici nasumično raspoređeni u AB/BA tretman. Tretman A označavao je provođenje vježbanja svaki drugi dan tijekom jutarnjih sati (do zaključno 14:00h), dok je tretman B uključivao vježbanje u večernjim satima (nakon 21:00h). Pokazatelji kvalitete i kvantitete sna mjereni su Fitbit Charge 3 mjeracima tjelesne aktivnosti (Google Fitbit, SAD) kroz 14 uzastopnih dana i noći. Mjereni pokazatelji sna bili su trajanje spavanja, budnost nakon usnivanja, efikasnost sna i trajanje dubokog sna. Subjektivna procjena kvalitete sna ispitivana je putem The Groningen Sleep Quality Scale, a raspoloženje ispitanika PANAS upitnikom. Studentov T-test za zavisne uzorke korišten je za utvrđivanje statističke značajnosti pojedinih parametara sna i raspoloženja u različitim periodima vježbanja koje se provodilo u dva ciklusa, do 14 sati i nakon 21 sat, te za usporedbu između dana s vježbanjem u odnosu na dane bez vježbanja. **Rezultati:** Analize su pokazale kako nijedan od parametara kvalitete i kvantitete sna nije bio značajno promijenjen pod utjecajem vježbanja. Nisu uočene značajne razlike u objektivnim parametrima kvalitete i kvantitete sna između dva ciklusa vježbanja kao niti u subjektivnoj procjeni kvalitete sna. Također, nije bilo značajnog utjecaja vježbanja na raspoloženje niti u jednom periodu pokusa. **Zaključak:** Glavni rezultati ovog istraživanja ne pokazuju direktnu povezanost vremena vježbanja na kvalitetu sna, kao ni tjelesne aktivnosti na raspoloženje. U budućim istraživanjima bilo bi potrebno produljiti vrijeme trajanja istraživanja i uzeti u obzir remeteće faktore uz maksimalnu mogućnost njihove kontrole.

**Ključne riječi:** tjelesna aktivnost, cirkadijalni ritam, nosivi monitori aktivnosti, raspoloženje

## THE EFFECT OF EXERCISE AT DIFFERENT TIMES OF THE DAY ON SLEEP QUALITY

### **Abstract**

**Purpose:** The aim of this study was established how does exercise at different times of the day influence quality of sleep and mood. **Methods:** Data was collected from 18 young adults (age range: 18-27), 13 females and 5 males. A randomised crossover design was applied, and participants were randomly assigned to AB/BA treatment. Treatment A dictated exercise on every other day in the morning (until 2 p.m.), while during treatment B exercise was performed in the evening (after 9 p.m.). Indicators of quality and quantity of sleep were measured using Fitbit Charge 3 activity and sleep monitor (Google Fitbit, USA) throughout 14 consecutive days and nights. Parameters of sleep assessed in this study were total sleep time, wake time after sleep onset, sleep efficiency and duration of deep sleep. In, addition, subjective assessment of sleep quality was done every morning using The Groningen Sleep Quality Scale, while at the same time the PANAS questionnaire was used to evaluate the mood of the participants. Student T – test for dependent samples was applied for determining differences between individual parameters of sleep and mood in different treatment periods and to compare days with exercise versus days without exercise. **Results:** Analysis showed that none of the parameters of quality and quantity of sleep were significantly affected by the timing of exercise. There were no significant differences noticed in objective or subjective parameters of sleep quality and quantity between two cycles of exercises. Also, no significant effect of exercise on mood was recorded, in any of the exercise treatments. **Conclusion:** The results of this research show that there is no direct connection between exercise time and sleep quality, as well as connection between physical activity and mood. Future research should focus on extending the duration of the trial, and account for various sleep disruptors which should be controlled as much as possible.

**Key words:** physical activity, circadian rhythm, wearable activity monitors, mood

## POPIS KRATICA

GSQS (eng.Groningen Sleep Quality Scale) - maksimalan broj bodova iznosi 14, rezultat u rasponu od 0 do 2 predstavlja normalan san, a rezultat jednak ili veći od 6 bodova ukazuje na poremećaj sna u protekloj noći

ITM (eng.BMI, Body Mass Index) - indeks tjelesne mase, omjer tjelesne mase izražene u kilogramima i tjelesne visine u metrima kvadratnim

NREM (eng.Non-rapid Eye Movement) - spavanje bez brzog pomicanja očiju, 4 faze: 1. i 2. faze laganog sna, 3. i 4. faze dubokog sna

PANAS (eng. Positive and Negative Affect Schedule) - raspon rezultata za svaku skalu pojedinačno se kreće od 10 do 50, veći rezultat označava višu razinu pozitivnog, odnosno negativnog afekta

REM (eng.Rapid Eye Movement) - spavanje s brzim pokretima očiju

SE (eng.Sleep Efficiency ) - efikasnost sna, omjer TST i TIB izražen u postotku (%)

TIB (eng. Time In Bed) - vrijeme provedeno u krevetu, mjereno od prve minute kontinuiranog ležanja u krevetu do vremena ustajanja iz kreveta, izraženo u minutama

TST (eng. Total Sleep Time) - ukupno vrijeme spavanja, mjereno od prve minute kontinuiranog sna do početka prve minute prekida kontinuiranog sna, izraženo u minutama

WASO (eng. Wake Time After Sleep Onset ) - budnost nakon usnivanja, vrijeme budnosti od prve minute kontinuiranog sna do prve minute kontinuiranog prekida sna, izraženo u minutama



## Sadržaj

<b><u>1. UVOD</u></b> .....	8
<b><u>2. CILJEVI I HIPOTEZE</u></b> .....	11
<b><u>3. METODE ISTRAŽIVANJA</u></b> .....	12
3.1. Uzorak ispitanika .....	12
3.2. Protokol istraživanja .....	12
3.3. Kvaliteta sna .....	13
3.4. Raspoloženje .....	13
3.5. Metode obrade podataka .....	15
<b><u>4. REZULTATI</u></b> .....	16
<b><u>5. RASPRAVA</u></b> .....	22
<b><u>6. ZAKLJUČAK</u></b> .....	25
<b><u>7. LITERATURA</u></b> .....	26

## 1.UVOD

Biološki ritam živih bića prilagodba je uvjetovana stalnom izmjenom dana i noći. Temeljem toga, čovjek je u dvadeset četverosatnom periodu razvio obrasce više i niže razine metaboličke aktivnosti. Dok za vrijeme dana obavlja različitu vrstu rada i troši povećanu količinu energije, za vrijeme spavanja fiziološki prelazi u stanje smanjene svijesti gdje organizam miruje i gotovo u potpunosti zanemaruje podražaje iz okoline.

Osjećaj odmora, pravilno funkcioniranje refleksa i pozitivni odnosi s okolinom dobrobiti su koje sa sobom nosi dobar i kvalitetan san. S druge strane, loša kvaliteta sna izaziva umor, razdražljivost, disfunkciju tijekom dana, usporene reakcije, te dovodi do povećanja unosa količine kofeina i alkohola (Nelson i sur., 2021). Preporučeni broj sati sna za odrasle u dobi od 18 do 65 godina je od 7 do 9 sati, ali ne postoji idealna količina sna koju je moguće primijeniti na svakog pojedinca jer ovisi o različitim čimbenicima (Caput i sur., 2018). Umjereno smanjenje količine sna tijekom samo jednog tjedna remeti razinu šećera u krvi, a kronični problemi sa snom povećavaju vjerojatnost obolijevanja od srčano žilnih bolesti, srčanog ili moždanog udara i kongestivnog zatajenja srca (Walker, 2017). Nadalje, nekvalitetno spavanje pridonosi mnogim ozbiljnim psihijatrijskim stanjima poput depresije, tjeskobe i sklonosti samoubojstvu, te potiče lučenje hormona za osjećaj gladi što dovodi do naglog povišenja tjelesne mase (Walker, 2017).

Osim što Ferrara & De Gennaro (2018) ističu važnost kvantitativnih pokazatelja prikazanih kroz sate sna potrebne za obavljanje svih zadataka tijekom dana, adekvatnost sna potrebno je promatrati i kroz kvalitativne pokazatelje. U istraživanju Ohayona i sur. (2017) navodi se nekoliko parametara koji objašnjavaju kontinuiranost sna, a to su: latencija sna, broj buđenja, budnost nakon usnivanja i efikasnost sna. Što je kraća latencija sna, vrijeme budnosti nakon početka sna, manji broj buđenja i veća efikasnost sna to je bolja ukupna kvaliteta sna. Unutar jedne noći, san je podijeljen na 90 minutni ciklus NREM (eng. non REM ) i REM (eng. rapid eye movement) faza koje se kontinuirano izmjenjuju tri do šest puta (Mansfield i sur., 2017). Za vrijeme trajanja NREM faze sna dolazi do minimalne mentalne aktivnosti, mirnog spavanja s pravilnim, dubokim disanjem i srčanim ritmom dok je za REM karakteristična mišićna atonija, nepravilno disanje i srčani ritam, javlja se nedostatak regulacije tjelesne temperature, vazokonstrikcija i snovi (Kalia, 2006).

NREM spavanje podijeljeno je u četiri stupnja po 'dubini' sna. 1. i 2. stupanj su faze laganog sna i javljaju se na prijelazu iz budnosti u san, a 3. i 4. stanje su dubokog sna, te se još nazivaju „spavanje sporih valova“ (eng. SWS, Slow Wave Sleep) (Colrain, 2011). Tijekom dubokog NREM spavanja bez snova, ukupna metabolička aktivnost je u laganom porastu u odnosu na izmjerenu kod osobe koja se odmara u budnom stanju (Walker, 2017), povećana je parasimpatička aktivnost, te dolazi do povećane sekrecije hormona rasta (Kuštek, 2010). Za vrijeme REM spavanja dolazi do naglog povećanja aktivnosti emocionalnog područja mozga gdje se ona poveća za 30% u odnosu na stanje budnosti i to je vrijeme kada čovjek počinje sanjati (Walker, 2017).

Povezujući ciklus spavanja i budnosti definiran je cirkadijalni ritam, jedan od glavnih ritmova u ljudskom organizmu (Atikson i sur., 2007). Cirkadijalni ritam, unutrašnji je sat svakog živog bića čiji životni vijek traje dulje od nekoliko dana, te diktira ritam dijelovima mozga i svakom organu u tijelu. Tim tempom određeno je želi li čovjek ostati budan ili želi spavati, kao i drugi ritmički obrasci u tijelu poput potreba za hranom i pićem, raspoloženjem i osjećajima, količinom mokraće koju tijelo stvara, bazalnoj temperaturi organizma, te brzini samog metabolizma i otpuštanju različitih hormona. Melatonin i adenozin hormoni su koji usklađeno djeluju u regulaciji spavanja i budnosti. Melatonin započinje s lučenjem iz epifize nedugo nakon sumraka i aktivno djeluje na dijelove mozga koji su zaduženi za 'izazivanje' sna. Nakon što nastupi san, koncentracija melatonina opada i postupno se smanjuje do jutra. Adenozin se za razliku od melatonina nakuplja u organizmu tijekom dana. Kada dosegne svoj vrhunac, značajno se smanjuje razina energije u organizmu i javlja se potreba za spavanjem (Walker, 2017).

Rizici koje za sobom nosi manjak sna ili nekvalitetan san jednaki su onima koje izaziva nedostatak tjelesne aktivnosti. Kako bi se očuvalo zdravlje i ostvarili benefiti, Svjetska zdravstvena organizacija (SZO, eng. WHO) preporuča na tjednoj bazi 150 do 300 minuta tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta ili 75 do 150 minuta visoko intenzivne tjelesne aktivnosti ili kombinaciju navedenih intenziteta i trajanja (Bull i sur., 2020). Svako tjelesno kretanje koje izaziva bilo koji oblik mišićne kontrakcije i povećanje energijskog utroška iznad onog u mirovanju opisuje pojam tjelesna aktivnost (Caspersen i sur., 1985). Tjelesna aktivnost pruža brojne dobrobiti u vidu prevencije kroničnih nezaraznih bolesti, očuvanju mentalnog i kognitivnog zdravlja, unapređenju sna (Bull i sur., 2020), a prema istraživanju Straina i suradnika (2024) trećina odrasle populacije u svijetu ne zadovoljava preporučenu razinu tjelesne aktivnosti.

Provodeći tjelesnu aktivnost 3 – 5 puta tjedno, određenog trajanja i to kroz period od tri mjeseca, ostvaruju se pozitivni učinci na kvalitetu sna i loš san, smanjuju se simptomi ozbiljnosti nesanice kao i dnevna pospanost. Osim redovitog tjelesnog vježbanja, vježbanje uma i tijela (pr. joga) može imati drugačije i dodatne učinke poboljšanja sna, ali kroz duži vremenski period ( Xie i sur., 2021).

Bodziony i sur. (2024) u svome su radu ispitivali spavanje, tjelesnu aktivnost i zajedničku povezanost s tjelesnim funkcioniranjem. U istraživanje je bilo uključeno 108 studenta koji su putem upitnika zabilježili lošu kvalitetu sna, sub optimalno trajanje sna i nedostatak tjelesne aktivnosti. Nakon analize podataka utvrđeno je da je loša kvaliteta sna povezana s većim umorom i manjom spremnošću na tjelesnu aktivnost. Postoji značajan negativni učinak u interakciji razine tjelesne aktivnosti i trajanja sna. Studenti koji su prijavili nedovoljnu tjelesnu aktivnost i spavali manje od 6 h imali su najveći negativni učinak. Sukladno tome, loša kvaliteta sna praćena povećanim umorom utječe na fizičko i mentalno zdravlje uključujući depresiju i kronične bolesti. Opsežna meta-analiza (Kredlow, 2015) podupire redovito vježbanje kao intervenciju utemeljenu na dokazima za poboljšanje percipiranih i objektivnih metrika sna. Navodi kako se prednosti vježbanja realiziraju odmah i snažnije su u usporedbi s farmakološkom terapijom. Gotovo jednake rezultate dobio je Zapalac (2024) provodeći istraživanje na 65 ispitanika kroz 6 mjeseci. Utvrdio je da tjelesna aktivnost izaziva mjerljive promjene u prirodi spavanja kao što su dulje trajanje spavanja i niži omjer REM/NREM-a, te da je navedeno povezano s pozitivnim raspoloženjem. Tjelesnom aktivnošću niskog intenziteta dolazi do povećanja razine energije, smanjenja stresa na unutarnjoj i međuljudskoj razini, te poboljšanja percepcije mirnoće sna. Prema navedenom preglednom radu Wanga i suradnika (2024) povećana tjelesna aktivnost poboljšava kvalitetu sna, ali uz to navodi kako kasnovečernje vježbanje dovodi do smanjenja lučenja melatonina, potrošnje energije i povišenja tjelesne temperature, pa preporučaju vježbe nižeg intenziteta koje će dovesti do opuštanja organizma i poboljšanja kvalitete sna ili duži vremenski period između vježbanja i odlaska na spavanje. Potvrđeno je da spavanje započinje snižavanjem tjelesne temperature te varijacije u smjeru porasta bazalne temperature, izazvane tjelesnom aktivnošću, mogu produžiti vrijeme utonuća u san ili izazvati češća buđenja (Atiskon i sur., 2007).

Nadovezujući se na činjenicu kako povišenje tjelesne temperature izaziva odgodu sna, Stutz i suradnici (2019), u opsežnoj meta-analizi gdje su promatrali učinke večernjeg vježbanja na kvalitetu sna dolaze do suprotnih zaključaka. Naime, večernje vježbanje provedeno 1 – 2,5 h prije spavanja, nije izazvalo veće promjene u kvaliteti sna već blagotvoran učinak na san iako

je povišena bazalna temperatura povezana s većim WASO-m i manjim SE-om. Promjene u navedenim vrijednostima objašnjavaju uzrokom povišene razine stresa kojoj je organizam izložen prilikom intenzivnog vježbanja, navodeći da vježbanje u bilo koje doba dana ima pozitivan učinak na kvalitetu sna. Kao mogući uzrok narušavanja kvalitete sna spominju tjelesnu aktivnost visokog intenziteta provedenu  $\leq 1$  h prije spavanja, a glavni razlog tomu je razlika u frekvenciji srca koja je povećana za 20 otkucaja u minuti, te organizmu nije pruženo dovoljno vremena za kardiorespiratorni oporavak. Druge studije podupiru ovakvu teoriju jer povećanja od 10 otkucaja u minuti nisu pokazala značajnije promjene na kvalitetu sna. Osim navedenog, kod osoba koje dobro spavaju, dolazi do smanjenja parasimpatičke aktivnosti dok simpatička ostaje nepromijenjena. Da je stres jedan od okidača koji uzrokuje lošiji san objašnjeno je na primjeru biciklista i trkača prema kojemu trčanje naspram vožnje bicikla iziskuje višu razinu oštećenja mišića, upale i bolove pri istom intenzitetu opterećenja. Slične rezultate, na istom primjeru aktivnosti dobio je Frimpong (2021). U obje studije ispitanici su vježbali intenzitetom 75 – 80 %  $VO_2max$ , te odlazili u približno isto vrijeme na spavanje. Frimpongovi ispitanici vježbanje su provodili jednom tjedno u trajanju od 25 minuta do 3 sata. Dobivenim rezultatima utvrđeno je da akutno vježbanje visokog intenziteta 0,5 – 4 h prije spavanja ne remeti san zdravih mladih osoba, ali vježbanje unutar 1 h prije spavanja, može izazvati poremećaje. Intenzivno vježbanje 2 h prije spavanja skraćuje početak spavanja i produljuje san, pa je smanjena količina REM faze sna kao negativnog pokazatelja zanemarujući faktor. Također, veće pozitivne promjene izazvane su kada je tjelesna aktivnost trajala dulje (30 – 60 minuta), nego kraće (25 – 30 minuta).

Tjelesna aktivnost ima i dobro dokumentirane pozitivne učinke na raspoloženje. Primjerice, program organizirane tjelesne aktivnosti, u trajanju od 16 tjedana pokazao se jednako učinkovitim u ublažavanju simptoma depresije kao i lijekovi (Waner i sur., 2014). Utjecaj tjelesne aktivnosti na raspoloženje objašnjava se endorfinskom hipotezom prema kojoj tjelesna aktivnost potiče mozak na proizvodnju endogenih opioidnih peptida koji smanjuju bol i poboljšavaju raspoloženje (Mahindru i sur., 2023). Rokade (2011) pak u svome istraživanju navodi kako je endorfin prirodni analgetik koji započinje s lučenjem kada se tijelo nalazi pod velikom količinom stresa koji onda stimulira njegovo oslobađanje i smiruje mozak, stresne situacije i donosi osjećaj sreće. Nadalje, kako bi se pokrenulo lučenje endorfina potrebno je provesti minimalno 30 minuta kontinuirane aktivnosti. Važno je spomenuti i primjer intervencije provedene na anksioznom pacijentu koji je svakodnevno, uz primjenu oralne terapije, dodatno ujutro i navečer provodio aktivnost brzog hodanja u trajanju od 45 minuta.

Po završetku tretmana ustanovljeno je da je razina samopouzdanja kod pacijenta značajno porasla, te je smanjena doza konzumacije analgetika koji sadrže endorfin (Rokade i sur., 2011).

Budući da su rezultati prijašnjih istraživanja o utjecaju vremena vježbanja na san donekle konfliktni, ovim se istraživanjem nastojalo se utvrditi kakav je utjecaj vremena provođenja tjelesne aktivnosti na san kod mladih zdravih osoba. Istraživala se je razlika u duljini i kvaliteti sna izraženoj kroz različite parametre kada je vježbanje provedeno u prijepodnevnim u odnosu na kasnovečernje sate. Nastojalo se i utvrditi utječe li doba provođenja tjelesne aktivnosti na raspoloženje ispitanika.

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE**

Cilj: Utvrditi utjecaj vremenskog perioda vježbanja na kvalitetu sna i posljedično na raspoloženje.

Hipoteza 1: Vremenski period tjelesne aktivnosti nema utjecaj na kvalitetu sna.

Hipoteza 2: Tjelesna aktivnost neovisno o dnevnom vremenu provedbe pozitivno utječe na raspoloženje.

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Uzorak ispitanika

Prije početka provedbe mjerenja istraživanje je odobrilo etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, broj 48/2024.

Sudionici istraživanja bile su prigodno odabrane mlade odrasle osobe oba spola. Ispitanici su upoznati s načinom provedbe samog istraživanja, te su dobrovoljno pisanim putem pristupili istraživanju. Preduvjeta za sudjelovanje nije bilo. Isključni kriteriji isključivanja bili su dijagnoza poremećaja spavanja te nemogućnost provođenja vježbanja zbog zdravstvenih i/ili tjelesnih ograničenja. Ciljana populacija iz koje su regrutirani sudionici su studenti i mlade odrasle osobe. Uzorak ispitanika činilo je 18 ispitanika od čega 13 žena i 5 muškaraca, te su podaci svih 18 korišteni u analizi.

#### 3.2. Protokol istraživanja

Pristupanjem istraživanju, svim sudionicima podijeljeni su mjerni uređaji, upitnici i uputstva o načinu ponašanja za vrijeme trajanja istraživanja. Provedeno istraživanje je zamišljeno kao ukriženi randomizirani kontrolirani pokus, te su ispitanici nasumično raspoređeni u AB/BA tretman. Skupina 1 (tretman AB), prvi tjedan je tjelesnu aktivnost provodila u prijepodnevnim satima (do 14 h), a drugi tjedan u večernjim satima (iza 21 h). Za skupinu 2 (tretman BA) vrijedilo je obratno. Svi ispitanici provodili su vježbanje aerobnog tipa prema vlastitom odabiru (trčanje, trčanje u intervalima, vožnja bicikla, plivanje, kružni trening) u trajanju od minimalno 30 minuta. Aktivnost su provodili svaki drugi dan na način da su 1 tjedan vježbali prijepodne, a 1 navečer. Svaki ispitanik je proveo ukupno 6 treninga, odnosno 3 treninga po ciklusu. Između 2 ciklusa različitog perioda vježbanja postojala je pauza u trajanju od 3 dana radi ispiranja eventualnog srednjoročnog učinka vježbanja. Intenzitet aktivnosti ispitanici su samostalno dozirali u skladu s vlastitim mogućnostima i sklonostima.

### 3.3. Kvaliteta sna

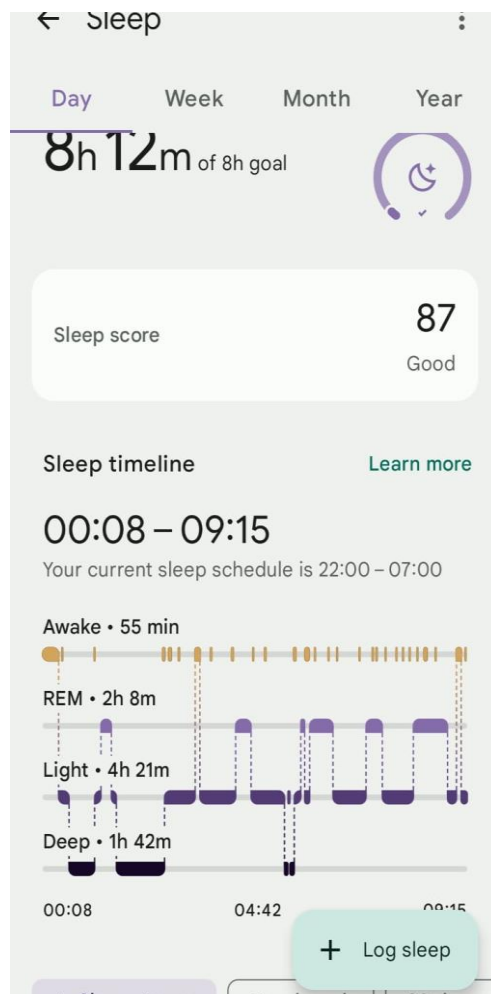
Pokazatelji razine tjelesne aktivnosti, te kvalitete i trajanja sna mjereni su Fitbit Charge 3 (Google Fitbit, SAD) mjeračima tjelesne aktivnosti (Slika 1). Fitbit uređaj nošenjem na zapešću, uz pomoć različitih funkcija automatski bilježi parametre spavanja koji se temelje na količini tjelesnog kretanja, brzini pulsa i disanja, pa podatci o pojedinoj fazi mogu biti manje točni. Kako bi se dobio uvid u metriku protekle noći, uređaj je potrebno sinkronizirati u pripadajućoj aplikaciji (St John, 2023). Pokazatelj ukupnog vremena spavanja (TST, eng. Total sleep time), budnost nakon usnivanja (WASO, eng. Wake Time After Sleep Onset), vremena provedenog u krevetu (TIB, eng. Time in Bed) i efikasnosti sna (SE, eng. Sleep Efficiency) koji je izračunat kao  $TST/TIB$ , te je bio glavni objektivni indikator kvalitete spavanja procijenjeni su pomoću senzora za mjerenje otkucaja srca i varijabilnosti frekvencije srca, akcelerometra žirokopa integriranih u Fitbit monitor aktivnosti te zaštićenih algoritama proizvođača (<https://enterprise.fitbit.com/blog/track-sleep/>). Na isti način procijenjene su i pojedine faze spavanja (REM/NREM, eng. Rapid Eye Movement/Non-rapid Eye Movement), lagan i dubok san (eng. Light and Deep Sleep) te broj buđenja (eng. Number of Awakenings). Fitbit uređaji Charge 3, korišteni u ovom istraživanju pokazali su se kao valjani u procjeni spavanja (Haghayegh i sur., 2019). Sudionici su nosili uređaje 24 h dnevno kroz 14 uzastopnih dana. Dodatno, svaki dan za vrijeme trajanja istraživanja, subjektivan doživljaj kvalitete sna ispitivan je putem The Groningen Sleep Quality Scale (GSQS; Mulder-Hajonides Van Der Meulen i sur., 1981). Ispitanici su podatke oba upitnika bilježili neposredno nakon buđenja.

GSQS je upitnik koji se sastoji od 14 pitanja usmjerenih na subjektivnu procjenu sna u prethodnoj noći. Odgovori su u obliku točno/netočno, a boduju se sa 0 ili 1. Sukladno tome, maksimalan broj bodova iznosi 14, te rezultat u rasponu od 0 do 2 predstavlja normalan san, a rezultat jednak ili veći od 6 bodova ukazuje na poremećaj sna u protekloj noći (Mulder-Hajonides Van Der Meulen i sur., 1981).





Slika 1. *Fitbit Charge 3* (<https://device101.fitbit.com/guides/charge3-101.html>)



Slika 2. Prikaz praćenja parametara spavanja u *Fitbit* aplikaciji

### 3.4. Raspoloženje

Raspoloženje ispitanika ispitivano je svakog jutra nakon buđenja pomoću PANAS upitnika (eng. Positive and Negative Affect Schedule, Watson i sur., 1988). PANAS skala je kratka skala koja se koristi za mjerenje pozitivnog i negativnog afekta. Sastoji se od ukupno 20 pridjeva od kojih je 10 usmjereno na pozitivni afekt, a 10 na negativni. Na temelju Likertove ljestvice od 1 („Vrlo malo ili nimalo“) do 5 („Izrazito“) ispitanici određuju svoje emocionalno stanje. Zbrajanjem bodova, raspon rezultata za svaku skalu pojedinačno se kreće od 10 do 50, gdje veći rezultat označava višu razinu pozitivnog, odnosno negativnog afekta (Watson i sur., 1988).

### 3.5. Metode obrade podataka

Nakon preuzimanja podataka sa službene Fitbit stranice izrađena je Excel baza podataka sa vrijednostima varijabli spavanja i aktivnosti za svakog ispitanika, za svaki dan pojedinačno. Nakon toga, formirana je nova Excel baza podataka sa prosjekom svakog ispitanika u pojedinoj varijabli za pojedini period istraživanja (tj. „tretman“) koja se kasnije koristila u analizama. Za daljnju statističku obradu podataka korišten je program Statistica 13 (StatSoft, SAD). Deskriptivnom statistikom dobiveni su osnovni statistički parametri za svaku varijablu. Studentov T-test za zavisne uzorke korišten je za utvrđivanje statističke značajnosti pojedinih parametara sna i raspoloženja u različitim periodima vježbanja koje se provodilo u dva ciklusa, do 14 sati i nakon 21 sat. Razina statističke značajnosti je postavljena na  $p < 0,05$ .

#### 4. REZULTATI

Za vrijeme trajanja istraživanja ukupno je prikupljeno podataka za 234 dana, što prosječno po ispitaniku iznosi 13, te su ispitane noći sadržavale potpune podatke o kvantiteti i kvaliteti sna. Ukupan broj dana kada je provedeno tjelesno vježbanje je bio 108, prosječno po ispitaniku 6, dok je dana kada nije provedeno tjelesno vježbanje bilo 126, što prosječno po ispitaniku iznosi 7.

U tablici 1 prikazane su osnovne karakteristike sudionika čija je prosječna dob iznosila 23,9 godina, dok tablica 2 prikazuje pokazatelje prosječne kvalitete i kvantitete sna, te raspoloženje tijekom cijelog 14-dnevnog razdoblja.

*Tablica 1. Osnovne karakteristike sudionika istraživanja (N=18)*

	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Dob (godine)	23,9	1,9	18	27
Tjelesna visina (cm)	170,4	10,4	153	200
Tjelesna masa (kg)	64,1	13,1	46	97
ITM (kg/m <sup>2</sup> )	21,9	7	16,6	27,1

*ITM – indeks tjelesne mase, omjer tjelesne mase izražene u kilogramima i tjelesne visine u metrima kvadratnim*

*Tablica 2. Pokazatelji prosječne kvalitete i kvantitete sna, te raspoloženja tijekom cijelog 14-dnevnog razdoblja (N=18)*

	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Groningen	2,7	2,9	0	17
TST (min)	406	91	64	683
WASO (min)	58	20	0	147
SE (%)	88	3,3	66	100
TIB (min)	465	104	72	778
Duboki san (min)	73	25	0	146
PANAS pozitivno	28,6	6,9	11	48
PANAS negativno	12,7	3,8	10	31

*Duboki san – 3. i 4. faza NREM spavanja*

*Groningen - maksimalan broj bodova iznosi 14, rezultat u rasponu od 0 do 2 predstavlja normalan san, a rezultat jednak ili veći od 6 bodova ukazuje na poremećaj sna u protekloj noći.*

*PANAS - raspon rezultata za svaku skalu pojedinačno se kreće od 10 do 50, gdje veći rezultat označava višu razinu pozitivnog, odnosno negativnog afekta (Watson i sur., 1988).*

*SE – efikasnost sna, omjer TST i TIB izražen u postotku (%)*

*TIB – vrijeme provedeno u krevetu, mjereno od prve minute kontinuiranog ležanja u krevetu do vremena ustajanja iz kreveta, izraženo u minutama*

*TST – ukupno vrijeme spavanja, mjereno od prve minute kontinuiranog sna do početka prve minute prekida kontinuiranog sna, izraženo u minutama*

*WASO – budnost nakon usnivanja, vrijeme budnosti od prve minute kontinuiranog sna do prve minute kontinuiranog prekida sna, izraženo u minutama*

U tablici 3 navedene su prosječne vrijednosti kvalitete sna u razdobljima kada se organizirana tjelesna aktivnost provodila do 14 h, odnosno nakon 21 h. U razdoblju kada su ispitanici provodili vježbanje nakon 21 h zabilježeno je produljeno ukupno prosječno trajanje spavanja za 19 minuta, te duža budnost nakon usnivanja za 3 minute. Razlika u nijednom od navedenih parametara sna nije dosegla razinu statističke značajnosti ( $p=0,21-0,97$ ).

*Tablica 3. Pokazatelji prosječne kvalitete i kvantitete sna tijekom 7-dnevnog razdoblja, tjelesna aktivnost do 14 h i nakon 21 h izražene kroz AS(SD)*

	TA do 14 h	TA nakon 21 h	p vrijednost
Groningen	2,7 (1,3)	2,6(1,2)	0,52
TST (min)	404(54)	423(53)	0,22
WASO (min)	56(12)	59(10)	0,21
SE (%)	88(2)	88(1)	0,89
Duboki san (min)	74(11)	74(1)	0,97

*Duboki san – 3. i 4. faza NREM spavanja*

*Groningen - maksimalan broj bodova iznosi 14, rezultat u rasponu od 0 do 2 predstavlja normalan san, a rezultat jednak ili veći od 6 bodova ukazuje na poremećaj sna u protekloj noći.*

*SE – efikasnost sna, omjer TST i TIB izražen u postotku (%)*

*TST – ukupno vrijeme spavanja, mjereno od prve minute kontinuiranog sna do početka prve minute prekida kontinuiranog sna, izraženo u minutama*

*WASO – budnost nakon usnivanja, vrijeme budnosti od prve minute kontinuiranog sna do prve minute kontinuiranog prekida sna, izraženo u minutama*

Tablica 4 prikazuje subjektivnu procjenu raspoloženja prikupljenu PANAS upitnikom kroz oba 7-dnevna razdoblja istraživanja. U oba ciklusa vježbanja zabilježena je zadovoljavajuća razina pozitivnog utjecaja koja je kroz 14 dana iznosila prosječno  $28,6 \pm 5,6$ . Jednako povoljni rezultati uočljivi su za razinu negativnog utjecaja koji je iznosio prosječno  $12,7 \pm 2,7$ . Nije bilo razlika u raspoloženju između razdoblja prijepodnevnog i večernjeg vježbanja ( $p=0,99$  i  $p=0,35$ ).

Tablica 4. Pokazatelji prosječnog raspoloženja 7-dnevnog razdoblja, subjektivna procjena PANAS upitnikom, tjelesna aktivnost do 14 h i nakon 21 h izražene kroz AD(SD)

	TA do 14 h	TA nakon 21 h	p vrijednost
PANAS pozitivno	28,6(5,5)	28,6(5,8)	0,99
PANAS negativno	12,9(2,8)	12,5(2,7)	0,35

PANAS - raspon rezultata za svaku skalu pojedinačno se kreće od 10 do 50, gdje veći rezultat označava višu razinu pozitivnog, odnosno negativnog afekta (Watson i sur., 1988).

U tablici 5 pokazatelji su prosječne kvalitete i kvantitete sna tijekom oba 7-dnevna razdoblja u danima kad su ispitanici provodili tjelesnu aktivnost i kad nisu. Rezultati su pokazali da nije bilo razlike između dana kada su sudionici vježbali i kad nisu i to u jednom ciklusu vježbanja ( $p = 0,12-0,60$ ).

Tablica 5. Pokazatelji prosječne kvalitete i kvantitete sna tijekom 7-dnevnog razdoblja u danima kad ispitanici nisu provodili TA (0) i kad su provodili TA (1) izražene kroz AS(SD)

	TA do 14 h		p	TA nakon 21 h		p
	bez vježbanja	vježbanje		bez vježbanja	vježbanje	
Groningen	2,8(1,5)	2,7(2)	0,54	2,6(1,8)	2,4(1,3)	0,60
TST (min)	409(72)	397,71(91,26)	0,67	413(59)	428(61)	0,31
WASO (min)	58(14)	54(16)	0,37	58(12)	60(12)	0,42
SE (%)	87(2)	88(2)	0,24	88(2)	87(2)	0,23
Duboki san (min)	71(18)	73(22)	0,73	69(23)	77(20)	0,12

Duboki san – 3. i 4. faza NREM spavanja

Groningen - maksimalan broj bodova iznosi 14, rezultat u rasponu od 0 do 2 predstavlja normalan san, a rezultat jednak ili veći od 6 bodova ukazuje na poremećaj sna u protekloj noći.

SE – efikasnost sna, omjer TST i TIB izražen u postotku (%)

TST – ukupno vrijeme spavanja, mjereno od prve minute kontinuiranog sna do početka prve minute prekida kontinuiranog sna, izraženo u minutama

WASO – budnost nakon usnivanja, vrijeme budnosti od prve minute kontinuiranog sna do prve minute kontinuiranog prekida sna, izraženo u minutama

U tablici 6 pokazatelji su prosječnog raspoloženja ispitanika tijekom oba 7-dnevna razdoblja u danima kad su ispitanici provodili tjelesnu aktivnost i kad nisu. Rezultati su pokazali nepostojanje razlika između dana kada su sudionici vježbali i kada nisu vježbali, i to niti u jednom ciklusu vježbanja ( $p=0,29-0,82$ ).

*Tablica 6. Pokazatelji prosječnog raspoloženja tijekom 7-dnevnog razdoblja u danima kad ispitanici nisu provodili TA (0) i kad su provodili TA (1) izražene kroz AS(SD)*

	TA do 14 h		p	TA nakon 21 h		p
	bez vježbanja	vježbanje		bez vježbanja	vježbanje	
PANAS pozitivno	28,2(6)	29,2(5,5)	0,29	28,3(6)	29,0(6)	0,45
PANAS negativno	12,8(3,1)	12,9(2,8)	0,82	12,4(2,5)	12,9(2,8)	0,32

*PANAS - raspon rezultata za svaku skalu pojedinačno se kreće od 10 do 50, gdje veći rezultat označava višu razinu pozitivnog, odnosno negativnog afekta (Watson i sur., 1988).*

U tablici 7 prikazane u prosječne vrijednosti kvalitete i kvantitete sna tijekom oba 7-dnevna razdoblja u danima kad su ispitanici vježbali i to po ciklusima do 14 h i nakon 21 h. Razlika parametara navedenih u tablici, nije dosegla razinu statističke značajnosti niti u jednom periodu vježbanja ( $p=0,11-0,67$ ).

*Tablica 7. Pokazatelji prosječne vrijednosti kvalitete i kvantitete sna tijekom 7-dnevnog razdoblja u danima kad su ispitanici provodili TA (1), usporedno po ciklusima do 14 h i nakon 21 h izražene kroz AS(SD)*

	TA do 14 h	TA nakon 21 h	p
Groningen	2,6(2)	2,4(1,3)	0,67
TST (min)	398(91)	428(61)	0,11
WASO (min)	54(16)	60(13)	0,12
SE (%)	88(2)	87(2)	0,22
Duboki san (min)	73(22)	77(20)	0,45

*Duboki san – 3. i 4. faza NREM spavanja*

*Groningen - maksimalan broj bodova iznosi 14, rezultat u rasponu od 0 do 2 predstavlja normalan san, a rezultat jednak ili veći od 6 bodova ukazuje na poremećaj sna u protekloj noći.*

*SE – efikasnost sna, omjer TST i TIB izražen u postotku (%)*

*TST – ukupno vrijeme spavanja, mjereno od prve minute kontinuiranog sna do početka prve minute prekida kontinuiranog sna, izraženo u minutama*

*WASO – budnost nakon usnivanja, vrijeme budnosti od prve minute kontinuiranog sna do prve minute kontinuiranog prekida sna, izraženo u minutama*



U tablici 8 pokazatelji su prosječnog raspoloženja ispitanika tijekom oba 7-dnevna razdoblja u danima kad su ispitanici provodili tjelesnu aktivnost. Nije bilo značajnih razlika za dane kad su provodili tjelesnu aktivnost između ciklusa vježbanja ( $p=0,87$  i  $p=0,89$ ).

*Tablica 8. Pokazatelji prosječne vrijednosti raspoloženja tijekom 7-dnevnog razdoblja u danima kad su ispitanici provodili TA (1), usporedno po ciklusima do 14 h i nakon 21 h izražene kroz AS(SD)*

	vježbanje		p
	TA do 14 h	TA nakon 21 h	
PANAS pozitivno	29,2(5,48)	29,0(6)	0,87
PANAS negativno	12,9(2,8)	12,9(2,8)	0,89

*PANAS - raspon rezultata za svaku skalu pojedinačno se kreće od 10 do 50, gdje veći rezultat označava višu razinu pozitivnog, odnosno negativnog afekta (Watson i sur., 1988).*

## 5. RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi povezanost različitog vremena vježbanja s kvalitetom sna i raspoloženjem. Analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da vježbanje, kao ni doba dana u kojem se vježbanje provodilo, nije utjecalo na kvalitetu sna. Isto tako, nije utvrđen utjecaj vježbanja na raspoloženje idućeg jutra.

Korištenjem aplikacija za vježbanje koje prate trajanje i učestalost aktivnosti svakog pojedinca kroz duži vremenski period, u već spomenutoj meta-analizi Xiea i suradnika (2021), uočeno je da zbog navedenog dolazi do vjerojatnijih promjena u subjektivnom snu nego u objektivnim indikatorima kvalitete sna. Iako u provedenom istraživanju nisu uočene značajne promjene u kvaliteti sna ispitanika nakon vježbanja, istraživanje Bissona i suradnika (2019) o utjecaju hodanja na spavanje pokazalo je suprotne rezultate. Proučavane su dvije grupe ispitanika od kojih je jedna vježbala akutno te je kvaliteta sna procijenjena nakon jednog dana vježbanja i druga grupa ispitanika koje je vježbala redovito kroz četiri tjedna. Interventna grupa, naspram kontrolne, dodatno je povećavala tjedni broj koraka za 2000. Prema rezultatima istraživanja, grupa koja je povećavala tjedni broj koraka prijavila je značajno bolju kvalitetu sna u usporedbi s onima koji su bili prosječno aktivni. Isti rezultati uspoređivani po spolu potvrđuju spomenuti rezultat za žene, ali ne za muškarce. Sličnosti spomenutog istraživanja s provedenim očituju se u provođenju aerobnih aktivnosti, ali varijable koje bi mogle značajnije utjecati na dobivanje različitih rezultata su vremenski period trajanja istraživanja, 2 tjedna naspram tretmana od 4 tjedna kao i ekstenzitet vježbanja koji je u Bissonovom istraživanju postupno povećavan na tjednoj bazi. Nadalje, spomenimo kako su sudionici ovog istraživanja redovito i dovoljno aktivni, te se nije uspoređivao dulji period sedentarnog života s vježbanjem već samo usporedni dani s vježbanjem i bez vježbanja.

Provedeno istraživanje, rezultatima nije pokazalo ni subjektivne ni objektivne promjene u kvaliteti sna vezane uz kasnovečernje vježbanje, a tome u prilog ide Brandovo (2014) istraživanje u koje je uključio sudionike koji se redovito bave umjerenom do intenzivnom tjelesnom aktivnošću 2 – 3 puta tjedno. Ispitanici su svakodnevno odlazili na spavanje između 21 – 22 h, dok je period vježbanja bio između 20:45 – 21:15 h. Iako je došlo do povećanja minuta dubokog sna i smanjenja REM spavanja, rezultati su pokazali da se ispitanici koji su vježbali ni u jednoj varijabli pokazatelja kvalitete sna ne razlikuju od ispitanika koji ne vježbaju. Zanimljivo je spomenuti Bumana i suradnike (2014) koji su istraživali utjecaj vježbanja visokog intenziteta na parametre spavanja kroz tri različita perioda u danu - > 8 h

prije spavanja, 4 – 8 h prije spavanja i < 4 h prije spavanja. Analizom rezultata nisu uspjeli potvrditi hipotezu da je vježbanje neposredno prije spavanja povezano s poremećenim snom. Grupa koja je vježbala < 4 h prije spavanja pokazala je da je spavanje bilo jednake ili veće kvalitete i trajanja u danima kada su vježbali u usporedbi s danima kad nisu, te velika većina vjeruje da je bolje spavala. Također, nije vidljivo ni pogoršanje kvalitete sna kod osoba s već lošom kvalitetom sna. Ipak, gledajući ukupnu kvalitetu sna i optimalno trajanje, najpovoljniji su rezultati jutarnjih vježbača, te je najmanja vjerojatnost da će se probuditi umorni. Jutarnja tjelovježba značajno poboljšava vrijeme potrebno za usnivanje, te smanjuje budnost nakon usnivanja (Dolezal i sur., 2017). Gotovo jednaki rezultati prethodno navedenih istraživanja i onih spomenutih, Strutza i Frimponga, kao i ovog istraživanja objedinjuju činjenicu da večernja tjelesna aktivnost ne remeti kvalitetu sna već kroz duži vremenski period izaziva pozitivne učinke neovisno o mentalnom stanju ispitanika. U svim istraživanjima, uključujući i ovo, a izuzev Bumanova, sudionici su zdrave mlade osobe oba spola koje nemaju problema sa spavanjem i redovito se bave tjelesnom aktivnošću. Ono što razlikuje ovo istraživanje u usporedbi s navedenima je što se svi provedeni tretmani u prijašnjim studijama zasnivaju na aerobnim aktivnostima unutar istog intenziteta je u ovom pokusu bila zadana samo vrsta aktivnosti, ali nije prikupljan točan podatak o intenzitetu. Međutim, činjenica da su i uz sve razlike, opisana istraživanja suglasna u zaključku da večernje vježbanje ne remeti san ukazuje da se barem kod mladih zdravih osoba vježbanje može planirati u bilo koje doba dana.

Iako u ovom istraživanju vježbanje nije bilo praćeno boljim raspoloženjem, postoje brojna istraživanja koja potvrđuju pozitivan utjecaj vježbanja na raspoloženje, pa se često primjenjuje i u liječenju narušenog mentalnog stanja. Primjerice, Lane i suradnici (2001) su na uzorku ispitanika opće populacije dokazali pozitivan utjecaj vježbanja na depresivno stanje. Nakon 60 minuta aerobika na 50 – 70 %  $VO_{2max}$ , sudionici su zabilježili smanjeni osjećaj ljutnje, zbunjenosti, umora i napetosti, a povećanje snage bilo je znatno veće u skupini koja je na početku ispitivanja pokazala veću razinu depresivnog stanja. Razlika u rezultatima navedenog istraživanja s našim istraživanjem je u vremenu kada se procjenjivala razina raspoloženja i ispitanicima. U ovom istraživanju parametri raspoloženja su ispitivani sljedeći dan, a ne neposredno nakon vježbanja, te su naši ispitanici općenito bili dobrog raspoloženja. Nadalje, ekstenzitet vježbanja je bio manji, te nije određen raspon intenziteta aktivnosti. Ako pak ovo istraživanje usporedimo sa studijom Wanga i suradnika (2021) koji su utvrdili da tjelesna aktivnost kroz duži vremenski period ima pozitivne učinke na prevenciju metaboličkih poremećaja i raspoloženje, možemo reći da je vremenski period trajanja intervencija važan

faktor u izazivanju vidljivih i dugoročnih promjena. U navedenom primjeru aktivnost je provedena 3 puta tjedno u trajanju od 12 tjedana.

Obzirom da je san vrlo složen psihološki proces, postoje brojni čimbenici koje je teško staviti pod kontrolu, a potencijalno mogu utjecati na njegovu kvalitetu i remetiti ga. Hrana koju čovjek konzumira i obrazac prehrane u smislu ograničenja dnevnog unosa ispod 1000 kalorija na dan kroz period od mjesec dana otežat će utonuće u san i smanjiti količinu dubokog NREM spavanja koje se ostvaruje noću (Walker, 2017). Prehrana bogata ugljikohidratima i siromašna mastima tijekom dva dana smanjuje količinu dubokog NREM spavanja, ali povećava količinu REM spavanja te osoba više sanja, u odnosu na dvodnevnu prehranu siromašnu ugljikohidratima i bogatu mastima. Četverodnevna prehrana koja je bogata šećerima i drugim ugljikohidratima, ali siromašna vlaknima rezultira manje dubokim NREM spavanjem i povećanim brojem buđenja noću (St-Onge i sur., 2016). Još jedan remeteći faktor kvalitete sna zasigurno je sve veća izloženost plavom svjetlu. U istraživanju Wahla i suradnika (2019) dokazano je za 30 minuta izloženosti plavom svjetlu sat vremena prije spavanja odgađa početak spavanja REM faze sna za 30 minuta i to zbog sprječavanja lučenja melatonina. Dulje prosječno vrijeme provedeno pred ekranom rezultira kraćim trajanjem sna i lošijom učinkovitošću, te se manifestira kroz smanjenu večernju pospanost i povećanu jutarnju pospanost. Zadnji, ali ne i posljednji čimbenik koji može remetiti kvalitetu sna je količina stresa kojoj je pojedinac svakodnevno izložen. Zhang i suradnici (2024) navode da su socioekonomski razvoj i urbanizacija značajno povećali razinu stresa kod pojedinca nametnuvši visoka očekivanja u radnom okruženju, obiteljskim obvezama i društvenim očekivanjima. Nametljive misli prije spavanja kontinuirano uzrokuju fiziološko i psihološko uzbuđenje sprječavajući početak sna (Brosschot i sur., 2006). Dolazi do pojave uznemirujućih emocija i pojedinci prolaze kroz faze otpora i iscrpljenosti što uzrokuje značajne promjene na razini neurohormona smanjujući kvalitetu sna (Sun i sur., 2014). Nažalost, u ovoj studiji nijedan od navedenih čimbenika nije bilo moguće kontrolirati, pa postoji vjerojatnost utjecaja na rezultate.

Prednost ovog istraživanja je u nacrtu ukriženog randomiziranog pokusa prema kojemu su sudionici svoja vlastita kontrola. Ovakva vrsta nacrta uklanja mogućnost varijacija između sudionika kad bi se isto istraživanje provelo paralelnim ispitivanjem. Daljnja prednost je objektivno praćenje kvalitete sna kroz kontinuirani period od 14 dana i noći.

S druge strane, ograničenja koja su vidljiva u ovom istraživanju prvenstveno se zasnivaju na relativno kratkom periodu trajanja. Poželjno bi bilo istraživanje produljiti na minimalno 4 tjedna i uključiti period u kojem ispitanici ne provode nikakav oblik intervencije (vježbanja) već samo nose uređaje koji će mjeriti objektivne pokazatelje kvalitete sna. Nadalje, čimbenici poput prehrane, izloženosti plavom svjetlu i razina stresa, faktori su koji prema prijašnjim istraživanjima značajno utječu na kvalitetu sna, ali nisu bili mjereni i stavljani pod kontrolu u ovom istraživanju. Slično, ovo istraživanje nije propisalo niti bilježilo intenzitet vježbanja što nas je spriječilo da analiziramo utjecaj intenziteta večernjeg vježbanja na san. Nadalje, iako smo planirali istražiti upliv kronotipa osobe na utjecaj večernjeg vježbanja na san i raspoloženje, to nije bilo moguće jer su gotovi svi ispitanici prijavili isti kronotip. Na kraju, naše istraživanje uključivalo je samo mlade odrasle osobe koje nemaju problema sa snom. Prije šire primjene ovih rezultata veća bi se pozornost trebala usmjeriti prema populaciji koja se ne bavi organiziranim tjelesnim aktivnostima, djecu, starije, osobe koje pate od nesanice i ostalih poremećaja sna, osobe oboljele od kroničnih nezaraznih bolesti, itd.

## 6. ZAKLJUČAK

Glavni rezultati ovog istraživanja provedenog na populaciji mladih odraslih osoba ne pokazuju direktnu povezanost utjecaja vježbanja i vremena vježbanja na kvalitetu sna, kao ni vježbanja na raspoloženje. Velik broj prijašnjih istraživanja o općenitom utjecaju vježbanja na san i raspoloženje u nesuglasju je s dobivenim rezultatima, te bi za dobivanje robusnijih zaključaka u budućim studijama bilo potrebno produljiti vrijeme trajanja istraživanja i uzeti u obzir remeteće faktore uz maksimalnu mogućnost njihove kontrole te uključiti sudionike različitih kronotipa. S druge strane, ovo istraživanje je potvrdilo da večernja aktivnost u razdoblju neposredno prije sna ne remeti nužno kvalitetu i kvantitetu sna što bi trebalo ohrabriti osobe koje žele ili su prisiljene biti aktivne u večernjim satima da ne mijenjaju svoj dnevni ritam.

Brojni su čimbenici koji mogu utjecati na kvalitetu sna. Kao što tjelesna aktivnost može poremetiti ritam spavanja tako i nedostatak sna može izazvati smanjenu radnu sposobnost i funkcionalnost u obavljanju fizičkih i mentalnih zadataka tokom dana. Nadalje, negativno psihičko stanje, izazvano nedovoljnom količinom sna i smanjenom tjelesnom aktivnošću često dovodi do poremećaja u prehrani te izaziva različite zdravstvene implikacije. Zato je potrebno široj populaciji kontinuirano naglašavati dobrobiti koje donosi kvalitetan san, uravnotežena prehrana i redovita tjelesna aktivnost u funkciji poboljšanja kvalitete života.

## 7. LITERATURA

Atkinson, G., & Davenne, D. (2007). Relationships between sleep, physical activity and human health. *Physiology & behavior*, 90(2-3), 229-235.

Bisson, A. N. S., Robinson, S. A., & Lachman, M. E. (2019). Walk to a better night of sleep: testing the relationship between physical activity and sleep. *Sleep health*, 5(5), 487-494.

Bodziony, V., & Stetson, B. (2024). Associations between sleep, physical activity, and emotional well-being in emerging young adults: Implications for college wellness program development. *Journal of American College Health*, 72(4), 1057-1067.

Brand, S., Kalak, N., Gerber, M., Kirov, R., Pühse, U., & Holsboer-Trachsler, E. (2014). High self-perceived exercise exertion before bedtime is associated with greater objectively assessed sleep efficiency. *Sleep Medicine*, 15(9), 1031-1036.

Brosschot, J. F., Gerin, W., & Thayer, J. F. (2006). The perseverative cognition hypothesis: A review of worry, prolonged stress-related physiological activation, and health. *Journal of psychosomatic research*, 60(2), 113-124.

Buman, M. P., Phillips, B. A., Youngstedt, S. D., Kline, C. E., & Hirshkowitz, M. (2014). Does nighttime exercise really disturb sleep? Results from the 2013 National Sleep Foundation Sleep in America Poll. *Sleep medicine*, 15(7), 755-761.

Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.

Chaput, J. P., Dutil, C., & Sampasa-Kanyinga, H. (2018). Sleeping hours: what is the ideal number and how does age impact this?. *Nature and science of sleep*, 421-430.

Colrain, I. M. (2011). Sleep and the brain. *Neuropsychology review*, 21, 1-4.

Dolezal, B. A., Neufeld, E. V., Boland, D. M., Martin, J. L., & Cooper, C. B. (2017). Interrelationship between sleep and exercise: a systematic review. *Advances in preventive medicine*, 2017(1), 1364387.

Ferrara, M., & De Gennaro, L. (2001). How much sleep do we need?. *Sleep medicine reviews*, 5(2), 155-179.

Fitbit (2023). Fitbit Charge 3 (Slika). <https://device101.fitbit.com/guides/charge3-101.html>,  
<https://www.fitbit.com/global/us/technology/sleep>

Frimpong, E., Mograss, M., Zvionow, T., & Dang-Vu, T. T. (2021). The effects of evening high-intensity exercise on sleep in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Sleep medicine reviews*, 60, 101535.

Haghayegh, S., Khoshnevis, S., Smolensky, M. H., Diller, K. R., & Castriotta, R. J. (2019). Accuracy of wristband Fitbit models in assessing sleep: systematic review and meta-analysis. *Journal of medical Internet research*, 21(11), e16273.

Jafarian, S., Gorouhi, F., Taghva, A., & Lotfi, J. (2008). High-altitude sleep disturbance: results of the Groningen Sleep Quality Questionnaire survey. *Sleep medicine*, 9(4), 446-449.

Kalia, M. (2006). Neurobiology of sleep. *Metabolism*, 55, S2-S6.

Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of behavioral medicine*, 38, 427-449.

Kuštek, I. (2010). Neurobiologija spavanja (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Science. Department of Biology).

Lane, A. M., & Lovejoy, D. J. (2001). The effects of exercise on mood changes: The moderating effect of depressed mood. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(4), 539-545.

Mahindru, A., Patil, P., & Agrawal, V. (2023). Role of physical activity on mental health and well-being: A review. *Cureus*, 15(1).

Mansfield D. R., Antic N., M. W. Rajaratnam S. & Naughton M. T. (2017). *Sleep Medicine*. Melbourne: IP Communications

Mulder-Hajonides Van der Meulen, W., Wijnberg, J., Hollander, J., De Diana, I. and Van den Hoofdakker, R. (1981). Measurement of subjective sleep quality. In: *Proceedings of the International European Sleep Congress*. Elsevier, Amsterdam, 1981

Nelson, K. L., Davis, J. E., & Corbett, C. F. (2022, January). Sleep quality: An evolutionary concept analysis. In *Nursing forum* (Vol. 57, No. 1, pp. 144-151).



Ohayon, M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., Albert, S. M., Avidan, A., Daly, F. J., ... & Vitiello, M. V. (2017). National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep health*, 3(1), 6-19.

Rokade, P. B. (2011, December). Release of endomorphin hormone and its effects on our body and moods: A review. In *International Conference on Chemical, Biological and Environment Sciences* (Vol. 431127, No. 215, pp. 436-438).

St. John, A. (2023). *How to Use Your Fitbit for Sleep Tracking*, Fitbit

St-Onge, M. P., Roberts, A., Shechter, A., & Choudhury, A. R. (2016). Fiber and saturated fat are associated with sleep arousals and slow wave sleep. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 12(1), 19-24.

Strain, T., Flaxman, S., Guthold, R., Semanova, E., Cowan, M., Riley, L. M., ... & Stevens, G. A. (2024). National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022: a pooled analysis of 507 population-based surveys with 5· 7 million participants. *The Lancet Global Health*, 12(8), e1232-e1243.

Stutz, J., Eiholzer, R., & Spengler, C. M. (2019). Effects of evening exercise on sleep in healthy participants: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(2), 269-287.

Sun, X., Dai, X., Yang, T., Song, H., Yang, J., Bai, J., & Zhang, L. (2014). Effects of mental resilience on neuroendocrine hormones level changes induced by sleep deprivation in servicemen. *Endocrine*, 47, 884-888.

van der Ploeg, H. P., & Bull, F. C. (2020). Invest in physical activity to protect and promote health: the 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 145.

Wahl, S., Engelhardt, M., Schaupp, P., Lappe, C., & Ivanov, I. V. (2019). The inner clock—Blue light sets the human rhythm. *Journal of biophotonics*, 12(12), e201900102.

Walker, M. (2017). *Zašto spavamo*. Zagreb: Planetopija

Wang, L., & Zhou, Y. (2024). Characterization and mechanism by which nighttime exercise affects sleep. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 28(32), 5238.

Wang, Y., & Ashokan, K. (2021). Physical exercise: An overview of benefits from psychological level to genetics and beyond. *Frontiers in Physiology*, 12, 731858.

Watson, D., & Clark, L. A. (1994). The PANAS-X: Manual for the positive and negative affect schedule-expanded form. Unpublished manuscript, University of Iowa.

Wegner, M., Helmich, I., Machado, S., E Nardi, A., Arias-Carrion, O., & Budde, H. (2014). Effects of exercise on anxiety and depression disorders: review of meta-analyses and neurobiological mechanisms. *CNS & Neurological Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-CNS & Neurological Disorders)*, 13(6), 1002-1014.

World Health Organization, T. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. World Health Organization.

World Health Organization. (2019). *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world*. World Health Organization.

Xie, Y., Liu, S., Chen, X. J., Yu, H. H., Yang, Y., & Wang, W. (2021). Effects of exercise on sleep quality and insomnia in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in psychiatry*, 12, 664499.

Zapalac, K., Miller, M., Champagne, F. A., Schnyer, D. M., & Baird, B. (2024). The effects of physical activity on sleep architecture and mood in naturalistic environments. *Scientific Reports*, 14(1), 5637.

Zhang, J., Li, X., Tang, Z., Xiang, S., Tang, Y., Hu, W., ... & Wang, X. (2024). Effects of stress on sleep quality: multiple mediating effects of rumination and social anxiety. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 37, 10.