

NEADEKVATAN SAN I MOTORIČKE SPOSOBNOSTI PREGLED UTJECAJA DEPRIVACIJE SNA UNUTAR POPULACIJE SPORTAŠA

Martinko, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:117:256514>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-29**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

Antonio Martinko

**NEADEKVATAN SAN I MOTORIČKE
SPOSOBNOSTI: PREGLED UTJECAJA
DEPRIVACIJE SNA UNUTAR POPULACIJE
SPORTAŠA**

diplomski rad

Mentor:

doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Zagreb, lipanj, 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena 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:

doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Student:

Antonio Martinko

NEADEKVATAN SAN I MOTORIČKE SPOSOBNOSTI: PREGLED UTJECAJA DEPRIVACIJE SNA UNUTAR POPULACIJE SPORTAŠA

Sažetak

Glavni cilj ovoga rada bio je kroz sustavni pregled literature prikupiti i prikazati utjecaj neadekvatne količine sna na motoričke sposobnosti, a stoga i na samu sportsku izvedbu unutar izabrane populacije sportaša. Radovi uključeni u konačnu, kvalitativnu analizu su uključivali uzorke ispitanika koji su pripadali skupini rekreativnih ili vrhunskih sportaša, treniranih ili rekreativno aktivnih mladih i zdravih ispitanika, studenata ili vojnika. Raspon dobi uključenih ispitanika nalazi se u širokom rasponu od 15 – 33 godina. Sva uključena istraživanja sadržavaju ukupan broj od 218 ispitanika od čega su samo tri istraživanja uključila ukupno 21 žensku ispitanicu. Heterogenost analiziranih radova je posljedica širokog raspona dobi ispitanika, različitosti u razini dnevne i tjedne tjelesne aktivnosti ispitanika i njenom intenzitetu te različite definicije potpune i djelomične deprivacije sna. U skladu s glavnim ciljem utvrđen je negativan utjecaj na motoričke sposobnosti unutar obje definirane podgrupe (potpuna i djelomična deprivacija sna). Postoji li negativan utjecaj potpune i djelomične deprivacije sna na motoričke sposobnosti nije moguće na temelju ove analize u potpunosti potvrditi s obzirom na izrazitu heterogenost radova. Osim navedenoga, podaci o količini utjecaja deprivacije sna i mehanizmima utjecaja deprivacije sna na motoričke sposobnosti nisu prisutni i konstantni te se stoga potiče usmjeravanje budućih istraživanja prema tim pitanjima. Uključivanje većeg broja ženskih ispitanica i pregled utjecaja na veći broj motoričkih sposobnosti su također pitanja koja se podižu nakon provedbe ovog sustavnog pregleda literature. S obzirom na dostupne podatke potreban je i veći broj radova koji bi istražili dodatne mogućnosti prevencije i smanjenja negativnog utjecaja deprivacije sna unutar populacije sportaša.

Ključne riječi: spavanje, gubitak sna, sport, sportska izvedba

INADEQUATE SLEEP AND MOTOR ABILITIES: A REVIEW OF THE IMPACT OF SLEEP DEPRIVATION WITHIN THE ATHLETE POPULATION

Abstract

The main aim of this research was to analyze the impact of inadequate amount of sleep on motor abilities within the selected population of athletes through a systematic review of the literature. Studies included in the qualitative analysis included samples of subjects belonging to a group of recreational or elite athletes, recreationally active, young and healthy subjects, students, and even soldiers. The wide age range of the included subjects was 15 - 33 years. All included studies contained a total of 218 subjects, of which only three studies included 21 female subjects. The heterogeneity of the analyzed studies is a consequence of a wide age range, differences in the subject's level and intensity of daily and weekly physical activity and different definitions of complete and partial sleep deprivation. A negative impact on motor abilities was found within both defined subgroups (complete and partial sleep deprivation). Whether there is a negative impact of sleep deprivation on motor abilities cannot be fully confirmed based on this analysis given the heterogeneity of included studies. Also, information on the effect size and mechanisms of the impact of sleep deprivation on motor abilities is not present and constant, and therefore directs future research towards these issues. Involving more female subjects and reviewing the impact on more motor abilities are also issues that arise after the implementation of this systematic literature review. Given the available data, more work is needed to explore additional options to prevent and reduce the negative impact of sleep deprivation within the population of athletes.

Key words: sleeping, sleep loss, sport, sports performance

SADRŽAJ

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 2 | METODE RADA | 5 |
| 2.1 | Strategija pretraživanja literature..... | 5 |
| 2.2 | Kriteriji odabira radova | 5 |
| 2.3 | Odabir radova..... | 6 |
| 2.4 | Procjena kvalitete radova | 7 |
| 3 | REZULTATI | 11 |
| 3.1 | Karakteristike radova | 20 |
| 3.2 | Potpuna deprivacija sna..... | 21 |
| 3.3 | Djelomična deprivacija sna..... | 24 |
| 3.4 | Sažetak rezultata..... | 27 |
| 4 | NORMALAN SAN | 28 |
| 5 | ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SAN | 31 |
| 6 | RASPRAVA | 34 |
| 7 | ZAKLJUČAK | 41 |
| 8 | LITERATURA | 42 |

1 UVOD

Na uspješnost sportaša utječe čitav niz čimbenika koji su vezani za sportaševu okolinu ili samog sportaša. Razvojem nove trenažne tehnologije i trenažnih metoda razlike između vrhunskih sportaša u istom sportu se smanjuju. Činjenica je da vrhunskog sportaša čini više od njegovih tjelesnih karakteristika. Osim antropometrijskih i fizioloških karakteristika ovdje je bitno spomenuti godine provedene u sustavnom treningu, konativne osobine i kognitivne sposobnosti, sposobnost socijalne interakcije unutar grupe ljudi u ekipnim sportovima i mnoge druge osobine i sposobnosti koje u konačnici čine vrhunskog sportaša. Nedavno je područje od iznimnog interesa postao oporavak sportaša, što zbog važnosti, ali i zbog male količine dokaza koji su dostupni u pregledima literature. Od metoda oporavka masaža, kontrastne kupke, hladne kupke, kompresivna odjeća i aktivni oporavak su najčešće spominjani i proučavani dok se masaža ističe kao najučinkovitija metoda u otklanjanju umora i bolnosti u mišićima u razdobljima nakon treninga ili natjecanja (Dupuy i sur., 2018). Uobičajeni pristup u oporavku sportaša se odnosi na optimizaciju prehranbenih strategija, korištenje aktivnih metoda oporavka ili pasivnih metoda oporavka (Calleja-González i sur., 2019) od kojih su neke prethodno nabrojene. Prehrana može igrati ulogu u širokom spektru okolnosti u kojima se sportaš može naći, poput gubitka kilograma u pripremi za natjecanje, situacijama u kojima se oporavlja od ozljede ili u želji za poboljšanjem sportskog rezultata te se stoga donosi odluka o uzimanju dodataka prehrani, kao što su primjerice protein, kreatin, beta-alanin ili natrijev bikarbonat koji se unutar populacije sportaša konzumiraju u većim količinama nego što se to može naći u uobičajenoj prehrani (Spriet, 2015).

Cirkadijski ritam je jedna od temeljnih fizioloških karakteristika svakog čovjeka te je stoga vidljivo da čovjek funkcionira na temelju određenih ritmičnih promjena. San i budnost se mogu svrstati u ovu skupinu jer se ciklično izmjenjuju tijekom perioda od 24 sata i igraju važnu ulogu u cirkadijskom ritmu čovjeka (Postolache i sur., 2020; Reilly i sur., 2007). Tijekom sna se događa mnoštvo stvari, od hormonalnih promjena do integracije pamćenja. Hormon koji je važno spomenuti je hormon rasta koji je neophodan za oporavak tijela nakon treninga ili natjecanja te ima ključnu ulogu u rastu i obnavljanju mišića. Hormon rasta je hormon koji se luči tijekom spavanja, a smanjena količina sna se stoga može negativno odraziti na njegovo lučenje i smanjiti sposobnost oporavka organizma u stanju umora (Hayes i sur., 2010). Osim hormona rasta, testosteron je hormon koji se povezuje s pozitivnim fiziološkim reakcijama na trenažni proces, a posebno je značajan u poticanju mišićne hipertrofije nakon treninga s opterećenjem kroz povećanje sinteze mišićnog proteina nakon treninga (Hayes et al., 2010).

Učinci testosterona su vidljivi i kod žena, ali s obzirom da je testosteron primarno muški spolni hormon, žene ga imaju u manjim količinama što je vidljivo i u manjim količinama mišićne mase. Uz testosteron, kortizol je još jedan bitan posrednik u trenažnom procesu čija se razina povećava s povećanjem stresa koji trening stavlja na tijelo sportaša (Hayes i sur., 2010). Zbog učinaka koji trenažni proces ima na hormonalnu homeostazu, mjerenje razine kortizola je postalo široko rasprostranjeno u sportu jer promijenjena sekrecija kortizola, to jest povećana ili smanjena sekrecija, može imati štetan utjecaj na zdravlje i sportsku izvedbu (Lippi i sur., 2009). Mjerenje količine kortizola i testosterona su stoga često prisutne metode procjenjivanja prisutnosti pretreniranosti. Također, stres je čimbenik koji je usko povezan s treningom i natjecanjem kod vrhunskih sportaša čiji se učinak povećava u interakciji s konstantnim imperativom za postizanjem vrhunskih rezultata, ekstremnim naporima i ozljedama (Wolanin i sur., 2015). Stres je karakteristika sportskog natjecanja, ali i treninga, a osim na fiziološke utječe također i na kognitivne i psihološke aspekte sportaša (O'Donnell i sur., 2018). Dokazano je da međusobni utjecaj stresa i sna utječe na razinu moždanog neurotrofnog čimbenika (*brain-derived neurotrophic factor – BDNF*), a BDNF ima ključnu ulogu u patofiziologiji poremećaja raspoloženja povezanih sa stresom (Schmitt i sur., 2016). U istraživanju Giese i sur. (2013) je prikazano da osobe koje pate od nesanice imaju značajno smanjenu razinu BDNF u serumu u usporedbi s osobama koje normalno spavaju te da se istovremeno nalaze pod većim stresom. Sportaši su zbog prethodno navedenoga pod povećanim rizikom od razvoja poremećaja raspoloženja kao što je depresija (Wolanin i sur., 2015), a sve zajedno ova obilježja sportske aktivnosti stvaraju krug čimbenika koji međudjelovanjem negativno utječu na sportaša. Ova interakcija između sna, stresa i karakteristika sportaša te u konačnici sportske izvedbe čini kompleksnu mrežu čimbenika koji su važni za pojedinog sportaša.

Stoga, nazire se važnost jednostavnih metoda oporavka kao što su prehrana i san koji bi trebali biti primarna sredstva u očuvanju zdravlja i postizanju željenih sportskih rezultata svakog sportaša. Ljudi su podložniji infektivnim stanjima u uvjetima deprivacije sna, a uz to sve je više dokaza da deprivacija sna ostavlja štetne posljedice na imunološki odgovor. Dokazano je da spavanje treba smatrati jednim od glavnih čimbenika koji utječu na imunološki sustav i da postoji recipročna veza između spavanja i imunološkog sustava (Bryant i sur., 2004). Poremećaji imunološkog sustava su prisutni u nekim od najčešćih poremećaja spavanja kao što su nesanica i opstruktivna apneja, a time je moguće objasniti porast rizika od obolijevanja (primjerice zloćudne bolesti, srčane bolesti, moždani udar) i smrtnog ishoda koji je primijećen kod spomenutih bolesti (Gamaldo i sur., 2012). Osim pozitivnog utjecaja na zdravlje sportaša

adekvatna higijena spavanja je bitna u procesu oporavka od treninga i natjecanja. Značajna količina radova ističe pozitivne učinke optimalne količine i kvalitete sna kao pasivne metode oporavka (Bonnar i sur., 2018; Copenhaver i Diamond, 2017; Daaloul i sur., 2019; LaGoy i sur., 2020; Schwartz i Simon, 2015; Venter, 2012; Waterhouse i sur., 2007; West, 2018). Nakon treninga ili natjecanja odmor ili smanjena razina aktivnosti dozvoljava tijelu da se odmori nakon napora i smanji razine akumuliranog umora (MacDougall i Digby, 2014). Osnovni princip faze oporavka je poticanje mehanizama koji funkcioniraju obrnuto od mehanizama umora (MacDougall i Digby, 2014). Veliki broj istraživanja je iskazao učinke neadekvatnog sna na neuroplastičnost mozga i sposobnosti prisjećanja, a pokazuju da san ima također snažan pozitivan učinak u početnim fazama učenja kao i u posljedičnoj konsolidaciji dugotrajne memorije (Halson i Juliff, 2017). Zapažen je negativan utjecaj neadekvatnog sna na kognitivne sposobnosti, a utjecaj je opisan u kontekstu smanjene razine pozornosti, smanjene sposobnosti učenja i pamćenja te smanjenja emocionalne reaktivnosti i kognitivnih procesa višeg reda, poput izvršne funkcije i donošenja odluka (McCoy i Strecker, 2011). To se unutar populacije sportaša može negativno odraziti na sportsku izvedbu. San ima ključnu ulogu u promicanju stvaranja sinapsi ovisnih o učenju i održavanju tih novonastalih sinapsi koje doprinose poboljšanoj pohrani znanja i vještina (Yang i sur., 2014). Osim prikazanog negativnog utjecaja na kognitivne sposobnosti dokazan je i negativan utjecaj smanjene količine sna na emocije i raspoloženje (Baum et al., 2014). Nakon samo nekoliko dana u kojima je količina sna smanjena, na razini smanjenja koju redovito doživljava mnoštvo adolescenata za vrijeme njihovog obrazovanja, adolescenti su iskazali pogoršanje u mjerama raspoloženja dok se istovremeno smanjila sposobnost regulacije negativnih emocija (Baum i sur., 2014). Ovakva istraživanja na adolescentima samo potvrđuju već dostupnu utvrđenu povezanost između neadekvatnog sna i raspoloženja kod odraslih osoba. Kognitivne sposobnosti i konativne osobine su spomenute posljednje iz razloga što je upravo negativan utjecaj deprivacije sna u najvećoj mjeri najizraženiji na području ovih aspekata antropološkog statusa pojedinca, a time i sportaša. Radovi na području epidemiologije neadekvatnog sna unutar populacije sportaša iskazuju da je potrebno provođenje većeg broja istraživanja sa svrhom stvaranja spoznaja o očigledno vrlo prisutnom problemu (Carter i sur., 2020; Erlacher i sur., 2011; Mah i sur., 2018; Nedelec i sur., 2018; Sargent i sur., 2014). Kao razlog provedbe ovog preglednog rada ističe se činjenica da su se radovi u ovom području dominantno koncentrirali na utjecaj deprivacije sna na mnoštvo motoričkih, funkcionalnih i kognitivnih sposobnosti pojedinca unutar populacije sportaša bez ograničavanja pregleda specifično na pojedini prostor antropološkog statusa sportaša. Osim toga u radovima su osim deprivacije sna uključeni i podaci vezani uz utjecaj produljenja sna

unutar populacije sportaša. Također, svaki od radova preporuča u daljnjim istraživanjima provedbu radova s ciljem jasnijeg određivanja utjecaja deprivacije sna na sportsku izvedbu što ovaj pregledni rad nastoji i ispuniti.

Glavni cilj ovoga rada je postavljen u skladu s implikacijama deprivacije sna na cjelokupni antropološki status sportaša i istaknutom važnosti adekvatne higijene spavanja unutar ove populacije. Stoga, cilj je ovim sustavnim pregledom literature prikupiti podatke o utjecaju neadekvatne količine sna na motoričke sposobnosti, a stoga i na samu sportsku izvedbu unutar izabrane populacije sportaša i prikazati te rezultate kroz sažete tablične prikaze i narativnu sintezu. Osim glavnoga cilja rasprava će biti usmjerena prema pružanju prijedloga za usvajanje adekvatne higijene spavanja sna i smanjenju utjecaja deprivacije sna te davanju prijedloga za poželjnu usmjerenost radova koji će se u budućnosti baviti ovom tematikom. Normalan san, prevalencija neadekvatnog sna kod sportaša i metode praćenja su također teme koje su opisane u ovom radu sa svrhom detaljnog analiziranja područja sna i populacije sportaša.

2 METODE RADA

Sustavan pregled literature u okviru ovog rada je proveden u skladu sa *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA-P 2015) smjernicama (Moher i sur., 2015).

2.1 Strategija pretraživanja literature

Za potrebe sustavnog pregleda literature izvršena je pretraga dvije elektroničke baze podataka, preciznije PubMed i Scopus, u razdoblju između lipnja i srpnja 2020. godine. Strategija pretraživanja literature je razvijena u skladu sa smjernicama u radu Aromataris i Riitano (2014) te Robinson i Dickersin (2002), čiji se rad specifičnije odnosio na razvoj osjetljive strategije pretraživanja za identificiranje relevantnih randomiziranih kontroliranih studija u PubMed elektroničkoj bazi podataka. Elektroničke baze podataka su pretražene koristeći kombinaciju sljedećih ključnih riječi, odnosno pojmova: „sleep deprivation*“ OR „sleep restriction*“ OR „sleep loss*“ AND „athletic performance*“ OR „sport performance*“. Polja koja su uključena u pretragu u PubMed bazi podataka su se odnosila na sva polja (engl. „all fields“) dok je u Scopusu ista pretraga provedena obuhvaćajući polja naslov/ključne riječi/sažetak (engl. „title/keyword/abstract“) s ciljem sužavanja pretrage na relevantne radove i lakšeg pregleda identificiranih radova. Također, provedena je i ručna pretraga relevantnih radova u svim fazama prikupljanja literature, a koja je uključivala čitanje liste radova koji su bili uključeni u sustavne preglede literature i meta-analize koje su se bavile istim ili sličnim znanstvenim pitanjima.

2.2 Kriteriji odabira radova

Kriteriji za uključivanje radova u sustavni pregled literature su se odnosili na odabir radova koji su objavljeni nakon 2009. godine, odnosno nisu stariji od 10 godina, a zbog činjenice da je pretraga literature provedena u prvoj polovici 2020. godine obuhvaćena je i 2009. godina s ciljem uključivanja većeg broja radova. Za uključivanje članci koji su morali pripadati kategoriji randomiziranih kliničkih studija ili randomiziranih kontroliranih studija s uzorkom ispitanika koji se sastojao od sportaša, treniranih ili rekreativno aktivnih mladih i zdravih ispitanika (ovdje su uključeni i studenti studija za izobrazbu nastavnika tjelesne i zdravstvene kulture). Intervencije koje su radovi morali sadržavati se odnose na utjecaj akutne i kronične potpune ili djelomične deprivacije sna na prostor motoričkih sposobnosti i sportske izvedbe. Radovi su pretraživani bez ograničenja za jezik, dob i spol, a da bi bili uključeni morali su biti

napisani na engleskom ili hrvatskom jeziku dok su svi ostali radovi bili isključeni. Radovi su uključeni ako je omogućen pristup punom tekstu rada, a u slučaju nedostupnosti autori pojedinih radova su zamoljeni za omogućavanje pristupa punom tekstu rada.

Radovi su bili isključeni iz sustavnog pregleda literature ako su izvještavali o utjecaju deprivacije sna na ostale aspekte antropološkog statusa ispitanika bez uzimanja motoričkih sposobnosti i/ili sportske izvedbe u obzir. Radovi su također bili isključeni ako su intervencije deprivacije sna provedene na životinjama ili ako su provedene u uvjetima u kojima nije moguće odvojiti utjecaj deprivacije sna na motoričke sposobnosti od utjecaja ekstremnih napora i umora (primjerice vojne vježbe, ekstremna natjecanja u trajanju od par dana ili ekspedicije). Također, radovi koji su istraživali utjecaj lijekova, dodataka prehrani ili stimulansa u kombinaciji s deprivacijom sna su isključeni ako nisu uključivali „*cross-over*“ dizajn u kojem je bilo moguće vidjeti utjecaj isključivo deprivacije sna na motoričke sposobnosti i sportsku izvedbu. Nijedan od radova nije isključen isključivo na temelju procjene kvalitete metodološke izrade već u kombiniranu prisutnost postavljenih kriterija za isključivanje, a procjena njihove kvalitete je prezentirana u posebnom poglavlju u *tablici 1*.

2.3 Odabir radova

Odabir radova je proveden od strane autora uz konzultacije s mentorom prema potrebi. Sažeto, ukupno 5492 radova je pronađeno pretragom elektroničkih baza podataka. Identifikacija i isključivanje duplikata je provedeno u Mendeley citatnom rukovoditelju. Mendeley citatni rukovoditelj je u radu Kwon i sur. (2015) iskazao veliku brzinu obrade baza podataka i identificiranja duplikata uz mali broj isključivanja radova koji nisu trebali biti isključeni i radova koji nisu isključeni, a trebali su biti. Navedeno je bitno zbog smanjenja rizika od isključivanja relevantnih radova, a broj isključenih duplikata iznosio je 771. Ručnom pretragom literature kroz sve faze pronađeno je još 7 relevantnih radova koji su u konačnici uključeni u sustavni pregled. Od 4728 radova uključenih u provjeru naslova i sažetaka čak 4718 radova je isključeno. Nakon prethodnog koraka puni tekstovi 17 radova su provjereni za slaganje s kriterijima za uključivanje i isključivanje te su 2 rada isključena. Radovi su isključeni iz razloga što nije bila prisutna intervencija deprivacije sna i istovremeno nije zadovoljena dovoljna razina postavljenih kriterija za procjenu metodološke izrade radova ($n = 1$) te zbog činjenice da je istraživao utjecaj deprivacije sna na funkcionalne sposobnosti bez utvrđivanja utjecaja na motoričke sposobnosti ($n = 1$). U kvalitativnu analizu je u konačnici uključeno 15 radova, a cjelokupni postupak je opisan na temelju PRISMA dijagrama (Moher i sur., 2009) na kraju opisanih metoda rada u obliku grafičkog prikaza (*slika 1*).

2.4 Procjena kvalitete radova

Procjena metodološke izrade radova je provedena na temelju popisa kriterija koji su navedeni u *Study quality assessment tools* popisu kriterija (*National Heart, Lung, and Blood Institute*, n.d.), a koji su izrađeni za procjenu metodološke kvalitete randomiziranih kontroliranih studija. Popis kriterija je prikazan u *tablici 1.*, a sastoji se od opisa ispitanika uključenih u istraživanja, opisa promatranih varijabli i provedbe intervencije, pitanja vezanih za zasljepljivanje (engl. *blinding*) ispitanika i provoditelja intervencije te informacije o stopi odustajanja ispitanika tijekom provedbe istraživanja.

Od navedenih kriterija, pitanje vezano za zasljepljivanje ispitanika je izostavljeno zbog činjenice da je ispitanicima u studijama koje istražuju utjecaj deprivacije sna nemoguće prikriti pripadnost pojedinoj grupi, odnosno ispitanicima u eksperimentalnoj grupi je evidentno da pripadaju grupi na kojoj se provodi intervencija čiji se učinci promatraju. Uz prethodni kriterij, kriteriji vezani uz stope odustajanje su također izostavljeni iz procjene kvalitete radova zbog činjenice da nijedan od radova uključenih u analizu nije opisivao stopu odustajanja ispitanika iz istraživanja.

Kriteriji vezani uz pitanja 1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13 i 14 su uzeti u obzir prilikom procjene kvalitete radova što je i prikazano *tablici 2.* Autor sustavnog pregleda literature je proveo procjenu kvalitete radova, a konzultacije s mentorom su provedene ako je za to bilo potrebe. Na temelju odgovora na postavljeno pitanje za pojedini kriteriji radovima je dodijeljen 1 bod za potvrđan odgovor, 0 bodova za negativan odgovor i također nisu dodijeljeni bodovi za odgovore koji spadaju pod kategoriju ostalo. Uključenim radovima su dodijeljeni bodovi u rasponu od 1 do 10, a prije donošenja konačne odluke o uključivanju radova u analizu dodijeljeni bodovi su pretvoreni u postotke. S obzirom na dodijeljene postotke radovi su kategorizirani kao radovi niske kvalitete (0-49%), srednje kvalitete (50-89%) i visoke kvalitete (>90%). Svi radovi koji su zadovoljili više od 50% kriterija, odnosno radovi srednje i visoke kvalitete su uključeni u kvalitativnu analizu sustavnog pregleda literature.

Tablica 1. Popis kriterija za procjenu kvalitete metodološke izrade radova (prevedeno s engleskog na hrvatski jezik od strane autora)

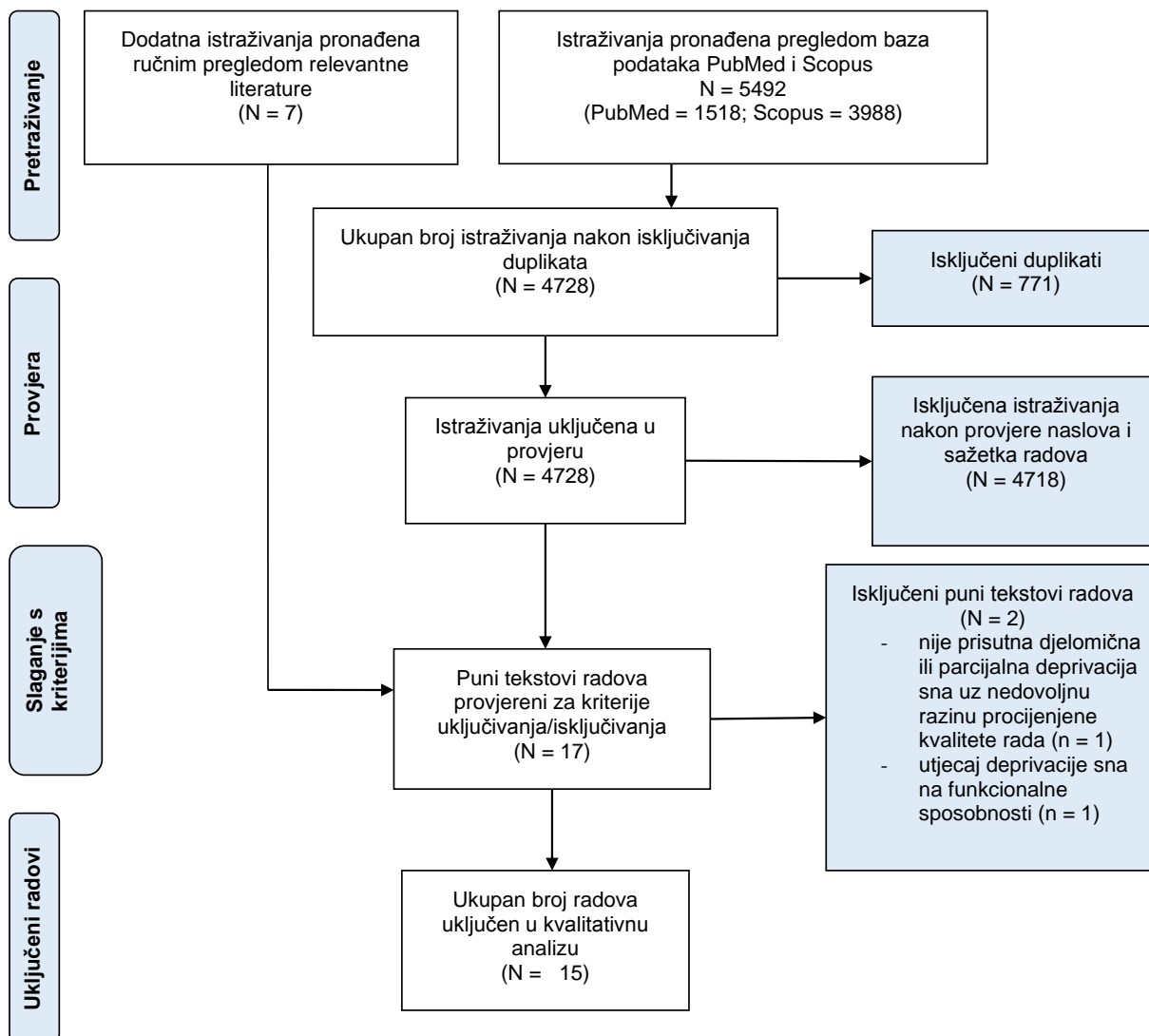
| Kriteriji | Da | Ne | Ostalo (NU, NI, NP)* |
|---|----|----|----------------------|
| 1. Je li studija opisana kao randomizirana, randomizirana studija, randomizirana klinička studija ili randomizirana kontrolirana studija (RCT)? | | | |
| 2. Je li metoda randomizacije ispitanika bila adekvatna (odnosno, je li bilo prisutno randomizirano smještanje ispitanika u grupe)? | | | |
| 3. Je li smještaj u pojedinu grupu bio prikriven (kako se pripisivanje učinaka pripadnosti pojedinoj grupi ne bi mogli predvidjeti)? | | | |
| 4. Jesu li ispitanici i provoditelji intervencija bili zaslijepljeni za podjelu ispitanika u pojedinu grupu (eksperimentalna i kontrolna)? | | | |
| 5. Jesu li osobe koje procjenjuju, odnosno mjere rezultate bili zaslijepljeni za pripadnost ispitanika pojedinoj grupi? | | | |
| 6. Jesu li grupe bile slične u početnim vrijednostima važnih karakteristika koje mogu utjecati na dobivene rezultate u promatranim varijablama (primjer: demografski podaci, rizični faktori, komorbiditeti)? | | | |
| 7. Je li ukupna stopa odustajanja iz studije u krajnjoj točki bila 20% ili niža od ukupnog broja ispitanika smještenih u eksperimentalnu skupinu? | | | |
| 8. Je li razlika u stopi odustajanja iz studije (između grupa) u krajnjoj točki bila 15% ili niža? | | | |
| 9. Je li bila prisutna dovoljno velika razina pridržavanja u provođenju intervencije u svim grupama? | | | |
| 10. Jesu li druge intervencije izbjegnute ili bile slične u grupama (primjer: slične intervencije provedene u pozadini istraživanja)? | | | |
| 11. Jesu li rezultati u promatranim varijablama procijenjeni koristeći valjane i pouzdane mjerne instrumente, koje se dosljedno primjenjuju na svim ispitanicima u studiji? | | | |
| 12. Jesu li autori studija izvijestili da je veličina uzorka ispitanika bila dovoljno velika da bi se mogla otkriti razlika u glavnom promatranom ishodu između grupa s barem 80% snage zaključivanja? | | | |
| 13. Jesu li ishodi intervencija izvješteni ili su podgrupe analizirane unaprijed (odnosno jesu li identificirane prije provođenja analiza)? | | | |
| 14. Jesu li svi randomizirani ispitanici analizirani unutar grupe kojoj su prvotno dodijeljeni, odnosno je li korištena analiza namjere za liječenje (engl. <i>intention-to-treat analysis</i>)? | | | |
| Ukupan broj bodova (10 = 100%) | | | |

*NU – nemoguće utvrditi, NI – nije izvješteno, NP – nije primjenjivo

Tablica 2. Procjena kvalitete metodološke izrade nakon čitanja punog teksta rada

| Referenca | Pitanje | | | | | | | | | | Ukupno % |
|----------------------------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| | 1 | 2 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| (Bougard i Davenne, 2012) | DA | NP | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 70% |
| (Brotherton i sur., 2019) | DA | DA | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 80% |
| (Chase i sur., 2017) | DA | NP | NI | NE | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 60% |
| (Cullen i sur., 2019) | DA | NI | NE | NI | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 60% |
| (Daviaux i sur., 2014) | DA | DA | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 80% |
| (Knufinke i sur., 2018) | DA | NI | NI | NE | NI | NE | DA | NI | DA | DA | 40% |
| (Mah i sur., 2019) | DA | DA | NI | DA | DA | DA | DA | NE | DA | DA | 80% |
| (Oliver i sur., 2009) | DA | DA | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 80% |
| (Pallesen i sur., 2017) | DA | DA | DA | DA | DA | DA | DA | DA | DA | DA | 100% |
| (Reyner i Horne, 2013) | DA | NI | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 70% |
| (Romdhani i sur., 2019) | DA | DA | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 80% |
| (Romdhani i sur., 2020) | DA | DA | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 80% |
| (Skein i sur., 2011) | DA | NI | NI | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 70% |
| (Skurvydas i sur., 2020) | DA | DA | NI | DA | DA | DA | DA | DA | DA | DA | 90% |
| (Souissi, N. i sur., 2013) | DA | NI | NE | DA | DA | DA | DA | NU | DA | DA | 70% |
| (Souissi, M. i sur., 2014) | DA | NI | NU | DA | DA | DA | DA | NI | DA | DA | 70% |
| (Vaara i sur., 2018) | DA | NU | NI | DA | DA | DA | DA | DA | DA | DA | 80% |

*NU – nemoguće utvrditi, NI – nije izvješteno, NP – nije primjenjivo



Slika 1. PRISMA dijagram detaljnog postupka sustavnog pregleda literature (Moher i sur., 2009)

3 REZULTATI

Kao što je prethodno prikazano u *slici 1.* sustavni pregled literature je započeo identifikacijom 5492 rada pretraživanjem elektroničkih baza podataka, a u konačnici 15 radova je nakon postupka provjere i slaganja s kriterijima uključeno u kvalitativnu analizu.

U okviru ovog sustavnog pregleda literature provedena je narativna sinteza podataka zbog prisutne heterogenosti u metodološkoj izradi radova uključenih u analizu i stoga nemogućnosti statističke obrade podataka (to jest utvrđivanje veličine učinka). Potencijalni izvori heterogenosti, koji su ekstrakcijom podataka i potvrđeni se odnose na različitosti u dužini trajanja intervencija koje su uključivale deprivaciju sna te različitosti u samom definiranju potpune i djelomične deprivacije sna. Također, različiti radovi su pratili utjecaj deprivacije sna na različite varijable, odnosno prisutna je heterogenost u promatranim ishodima koji su posljedice intervencija. Kao još jedan izvor heterogenosti se ističe upotreba različitih testova za procjenjivanje i mjerenje istih motoričkih sposobnosti, dob uključenih ispitanika, razina dnevne i tjedne tjelesne aktivnosti te u nekim od istraživanja i različita spolna pripadnost.

Izdvajanje i prezentacija ključnih podataka iz uključenih radova će se izvršiti tablično (*tablica 3.*), a kao ključni podaci za ovaj sustavni pregled literature se ističu varijable koje se odnose na motoričke sposobnosti. Podaci unutar *tablice 3.* će biti prikazani abecednim redom kako su navedeni i u popisu literature. U narativnoj sintezi podaci će se sistematizirati u dvije podgrupe, odnosno ovisno o tome jesu li ispitanici bili podvrgnuti intervenciji koja je uključivala potpunu ili djelomičnu deprivaciju sna. Uključeni radovi su pregledani i za svaki rad su prikazani podaci koji se odnose na: uzorak ispitanika (to jest dob ispitanika, broj ispitanika uključenih u istraživanje i kratki opis ispitanika), provedene metode rada (to jest informacije o provedenoj intervenciji, o promatranim ishodima testiranja i o protokolu provedbe testiranja) i rezultate (to jest informacije o utjecaju primijenjene intervencije na promatrane ishode testiranja).

Tablica 3. Sažetak izdvojenih podataka iz radova uključenih u kvalitativnu analizu

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|---------------------------|------------------------|----------------------------------|---|---|--|--|--|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Bougard i Davenne, 2012) | 21±3 godine | 8 (svi ispitanici muškog spola) | Vozači <i>motocrossa</i> | 35 sati potpune (akutne) deprivacije sna | <i>Stork stand test</i> , <i>sit-and-reach test</i> , Abalakov test Vožnja po uskoj gredi, vožnja ispod štapa, skok u dalj u vožnji | Vrijeme u ravnotežnom položaju, maks. lumbalna fleksija), eksplozivna jakost tipa skoka | Nakon normalnog sna tijekom noći u kasnije doba dana ↑ izvedba, ↑ fleksibilnost, ↓ Abalakov test, NSZR (sve ostalo) |
| (Brotherton i sur., 2019) | 22,7±2,5 godine | 15 (svi ispitanici muškog spola) | Mlade, zdrave osobe s barem 2 godine iskustva u treningu s otporom (dobrovoljno se prijavili) | Djelomična deprivacija sna (san u trajanju od 3 sata) i djelomična deprivacija sna, nakon čega <i>power nap</i> 1 sat | Maks. akost stiska dominantne šake, potisak s ravne klupe za svaki od postotaka (na 40%, 60% i 80% od utvrđenog 1RM), nožni potisak s nagibom za svaki od postotaka (na 40%, 60% i 80% od utvrđenog 1RM) | Maks. jakost stiska submaks. izvedba potiska s ravne klupe i nožnog potiska s nagibom (maks. brzina, vrijeme potrebno do maks. brzine, prosječna sila, prosječna jakost, udaljenost) | ↓ maks. jakost stiska šake, ↓ prosječna jakost, sila i maks. brzina za potisak s ravne klupe, ↓ prosječna jakost i udaljenost za nožni potisak s nagibom |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. *countermovement jump*, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. *maximal voluntary contraction*, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. *squat jump*, RFD – engl. *rate of force development* ↑ - rast rezultata u finalnom mjerenju, ↓ - pad rezultata u finalnom mjerenju

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|-----------------------|------------------------|--|--------------------------------------|--|--|---|---|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Chase i sur., 2017) | 24±7 godina | 7 (6 ispitanika muškog spola, 1 ženskog spola) | Rekreativni biciklisti | Djelomična (akutna) deprivacija sna, količina sna u trajanju od 2,4±0,2 sata | Trening 1: testiranje (bolnost mišića, vršni gradijent momenta sile - RFD, bicikl vožnja 3km) + 60 minuta intervalno bicikl; Trening 2: isto kao trening 1 | Utjecaj treninga 1 na trening 2 nakon provedene intervencije i razlika između oporavka nakon normalne količine sna i intervencije | NSZR bolnost mišića, NSZR vršni gradijent momenta sile, ↓ bicikl vožnja 3km |
| (Cullen i sur., 2019) | 27±6 godina | 10 (svi ispitanici muškog spola) | Zdravi, rekreativno tjelesno aktivni | Djelomična (akutna) deprivacija sna – količina sna u trajanju od 4 sata; potpuna (akutna) deprivacija sna – trajanje 24 sata | Skok s pripremom (engl. <i>countermovement jump</i> - CMJ), mjerjenje maks. jakosti stiska dominantne šake | Eksplozivna jakost tipa skoka, maks. jakost stiska dominantne šake | Djelomična deprivacija sna: ↓ eksplozivna jakost tipa skoka, NSZR maks. jakost stiska dominantne šake; potpuna deprivacija sna: ↓ eksplozivna jakost tipa skoka i maks. jakost stiska dominantne šake |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. *countermovement jump*, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. *maximal voluntary contraction*, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. *squat jump*, RFD – engl. *rate of force development* ↑ - rast rezultata u finalnom mjerjenju, ↓ - pad rezultata u finalnom mjerjenju

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|--|---|---|---|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Daviaux i sur., 2014) | 21,4±5,3 godina | 24 (50% ispitanika ženskog spola) | Mladi, zdravi studenti Sveučilišta u Nantesu (Francuska) | 24 sata potpune (akutne) deprivacije sna | Testovi maks. mišićne jakosti i eksplozivne jakosti | Vršni gradijent momenta sile dominantne noge (<i>m. quadriceps femoris</i>), test mjerenja visine 5 uzastopnih skokova s pripremom (CMJ) | NSZR |
| (Mah i sur., 2019) | 28,8±4,5 godina | 11 (svi ispitanici muškog spola) | Vrhunski biciklisti i pripadnici lokalnih natjecateljskih biciklističkih ekipa | Djelomična deprivacija sna u trajanju od 3 dana, san ograničen na 4 sata tijekom trajanja intervencije | Maks. vertikalni skok nakon saskoka s povišenja uz 3D analizu gibanja | Visina skoka (eksplozivna jakost tipa skoka), varijabilnost koordinacije u zglobovima kuk sagitalna/koljeno frontalna ravnina i kuk frontalna/koljeno sagitalna ravnina | ↓ visina skoka, ↑ varijabilnost koordinacije u zglobovima kuk sagitalna/koljeno frontalna ravnina i kuk frontalna/koljeno sagitalna ravnina |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. countermovement jump, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. maximal voluntary contraction, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. squat jump, RFD – engl. rate of force development ↑ - rast rezultata u finalnom mjerenju, ↓ - pad rezultata u finalnom mjerenju

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|-------------------------|------------------------|--|---|---|---|--|--|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Pallesen i sur., 2017) | 16,5±1,3 godina | 19 (svi ispitanici muškog i ženskog spola) | Članovi juniorskog uzrasta lokalne nogometne ekipe | Potpuna (akutna) deprivacija sna u trajanju od 24 sata | Test tehniciranja, test dribljanja/vođenja lopte s promjenom smjera kretanja, kontrola lopte, test kontinuiranog udaranja lopte, sprint na 20m, sprint na 40m, sprint na 30m s promjenama smjera kretanja | Redom testova: broj doticaja lopte sa stopalom, vrijeme izvršavanja zadatka, broj udaraca loptom u zid u minuti, broj udaraca u metu u minuti, eksplozivna jakost tipa brzine i agilnost | ↓ (test kontinuiranog udaranja lopte), NSZR (sve ostalo) |
| (Reyner i Horne, 2013) | 18 – 22 godine | 16 (50% ispitanika ženskog spola) | Tenisači, predstavnici studentske sveučilišne ekipe | Djelomična (akutna) deprivacija sna – san skraćen za 2 – 2,5 sata | 40 pokušaja serviranja u prostor veličine 1,8 x 1,1 m sa svojevrijem odabranog prostora iza linije za izvedbu servisa | Preciznost (sport – specifična) | ↓ preciznosti (uz veći ↓ kod ženskog dijela ispitanika) |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. countermovement jump, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. maximal voluntary contraction, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. squat jump, RFD – engl. rate of force development ↑ – rast rezultata u finalnom mjeranju, ↓ – pad rezultata u finalnom mjeranju

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|-------------------------|------------------------|----------------------------------|---|--|--|--|---|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Romdhani i sur., 2019) | 18,5±0,9 godina | 14 (svi ispitanici muškog spola) | Članovi regionalne judo ekipe (minimalno crni pojas 1. DAN) | Djelomična (akutna) deprivacija sna provedena na početku noći ili na kraju noći, san ograničen na 4 sata tijekom trajanja intervencije | <i>Running-based anaerobic sprint test</i> (zagrijavanje 5 minuta, 3 minute odmora, zatim 6 sprinteva između fotočelija koje su međusobno udaljene 35 metara | Pomoću formule procijenjena: maks. jakost Pmaks. (najbrži sprint), min. jakost Pmin. (najsporiji sprint), prosječna jakost Ppro. | ↓ Pmaks. nakon deprivacije sna na kraju noći, a NSZR na početku, ↓ Pmin i Ppro. nakon obje intervencije deprivacije sna, razlika između dvije intervencije NSZR |
| (Romdhani i sur., 2020) | NI | 9 (svi ispitanici muškog spola) | Judo borci | Djelomična (akutna) deprivacija sna u trajanju od 1 noći bez ikakvog oblika kratkog spavanja nakon intervencije, trajanje deprivacije NI | <i>Running-based anaerobic sprint test</i> (zagrijavanje 5 minuta, 3 minute odmora, zatim 6 sprinteva između fotočelija koje su međusobno udaljene 35 metara | Pomoću formule procijenjena: maks. jakost Pmaks. (najbrži sprint), min. jakost Pmin. (najsporiji sprint), prosječna jakost Ppro. | ↓ Pmaks., Pmin. i Ppro. |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. countermovement jump, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. maximal voluntary contraction, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. squat jump, RFD – engl. rate of force development ↑ - rast rezultata u finalnom mjeranju, ↓ - pad rezultata u finalnom mjeranju

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|--------------------------|------------------------|----------------------------------|--|--|---|---|--|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Skein i sur., 2011) | 21±3 godine | 10 (svi ispitanici muškog spola) | Aktivni sportaši iz ekipnih sportova | 30 sati potpune (akutne) deprivacije sna | Probno 30 minuta progresivnog trčanja, 50 minuta intervalnog sprints (15m maks. sprints svake minute i nakon vježbanje samozadanim tempom do kraja minute); Testovi maks. mišićne jakosti | Vrijeme potrebno za istrčati 15m (brzina); Maksimalna voljna kontrakcija (MVC desni m. <i>quadriceps femoris</i>), ↓ voljna aktivacija | ↑ vrijeme potrebno za istrčati 15m; ↓ MVC (desni m. <i>quadriceps femoris</i>), ↓ voljna aktivacija |
| (Skurvydas i sur., 2020) | 20,2±1,4 godine | 30 (svi ispitanici muškog spola) | Mladi, zdravi, rekreativno tjelesno aktivni studenti | 24 sata potpune (akutne) deprivacije sna | Skok s pripremom (CMJ), mjerenje maks. jakosti stiska dominantne šake i zadatak 30 sekundi maks. voljne kontrakcije | Eksplzivna jakost tipa skoka, maks. jakost stiska dominantne šake, RFD, indeks umora, omjer centralne aktivacije | NSZR eksplozivna jakost tipa skoka, NSZR maks. jakost stiska dominantne šake, NSZR RFD, indeks umora, omjer centralne aktivacije |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. counter movement jump, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. maximal voluntary contraction, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. squat jump, RFD – engl. rate of force development ↑ - rast rezultata u finalnom mjerenju, ↓ - pad rezultata u finalnom mjerenju

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|----------------------------|------------------------|----------------------------------|---|--|--|--|--|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Souissi, N. i sur., 2013) | 18,6±2,4 godina | 12 (svi ispitanici muškog spola) | Judo borci (svi smeđi ili crni pojas) | Djelomična (akutna) deprivacija sna provedena na početku noći ili na kraju noći, san ograničen na 3 sata tijekom trajanja intervencije | 1. zagrijavanje, 2. test maks. jakosti stiska šake, test maks. voljne kontrakcije (MVC), <i>Wingate anaerobic test</i> , 3. 5 minuta judo borbe, 4. isto kao u 2. koraku | Maks. jakost stiska šake, MVC, maks. jakost, prosječna jakost u obje intervencije (veće ↓ poslijepodne kod djelomične deprivacije sna na kraju noći) | ↓ maks. jakost stiska šake, MVC, maks. jakost, prosječna jakost u obje intervencije (veće ↓ poslijepodne kod djelomične deprivacije sna na kraju noći) |
| (Souissi, M. i sur., 2014) | 21,1±1,1 godina | 13 (svi ispitanici muškog spola) | Zdravi, mladi studenti studija za izobrazbu nastavnika tjelesne i zdravstvene kulture | Potpuna (akutna) deprivacija sna u trajanju od 36 sati | Skok bez pripreme (engl. <i>squat jump</i> – SJ), <i>Wingate anaerobic test</i> | Eksplzivna jakost tipa skoka, maks. jakost, prosječna jakost, indeks umora | ↓ eksplozivna jakost tipa skoka, maks. jakost, prosječna jakost; ↑ indeks umora |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. *countermovement jump*, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. *maximal voluntary contraction*, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. *squat jump*, RFD – engl. *rate of force development* ↑ – rast rezultata u finalnom mjeranju, ↓ – pad rezultata u finalnom mjeranju

| Rad | Uzorak ispitanika | | | Metode rada | | | Rezultati |
|----------------------|------------------------|----------------------------------|---|--|--|---|--|
| | Dob (AS±SD ili raspon) | N | Opis ispitanika | Intervencija | Protokol testiranja | Promatrani ishod testiranja | |
| (Vaara i sur., 2018) | 26±2 godine | 20 (svi ispitanici muškog spola) | Zdravi, tjelesno aktivni vojnici (sedentarni poslovi u uredu tijekom provedbe istraživanja) | 60 sati potpune (akutne) deprivacije sna | Neuromišićna izvedba: maks. mišićna jakost, vršni gradijent momenta sile, EMG, maks. i submaks. aerobno testiranje, <i>target movement test</i> , brzina reakcije na podražaj i ravnoteža na ploči za mjerenje sile pritiska | Maks. mišićna jakost i vršni gradijent momenta sile ekstenzora u koljenom zglobu, EMG m. vastus lateralis, frekvencija srca, primitak kisika, ventilacija, preciznost, brzina reakcije, ravnoteža | NSZR maks. mišićna jakost i maks. aerobne sposobnosti, ↓ submaks. aerobne sposobnosti, brzina reakcije, ravnoteža, motorička kontrola (preciznost) |

*AS – aritmetička sredina, CMJ – engl. countermovement jump, maks. – maksimalna, min. – minimalna, m. – metara, MVC – engl. maximal voluntary contraction, N – broj ispitanika, NI – nema informacija, NSZR – nema statistički značajne razlike, SD – standardna devijacija, SJ – engl. squat jump, RFD – engl. rate of force development ↑ - rast rezultata u finalnom mjerenju, ↓ - pad rezultata u finalnom mjerenju

3.1 Karakteristike radova

Uzorci ispitanika svih radova uključenih u kvalitativnu analizu su se sastojali od sportaša, treniranih ili rekreativno aktivnih mladih i zdravih ispitanika, a samo jedan od radova se sastojao od uzorka ispitanika kojeg su činili studenti studija za izobrazbu nastavnika tjelesne i zdravstvene kulture (Souissi, M. i sur., 2014) što je spomenuto i kod kriterija za uključivanje. Dob ispitanika u prikazanim radovima se kretao u širokom rasponu od 15 – 33 godina (AS = 21,9) dok samo jedan od uključenih radova nije pružio informacije o dobi ispitanika uključenih u istraživanje (Romdhani i sur., 2020). S obzirom na široki raspon dobi ispitanika uključenih u istraživanja vidljiva je izrazita metodološka heterogenost između radova. Kao iduću karakteristiku uzorka ispitanika ističe se broj ispitanika uključenih u istraživanje koji se kreće u rasponu od 7 – 30 (AS = 14,5).

Od ukupnog broja od 15 radova u svega 3 su bili uključeni ženski ispitanici (Chase i sur., 2017; Daviaux i sur., 2014; Reyner i Horne, 2013) s time da se u jednom od navedenih istraživanja nalazila svega jedna ženska ispitanica (Chase i sur., 2017) dok su uzorci ispitanika u ostala dva istraživanja uključila 50% ženskih ispitanica od ukupnog broja ispitanika (Daviaux i sur., 2014; Reyner i Horne, 2013). Uzorci ispitanika u prisutnim istraživanjima variraju između zdravih, mladih osoba koje su u slobodno vrijeme rekreativno tjelesno aktivne (Brotherton i sur., 2019; Cullen i sur., 2019), do studenata (Daviaux i sur., 2014; Skurvydas i sur., 2020; Souissi, M. i sur., 2014), aktivnih ekipnih sportaša (Pallesen i sur., 2017; Skein i sur., 2011) i individualnih sportaša (Bougard i Davenne, 2012; Chase i sur., 2017; Mah i sur., 2019; Reyner i Horne, 2013; Romdhani i sur., 2019; Romdhani i sur., 2020; Souissi, N. i sur., 2013) te vojnika (Vaara i sur., 2018).

Prema navedenim podacima o metodama rada intervencije u uključenim radovima su se sastojale od potpune ili djelomične deprivacije sna prema uputama naznačenim u kriterijima za uključivanje. Gotovo polovica radova, odnosno njih 8 je koristilo intervencije potpune deprivacije sna (Bougard i Davenne, 2012; Cullen i sur., 2019; Daviaux i sur., 2014; Pallesen i sur., 2017; Skein i sur., 2011; Skurvydas i sur., 2020; Souissi, M. i sur., 2014; Vaara i sur., 2018) dok je 8 radova istraživalo utjecaj djelomične deprivacije sna (Brotherton i sur., 2019; Chase i sur., 2017; Cullen i sur., 2019; Mah i sur., 2019; Reyner i Horne, 2013; Romdhani i sur., 2019; Romdhani i sur., 2020; Souissi, N. i sur., 2013). Jedan od spomenutih radova je u okviru postavljenih metoda rada istraživao utjecaj potpune, ali i djelomične deprivacije sna (Cullen i sur., 2019). Svi radovi su izvještavali o utjecaju korištene intervencije na promatrane

ishode, dok su autori navedenih radova koristili širok spektar promatranih ishoda, odnosno motoričkih sposobnosti.

3.2 Potpuna deprivacija sna

Konkretno govoreći o radovima koji su istraživali utjecaj potpune deprivacije sna na motoričke sposobnosti gotovo polovica radova je koristila ovu vrstu intervencije. Bougard i Davenne (2012) su u svojem radu istraživali kombinirani utjecaj potpune deprivacije sna u trajanju od 35 sati i doba dana na motoričke sposobnosti i sport specifične sposobnosti unutar populacije vozača *motocrossa*. 8 vozača *motocrossa* je testirano u jutarnjim satima (6:00) i poslijepodnevnim satima (18:00) u testovima stajanja na jednoj nozi (engl. *stork stand test*) i vožnja po uskoj gredi koji su korišteni za procjenu ravnoteže, pretklon u uskom raznožnom položaju (engl. *sit-and-reach test*) i vožnja ispod štapa koji su korišteni za procjenu fleksibilnosti te Abalakov test i skok u dalj u vožnji koji su korišteni za procjenu eksplozivne jakosti tipa skoka. Autori ovoga rada su utvrdili da kasnije doba dana igra ulogu u poboljšanju svih testiranih sposobnosti dok je deprivacija sna utjecala na povećanje rezultata u testu pretklona u uskom raznožnom položaju koji je korišten za procjenu fleksibilnosti i na smanjenje rezultata u Abalakov testu te testu stajanja na jednoj nozi koji je korišten za procjenu ravnoteže.

Cullen i sur. (2019) su u svojem radu istraživali utjecaj potpune, ali i djelomične deprivacije sna te su za svaku od intervencija koristili novo mjerenje uz iste promatrane ishode mjerenja. Vremenski razmak između primijenjenih intervencija potpune i djelomične deprivacije sna je bio adekvatan kako bi se izbjegli mogući kumulativni, negativni utjecaji jedne od intervencija na drugu intervenciju. Potpuna deprivacija sna je imala negativan utjecaj na sve mjere motoričkih sposobnosti, a redom su smanjene vrijednosti u izvedbi skoka s pripremom (CMJ) za 10,9% i maksimalna jakost stiska šake za 6%. Aerobne sposobnosti koje su također promatrane varijable u ovom istraživanju, kao mjera funkcionalnih sposobnosti, su poprimile niže vrijednosti nakon obje primijenjene intervencije.

Daviaux i sur. (2014) su istraživali utjecaj potpune deprivacije sna u trajanju od 24 sata na percepciju sposobnosti izvršavanja zadataka i motoričke sposobnosti unutar populacije mladih, zdravih osoba. Ispitanici su u vidu prvog dijela istraživanja morali procijeniti granice maksimalnog prekoraka preko prepreke što je uspoređeno sa samom izvedbom navedenog zadatka. Od testova za procjenu motoričkih sposobnosti korišten je test za procjenu maksimalne mišićne jakosti i vršnog gradijenta momenta sile (engl. *rate of force development – RFD*) i test mjerenja visine 5 uzastopnih skokova s pripremom (CMJ). Od promatranih varijabli primijećeno je jedino smanjenje vrijednosti procjene izvršavanja zadatka (-3,58cm, to jest

smanjenje od 4,42% za $p=0,01$) dok kod testova za procjenu maksimalne jakosti i eksplozivne jakosti tipa skoka nisu pronađene statistički značajne razlike. Zanimljivo bi bilo vidjeti kakvi rezultati bi bili dobiveni na populaciji vrhunskih sportaša.

Pallesen i sur. (2017) su na relativno mladom uzorku ispitanika nastojali utvrditi utjecaj deprivacije sna u trajanju od 24 sata na širok raspon nogometnih vještina (žongliranje, driblanje, kontrola lopte i kontinuirano udaranje lopte) te motoričke sposobnosti, točnije eksplozivnu jakost tipa sprinta i agilnost (sprint na 20 metara, sprint na 40 metara, sprint 30 metara s promjenama smjera kretanja). Od promatranih varijabli negativan utjecaj potpune deprivacije sna je zabilježen samo u testu kontinuiranog udaranja lopte dok statistički značajne razlike nisu primijećene u nijednom drugom pokazatelju. Test kontinuiranog udaranja lopte može služiti u svrhu procjene mišićne izdržljivost i preciznosti te iako je test specifičan za nogometnu izvedbu prikazuje uvid u utjecaj deprivacije sna na motoričke sposobnosti.

Glavni cilj rada Skein i sur. (2011) je bilo utvrditi utjecaj potpune deprivacije sna u trajanju od 30 sati na intervalno izvedbu sprinta i količinu glikogena u mišićima kroz dva uzastopna dana. Važno za ovaj sustavni pregled literature su rezultati dobiveni iz testova sprinta na 15 metara za procjenu eksplozivne jakosti tipa sprinta, testa maksimalne voljne kontrakcije *m. quadriceps femoris* desne noge te voljna aktivacija istog mišića. Prosječno vrijeme potrebno za istrčati 15 metara je bilo sporije drugog dana testiranja u eksperimentalnog grupi ($2,78\pm 0,17$) kada su rezultati uspoređeni s rezultatima eksperimentalne grupe prvog dana mjerenja ($2,70\pm 0,16$) i rezultatima kontrolne grupe drugog dana mjerenja ($2,74\pm 0,15$). Voljna sila i aktivacija su imale niže vrijednosti drugog dana testiranja u eksperimentalnoj, ali i kontrolnoj grupi u usporedbi s prvim danom, no ipak vrijednosti u ovim testovima su bile niže drugog dana testiranja u eksperimentalnoj grupi u usporedbi s kontrolnom grupom ($p<0,05$).

Skurvydas i sur. (2020) su na najvećem uzorku ispitanika od uključenih istraživanja, na 30 mladih, zdravih, rekreativno aktivnih studenata istraživali utjecaj potpune deprivacije sna u trajanju od 24 sata. Testovima skoka s pripremom (CMJ), mjerenjem maksimalne jakosti stiska dominantne šake i izvršavanjem maksimalne voljne kontrakcije kroz 30 sekundi iskazali su utjecaj na motoričke sposobnosti eksplozivne jakosti tipa skoka i maksimalne jakosti. Unutar ove populacije ispitanika nisu uočene statistički značajne razlike u svim promatranim ishodima testiranja, a koji su se odnosili na eksplozivnu jakost tipa skoka, maksimalnu jakost stiska dominantne šake, vršni gradijent momenta sile (engl. *rate of force development* – RFD), indeks umora te omjer centralne aktivacije.

Souissi, M. i sur. (2014) su u sličnom istraživanju na manjem broju od 13 zdravih, mladih studenata studija za izobrazbu nastavnika tjelesne i zdravstvene kulture istraživali utjecaj nešto duže potpune deprivacije sna u trajanju od 36 sati. Testovima skoka bez pripreme (SJ) i *Wingate anaerobic testom* su promatrane slične varijable kao i u istraživanju Skurvydas i sur. (2020), a koje se odnose na eksplozivnu jakost tipa skoka, maksimalnu proizvedenu jakost (u vatima), prosječnu vrijednost proizvedene jakosti (u vatima) i mjere indeksa umora. S obzirom da je navedeni rad Souissi, M. i sur. (2014) uključivao tri grupe, grupu s potpunom deprivacijom sna, grupu s potpunom deprivacijom sna koja je konzumirala kofein nakon provedene intervencije i kontrolnu grupu, uočena je različita količina utjecaja deprivacije sna unutar grupa. Dobiveni rezultati ukazuju da se eksplozivna jakost tipa skoka smanjila isto kao i maksimalna te prosječna vrijednost proizvedene jakosti dok se indeks umora povisio kod eksperimentalne grupe s potpunom deprivacijom sna u usporedbi s vrijednostima dobivenim nakon noći s habitualnom količinom sna ($p < 0,001$). Konzumacija kofeina je pozitivno utjecala na maksimalne vrijednosti proizvedene jakosti nakon deprivacije sna u odnosu na vrijednosti dobivene nakon noći s habitualnom količinom sna ($p < 0,001$), ali rezultati u skoku bez pripreme (SJ) koji su služili za procjenu eksplozivne jakosti tipa skoka su jedini bili viši nakon noći s habitualnom količinom sna i nakon noći s deprivacijom sna u odnosu na inicijalno mjerenje ($p < 0,001$).

Vaara i sur. (2018) su, u zadnjem radu koji pripada ovoj podskupini narativne analize, istraživali utjecaj potpune deprivacije sna najdužeg trajanja od svih prethodno navedenih istraživanja, odnosno 60 sati. Na uzorku ispitanika od 20 vojnika korišteni su testovi za procjenu maksimalne mišićne jakosti i vršnog gradijenta momenta sile (engl. *rate of force development* - RFD) ekstenzora u koljenom zglobu te je provedena elektromiografska analiza (EMG) *m. vastus lateralis*. Osim ovih testova provedeni su testovi za procjenu ravnoteže putem mjerenja sile pritiska podloge i kretanja centra te sile u medio-lateralnoj i antero-posteriornoj ravnini. Testovi su provedeni u 2 uvjeta, odnosno s otvorenim i zatvorenim očima. Za vrijeme provedbe istraživanja ispitanici su provodili sedentarne, uredske poslove što je omogućilo uključivanje ovoga rada u sustavni pregled literature s obzirom da tijekom provedbe intervencije deprivacije sna nisu prisutni ekstremni uvjeti treniranja ili obuke što je karakteristično za vojnike, a što bi moglo otežati donošenje zaključka o tome jesu li ekstremni uvjeti ili deprivacija sna utjecali na promjene u testovima za procjenu motoričkih sposobnosti. Potpuna deprivacija sna nije izazvala statistički značajne promjene u motoričkim sposobnostima unutar ove populacije, a statistički značajne razlike nisu primijećene niti u testovima za procjenu maksimalnih aerobnih sposobnosti. Maksimalna mišićna jakost se nije statistički značajno promijenila nakon

deprivacije sna (prije: 778 ± 166 ; poslije: 754 ± 162 N), kao ni vršni gradijent momenta sile i pokazatelji aktivacije *m. vastus lateralis* (prije: 44 ± 25 , poslije: 39 ± 19 N). Od statistički značajnih razlika u ovom istraživanju testovi za procjenu submaksimalnih aerobnih sposobnosti, brzine reakcije te motoričke i posturalne kontrole su pokazali statistički značajno smanjenje rezultata nakon deprivacije sna. Ravnoteža i motorička kontrola su u manjoj mjeri statistički značajno bile smanjene nakon deprivacije sna, ali smanjenje rezultata je prisutno uglavnom nakon 36 – 48 sati deprivacije te nije primijećeno daljnje smanjenje rezultata nakon više sati deprivacije.

3.3 Djelomična deprivacija sna

Kao prvi od radova koji su istraživali utjecaj djelomične deprivacije sna na motoričke sposobnosti prikazan je rad Brotherton i sur. (2019) koji su u uzorak ispitanika uključili 15 mladih, zdravih ispitanika s barem 2 godine iskustva u treningu s otporom. U okviru istraživanja proučavan je utjecaj djelomične deprivacije sna gdje je san bio ograničen na 3 sata, a intervencija je provedena kroz dvije uzastopne noći. Promatrani ishodi testiranja se odnose na pokazatelje mišićne jakosti, a to su bili redom: maksimalna jakost stiska dominantne šake, submaksimalna izvedba potiska s ravne klupe i nožnog potiska s nagibom u okviru kojih se mjerila maksimalna brzina izvedbe, vrijeme potrebno do postizanja maksimalne brzine, prosječna sila, prosječna jakost i udaljenost. Osim utjecaja djelomične deprivacije sna ispitan je i utjecaj sna kratkog trajanja (engl. *power nap*) koji je proveden nakon intervencije s djelomičnom deprivacijom. Rezultati ovog istraživanja su pokazali negativan utjecaj djelomične deprivacije sna na maksimalnu jakost stiska dominantne šake (smanjenje 2,7%), submaksimalnu izvedbu potiska s ravne klupe (smanjena prosječna jakost za 11,2%; smanjena prosječna sila za 3,3%; smanjena maksimalna brzina izvedbe za 9,4%), submaksimalnu izvedbu nožnog potiska s nagibom (smanjenje prosječne jakosti za 5,7%; uz prisutan trend smanjenja vrijednosti prosječne sile za 3,3%, $p=0,06$). San kratkog trajanja provedenog nakon intervencije deprivacije sna je pokazao pozitivan utjecaj na submaksimalnu izvedbu dizanja utega, subjektivno raspoloženje i mjere umora koje su također uključene kao promatrani ishodi intervencije.

Chase i sur. (2017) su u randomiziranoj kontroliranoj studiji promatrali utjecaj djelomične deprivacije sna tijekom jedne noći koja je provedena nakon intenzivnog treninga na funkciju skeletnih mišića i izvedbu vožnje bicikla na treningu koji je proveden sljedećeg jutra. Iako prikazuje utjecaj deprivacije sna na oporavak i upućuje na implikacije neadekvatnog sna na trenažni proces rad daje uvid u utjecaj djelomične deprivacije sna na određene mjere motoričkih

sposobnosti u usporedbi s normalnom količinom sna što je relevantno za ovaj sustavni pregled literature. U promatranim varijablama bolnosti mišića i vršnog gradijenta momenta sile (engl. *rate of force development* – RFD) na izokinetičkom uređaju, kao mjeri mišićne jakosti, nisu uočene statistički značajne razlike dok je negativan utjecaj deprivacije sna vidljiv jedino tijekom testiranja vremena potrebnog za vožnju bicikla na udaljenosti od 3 kilometara ($-4,0 \pm 3,0\%$).

Cullen i sur. (2019) i njihov rad je imao za cilj utvrditi utjecaj djelomične deprivacije sna, ali i potpune deprivacije sna na neke aspekte sportske izvedbe. Kao što je već prethodno naznačeno, rezultati iz ovog rada pripadaju su obje definirane podgrupe s obzirom na prisutnost obje vrste intervencije. Nakon djelomične deprivacije sna, u kojoj je dopušteno trajanje sna bilo 4 sata, izvedba skoka s pripremom (CMJ) je poprimila niže vrijednosti za 5,2%, a aerobne sposobnosti koje su također promatrane varijable u ovom istraživanju su poprimile niže vrijednosti nakon potpune deprivacije sna, ali također i nakon djelomične deprivacije sna.

Mah i sur. (2019) su se zanimljivo osvrnuli i na biomehaničke strukture gibanja, odnosno koordinaciju zglobova te eksplozivnu jakost tipa skoka u radu koji je proveden na uzorku od 11 vrhunskih biciklista. Intervencija se sastojala od djelomične deprivacije sna u trajanju od 3 dana gdje je san bio ograničen na 4 sata tijekom trajanja intervencije. Maksimalni vertikalni skok nakon saskoka s povišenja je proveden uz 3D analizu gibanja kako bi se procijenila eksplozivna jakost tipa skoka, ali i varijabilnost koordinacije u zglobovima kuka u sagitalnoj ravnini i koljena u frontalnoj ravnini te kuka u frontalnoj ravnini i koljena u sagitalnoj ravnini. Nakon provedene djelomične deprivacije sna visina skoka se statistički značajno smanjila (prije: $0,44 \pm 0,09\text{m}$; poslije: $0,42 \pm 0,10\text{m}$; $p=0,02$), a varijabilnost koordinacije u zglobovima kuka u sagitalnoj ravnini i koljena u frontalnoj ravnini (15,5 stupnjeva; $p=0,04$) te kuka u frontalnoj ravnini i koljena u sagitalnoj ravnini (11,0 stupnjeva; $p<0,01$) se povećala. Povećanje varijabilnosti u biomehaničkim karakteristikama gibanja može imati negativan utjecaj na sportsku izvedbu, ali i na povećanje rizika od ozljeđivanja te su iz tog razloga promijene u ovim rezultatima prikazani u ovoj narativnoj sintezi.

Reyner i Horne (2013) su na uzorku od 16 ispitanika od kojih su 50% bili ženski ispitanici nastojali utvrditi utjecaj skraćivanja sna za 2 – 2,5 sata na preciznost, točnije izvedbu početnog udarca u tenisu. U drugoj od provedenih intervencija osim eksperimentalne i kontrolne grupe prisutna je bila i grupa koja je konzumirala kofein nakon djelomične deprivacije sna. Gledajući broj pogođenih meta od maksimalno 30 pokušaja, odnosno nakon što je provedena analiza varijance ponovljenih mjerenja (ANOVA) utvrđeno je statistički značajno smanjenje

preciznosti nakon djelomične deprivacije sna za sve ispitanike neovisno o spolu ($F=38,7$, $df=1,28$, $p<0,01$). Statistički značajna razlika nakon djelomične deprivacije sna je uočena među muškim ispitanicima, ali i ženskim ispitanicima ($F=28,1$, $df=1,28$, $p<0,01$). Nadalje, nije utvrđena statistički značajna razlika u utjecaju djelomične deprivacije sna na izvedbu servisa između muških i ženskih ispitanika. Zanimljivo u ovom radu je da nisu uočene statistički značajne razlike između intervencija djelomične deprivacije sna bez kofeina i djelomične deprivacije sna nakon koje je konzumiran kofein što se na slaže s rezultatima dobivenim u istraživanju Souissi, N. (2013) koji su utvrdili da je konzumacija kofeina nakon potpune deprivacije sna pozitivno utjecala na maksimalne vrijednosti proizvedene jakosti u odnosu na vrijednosti dobivene nakon noći s habitualnom količinom sna.

Romdhani i sur. (2019) te Romdhani i sur. (2020) su na uzorku ispitanika koji se sastojao od judo boraca istraživali utjecaj djelomične deprivacije sna koristeći isti *Running-based anaerobic sprint test*. Romdhani i sur. (2019) su na 14 članova regionalne judo ekipe proveli intervenciju djelomične deprivacije sna koja je provedena na početku noći ili na kraju noći, a tijekom noći san je bio ograničen na 4 sata. Koristeći formulu za procjenu maksimalne jakosti koju je predstavljao najbrži sprint, minimalne jakosti koju je predstavljao najsporiji sprint i prosječne jakosti nakon provedene intervencije uočena je smanjena vrijednost maksimalne jakosti nakon deprivacije sna na kraju noći ($p=0,008$; $d=1,12$), dok statistički značajna razlika nije uočena nakon deprivacije sna na početku noći. Minimalna jakost (kraj noći: $p=0,006$; $d=1,15$) (početak noći $p=0,028$; $d=0,58$) i prosječna jakost (kraj noći: $p=0,002$; $d=1,33$) (početak noći: $p=0,04$; $d=0,68$) su nakon obje intervencije deprivacije sna bile statistički značajno smanjene, dok razlika između dvije provedene intervencije nije statistički značajna.

Razlika u radu Romdhani i sur. (2020) je u tome što je djelomična deprivacija sna provedena u trajanju od 1 noći bez ikakvog oblika kratkog spavanja nakon intervencije i nije istraživani utjecaj dijela noći u kojem se provodila deprivacija sna. Informacije o restrikciji količine sna nisu bile vidljive prilikom izrade sustavnog pregleda literature. *Running-based anaerobic sprint test* se provodio na način da je nakon zagrijavanja u trajanju od 5 minuta i 3 minute odmora izvedeno 6 sprinteva između fotočelija koje su međusobno udaljenje 35 metara. Djelomična deprivacija sna je statistički značajno utjecala na sve promatrane ishode istraživanja, odnosno prisutno je smanjenje maksimalne jakosti ($p<0,001$; $d=1,12$, minimalne jakosti ($p<0,001$; $d=1,15$) te prosječne jakosti ($p<0,001$; $d=1,33$).

Souissi, N. i sur. (2013) su u randomiziranoj kontroliranoj studiji nastojali utvrditi utjecaj djelomične deprivacije sna u kojoj je san bio ograničen na period od 3 sata, na početku ili kraju

noći, na maksimalnu izvedbu promatranih varijabli. S obzirom da su u inicijalnom mjerenju u obje grupe provedena dva mjerenja, u prijepodnevnim i poslijepodnevnim satima utvrđena je statistički značajna razlika gdje su viši rezultati ostvareni u poslijepodnevnim satima ($p < 0,05$) što se slaže s rezultatima dobivenim u radu Bougard i Davenne (2012) koji su istraživali utjecaj potpune deprivacije sna. Nakon provedene intervencije djelomične deprivacije sna na početku i na kraju noći zabilježeno je smanjenje maksimalne jakosti stiska šake, maksimalne voljne kontrakcije, vršne jakosti i prosječne jakosti. Veće smanjenje rezultata u poslijepodnevnim satima vidljivo je kod djelomične deprivacije sna na kraju noći što može značiti da djelomična deprivacija sna na kraju noći može umanjiti utjecaj cirkadijskog ritma na bolju sportsku izvedbu u kasnijim satima tijekom dana. Ovi rezultati se ne slažu u potpunosti s rezultatima Romdhani i sur. (2019) koji nisu utvrdili statistički značajne razlike između dviju intervencija, odnosno kada je djelomična deprivacija sna provedena na početku noći i kada je provedena na kraju noći. Moguće je da su autori izvještavali o različito dobivenim rezultatima zbog različite metodologije, odnosno zbog količine djelomične deprivacije sna provedene u istraživanjima.

3.4 Sažetak rezultata

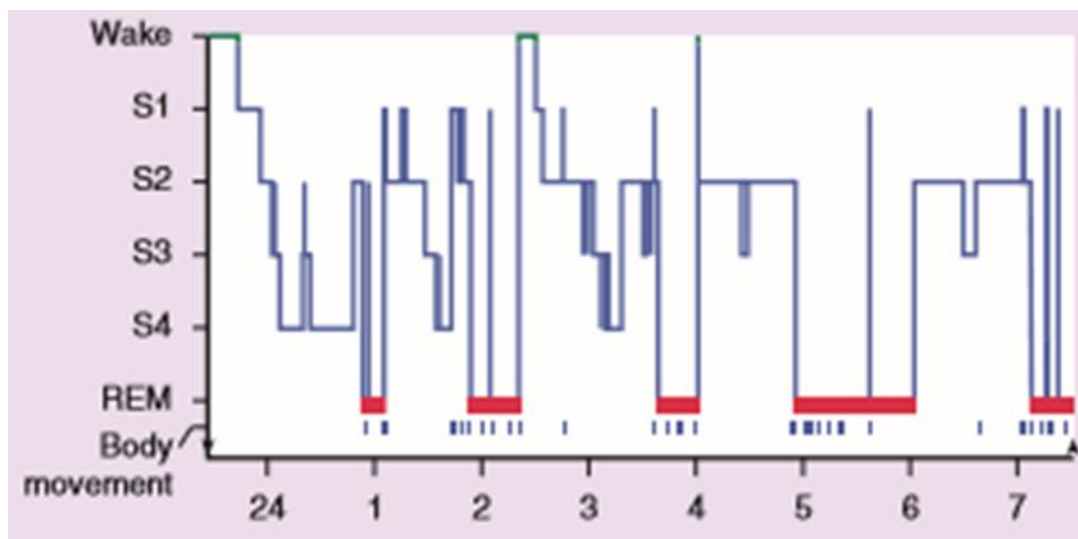
S obzirom na metodološku heterogenost prezentiranih radova teško je donositi zaključke za bilo koju od formiranih podgrupa. Kao najčešće motoričke sposobnosti spominju se eksplozivna jakost tipa skoka, eksplozivna jakost tipa brzine i maksimalna jakost dok su prikazani i utjecaji potpune i djelomične deprivacije sna na motoričke sposobnosti kao što su preciznost, fleksibilnost, biomehanički pokazatelji izvedbe pokreta, mišićna izdržljivost i njihove izvedenice koje su promatrane kroz izvedbu sport specifičnih elemenata. Negativan utjecaj na mjere eksplozivne jakosti tipa skoka, eksplozivne jakosti tipa brzine i maksimalne jakosti su vidljivi analizom radova, ali i dalje su prisutni rezultati koji pokazuju da ne postoji statistički značajan utjecaj deprivacije sna na navedene motoričke sposobnosti. Kofein se doima kao moguće rješenje u smanjivanju negativnog utjecaja deprivacije sna na motoričke sposobnosti dok je dokazano da deprivacija sna u većoj mjeri utječe na kognitivne sposobnosti pojedinca, mjere raspoloženja te imunološki i endokrini sustav. No ipak, o kofeinu je nemoguće zaključivati temeljem dva rada iznesenih u ovom pregledu i to svakako prelazi ciljeve ovog pregleda literature.

4 NORMALAN SAN

Prema (Heller, 2013) normalan san je okarakteriziran kao svakodnevni gubitak svijesti koji, ako se u okolini osobe ne nalaze podražajni signali, kod ljudi obično traje 8 do 9 sati što se opisuje kao habitualna količina sna. Jednostavne definicije koje se koncentriraju na pojedine aspekte spavanja kao što su bihevioralni čimbenici definiraju san kao reverzibilno bihevioralno stanje perceptualnog isključenja od neposredne okoline i stanje smanjene reaktivnosti na podražaje iz okoline (Kryger i sur., 2010). U kontekstu količine sna prema (Hirshkowitz i sur., 2015) preporuke u vidu potrebne količine sna za zdrave osobe s normalnim snom, su za novorođenčad između 14 i 17 sati, dojenčad između 12 i 15 sati, djecu između 11 i 14 sati, predškolce između 10 i 13 sati, a djecu školske dobi između 9 i 11 sati. Kod tinejdžera, 8 do 10 sati sna se smatra dostatnim, 7 do 9 sati za mlade odrasle osobe i odrasle dok su za starije odrasle osobe preporučene vrijednosti od 7 do 8 sati sna (Hirshkowitz i sur., 2015). Pretpostavka da je san postao područje od izuzetnog interesa tek u novije vrijeme začinjuje s obzirom na činjenicu da ljudi provode gotovo trećinu svoga života spavajući (Heller, 2013).

Na temelju podataka dobivenih elektroencefalografijom (EEG) i ostalih kriterija, poznato je da se normalan ljudski san sastoji od dvije faze – *rapid eye movement* (REM) i *non rapid eye movement* (NREM) koji se ciklički mijenjaju tijekom noći (Kryger i sur., 2010). Budno stanje i stanje spavanja se razlikuju na temelju EEG analize kojom su prikazana 2 specifična obrasca električne aktivnosti mozga prilikom tih stanja. Tijekom spavanja, obrazac električne aktivnosti je uglavnom spor, prisutni su valovi visoke amplitude, a za vrijeme budnog stanja obrazac čine brzi valovi koji imaju nisku amplitudu (Heller, 2013). San počinje nizom NREM faza koje postaju sve dublje tijekom noći sve dok nije izvršen prelazak u REM fazu sna približno nakon 80 do 100 minuta (Kryger i sur., 2010). Nakon ovog perioda REM i NREM faze sna se izmjenjuju ciklički unutar perioda od 90 minuta. Tijekom NREM faze sna u dubljim fazama (NREM 3) se izlučuje hormon rasta čija je uloga kod čovjeka prethodno opisana. Tijekom REM faze sna, nasuprot NREM, prisutna je aktivacija električnih signala u mozgu, mišićna atonija i brzi pokreti oka u epizodama (Kryger i sur., 2010). Prva faza tijekom spavanja kod zdrave, mlade, odrasle osobe započinje prvom NREM fazom, a koja obično traje samo nekoliko, točnije između 1 i 7 minuta na početku spavanja (Kryger i sur., 2010). San se lako prekida u ovoj fazi te je stoga važno ukloniti sve remeteće čimbenike iz okoline kako bi se osigurao nesmetan prelazak u dublje faze sna. Druga NREM faza slijedi nakon prve NREM faze, a traje između 10 i 25 minuta i karakterizira ju činjenica da je potrebna veća količina podražaja kako bi se probudila osoba koja se nalazi u ovoj fazi sna. Treća faza NREM sna je prijelazna faza prema

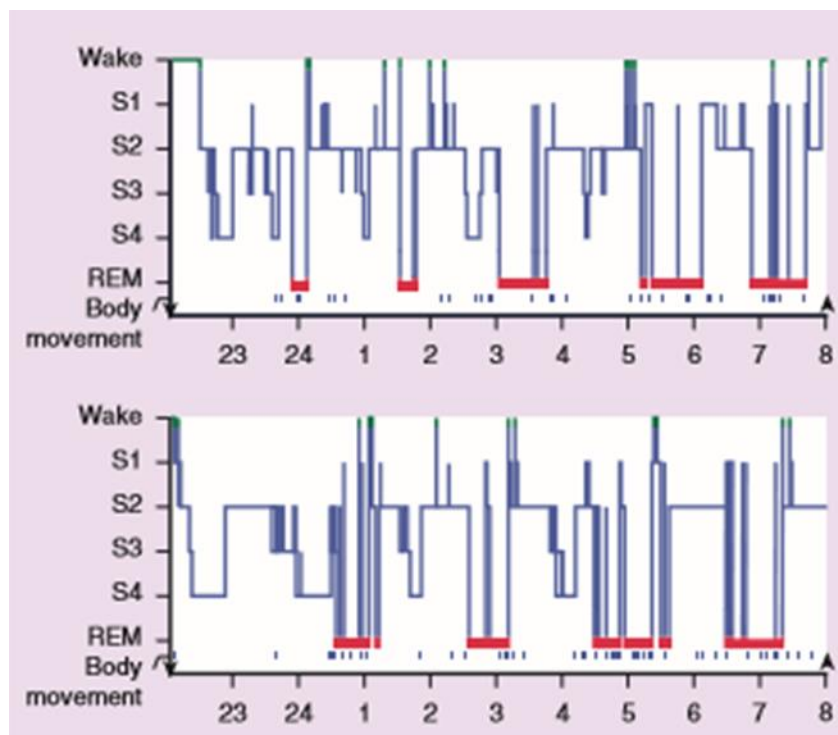
dubljim fazama koje karakteriziraju sporiji valoviti obrasci električne aktivnosti. Četvrta NREM faza traje između 20 i 40 minuta, za buđenje iz treće i četvrte faze je potrebna progresivno veća razina podražaja, a za treću i četvrtu fazu se često koristi kombinirani naziv san usporenog vala (engl. *slow wave sleep*). Prije prvog prelaska u REM fazu sna, događa se 1 do 2 minutna epizoda treće faze NREM sna. Toj trećoj fazi sna prethodi 5 do 10 minutna epizoda druge faze sna isprekidana s nevoljnim pokretima tijela. Epizode REM faze sna su duže u zadnjoj trećini ukupne dužine sna, a ta činjenica je vrlo vjerojatno povezana sa cirkadijskim ritmom i njegovom cikličnom prirodom (Kryger i sur., 2010). Kratke faze buđenja su normalne tijekom noći, najčešće se događaju u neposrednoj blizini prelazaka u REM faze sna i prekratkog su trajanja da bi ih se osoba mogla prisjetiti nakon buđenja. Faze sna i njihovo približno trajanje su prikazani temeljem histograma u slici 2. kako bi se vizualno prikazala njihova distribucija tijekom noći.



Slika 2. Histogram koji prikazuje napredak zdravog, mladog dobrovoljca kroz faze sna tijekom jedne noći (Kryger i sur., 2010)

U proučavanju funkcija sna na ljudski organizam važnu ulogu ima proučavanje učinaka deprivacije sna. Iako postoji veliki broj istraživanja na temu sna, razvojem novih tehnika i sve osjetljivijih testova omogućeno je veće teorijsko i praktično razumijevanje utjecaja deprivacije sna na ljudski organizam. U kontekstu deprivacije sna prisutni su pojmovi potpune i djelomične deprivacije sna te fragmentacije sna. Potpuna deprivacija sna se definira kao kontinuirano stanje budnosti u trajanju od barem 24 sata, odnosno jednog dana. Djelomična deprivacija sna se definira kao smanjena količina sna tijekom noći, a najčešće se odnosi na vrijeme provedeno spavajući u trajanju od 4 sata. Na ovaj način definirana djelomična deprivacija sna vuče korijene

iz ranijih zaključaka autora koji djeluju na ovom području, a koji su dijelili san na obavezan san (engl. *core sleep*) i neobavezan san (engl. *optional sleep*) (Kryger i sur., 2010). Postavljena je teorija da je optimalno funkcioniranje čovjeka očuvano u slučaju da osoba spava u trajanju od barem 4 sata jer većinu tog početnog perioda osoba provodi u snu sporog vala (engl. *slow wave sleep*). Što se tiče fragmentacije sna ona je bitna u istraživanju utjecaja vrlo kratkih periodičnih podražaja na san. Posljedice isprekidanog sna se odnose na smanjenje okrepljujuće snage sna na ljudski organizam, dok te posljedice mogu biti slične utjecaju potpune deprivacije sna na čovjeka (Kryger i sur., 2010). Svi ovi oblici smanjene količine sna mogu ostaviti negativne utjecaje na ljudski organizam u različitoj mjeri ovisno o tome radi li se o akutnoj ili kroničnoj izloženosti čovjeka deprivaciji sna. Slika 3. je u funkciji prikazivanja učinaka deprivacije sna na faze sna tijekom noći kod osoba s normalnim snom, a na donjem histogramu, odnosno onom koji prikazuje deprivaciju sna vidljiva je veća zastupljenost četvrte faze NREM sna od uobičajene te kasniji prelazak u REM fazu sna.



Slika 3. Histogram sna nakon normalne noći sna i noći deprivacije sna. Gornji histogram prikazuje normalan san kod zdrave, mlade djevojke u dobi od 14 godina, a donji histogram prikazuje obrazac spavanja dobrovoljca u prvoj noći oporavka nakon deprivacije sna u trajanju od 38 sati

5 ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SAN

Mnoštvo je čimbenika koji mogu utjecati na san, a taj se utjecaj može svrstati u kategorije pozitivnih i negativnih utjecaja. Za potrebe ovog rada istražiti će se čimbenici koji negativno utječu na san s posebnim naglaskom na populaciju sportaša. Prema radu Roberts i sur. (2019) sportaši često nisu u mogućnosti ostvariti postavljene preporuke za adekvatnu količinu sna tijekom razdoblja intenzivnih treninga i natjecanja. Naglašeno je da je spavanje narušeno u noći nakon i prije natjecanja u odnosu na prethodne noći dok rani jutarnji treninzi, povećan volumen i intenzitet treninga, vrijeme polaska na putovanja, *jet lag* i visina na kojoj putuju avionom prema odredištu mogu narušiti san sportaša. Specifične karakteristike treninga i raspored natjecanja predstavljaju pojedinačne najutjecajnije čimbenike u kontekstu neadekvatnog sna unutar populacije elitnih sportaša (Nedelec i sur., 2018). Utjecaj *jet laga* i putovanja kroz više vremenskih zona su često proučavani u literaturi, a općenito se naglašava negativan utjecaj putovanja prema zapadu u odnosu na putovanje prema istoku (Benjamin i sur., 2015; Eichner, 2020; Leatherwood i Dragoo, 2013; Roy i Forest, 2018). *Jet lag* primarno djeluje preko mehanizama koji utječu na cirkadijski ritam te je zbog promjena u temperaturi, svjetlosti i ostalih karakteristika okoline zapažen i značajan utjecaj na san (Benjamin i sur., 2015). S obzirom na sve veći broj natjecanja i zahtjeva unutar natjecateljskog perioda utjecaj *jet laga* i putovanja na san i sportsku izvedbu postaje područje sve većeg broja znanstvenih istraživanja. U novije vrijeme sve su češći poremećaji spavanja kod sportaša pod utjecajem dugotrajnog izlaganja ekranima koji se nalaze na električnim uređajima i svjetlosti specifične valne duljine koja je prisutna kod takvih uređaja (Nédélec i sur., 2015). Količina sna se postupno smanjivala tijekom posljednjih stoljeća uglavnom zbog promjena u izloženosti prirodnom izmjenjivanju svjetlosti i tame, uključujući široku rasprostranjenost svjetlosti iz električnih uređaja, smanjenu izloženost dnevnoj svjetlosti u zgradama i upotrebi električnih uređaja koji emitiraju svjetlost u večernjim satima (Nedelec i sur., 2018).

Čovjek djeluje na principu ritmičnih promjena u danu, a njegovo optimalno fiziološko i psihološko funkcioniranje ovisi o međusobnom utjecaju mnogih faktora, a utjecaj te ritmičnosti je prisutan i u kontekstu sportske izvedbe. Dokazano je da je sportska izvedba najbolja u večernjim satima u vrijeme kad temperatura tijela obično bude na vrhuncu (Eichner, 2020; Reilly, 2009; Reilly i Waterhouse, 2009; Thun i sur., 2015). Sportski treninzi i natjecanja se provode bez obzira na doba dana, a termin njihove provedbe ovisi o zakazanom terminu treninga, vremenu do početka natjecanja ili osobnim stavovima (Reilly, 2009). Deprivacijom

sna sportaši negativno utječu na sportsku izvedbu, dok se čini da produžavanjem količine sna dolazi do njenog poboljšanja (Bonnar i sur., 2018; Dement, 2005; Schwartz i Simon, 2015).

Prethodno provedena istraživanja su pokazala da je gubitak sna česta pojava kod sportaša, a pojavljuje se u periodima prije i nakon sportskog natjecanja, što bi moglo imati značajan utjecaj na pripremu, izvedbu i oporavak sportaša (O'Donnell i sur., 2018). Veliki broj sportaša susreće se s poremećajima kvalitete sna i posljedično smanjene količine sna (Carter i sur., 2020; Erlacher i sur., 2011; Mah i sur., 2018; Nedelec i sur., 2018; Sargent i sur., 2014). Kod sportaša nekoliko intrinzičnih i ekstrinzičnih čimbenika kao što su dob, spol, vrijeme provedeno u sustavnom treningu i tip sportske aktivnosti mogu potencijalno imati izražen učinak na količinu i arhitekturu sna (Vlahoyiannis i sur., 2020). Unutar populacije sportaša prisutna je visoka učestalost simptoma nesanice koja je karakterizirana dužim vremenom potrebnim za započinjanje početnih faza spavanja, većom fragmentacijom sna i pretjeranim dnevnim umorom (Gupta i sur., 2017). Dva mehanizma se spominju u podlozi smanjenja kvalitete sna i nesanice povezane sa sportom, a odnose se na prisutnost kognitivnih podražaja prije spavanja i smanjene količine sna (Gupta i sur., 2017). Kvaliteta sna se sve više narušava, a istraživanja ukazuju na interakciju između smanjene količine sna i njegove kvalitete. Rad Knufinke i sur. (2018) prikazuje na uzorku od 98 elitnih, mladih sportaša općenito zadovoljavajuću kvalitetu spavanja (na temelju ispunjenih upitnika), iako bi čak 41% sportaša, prema kriteriju broja odspavanih sati, moglo biti smješteno u kategoriju „loših“ spavača, a kod čak 12% vrhunskih sportaša je identificiran poremećaj spavanja. Neadekvatan san može kod sportaša utjecati na trenajni proces i samo natjecanje, a to čini povećanjem razine umora ili anksioznosti povezane s razmišljanjem o sportskoj izvedbi (O'Donnell i sur., 2018).

Govoreći o čimbenicima koji utječu na količinu i kvalitetu sna te prevalenciji neadekvatnog sna kod sportaša potrebno je pretpostaviti da je praćenje sna od velike važnosti u svrhu donošenja novih spoznaja na ovom području. Kod metoda praćenja količine i kvalitete sna kao zlatni standard spominje se polisomnografija. Biološko, tjelesno i kemijsko okruženje tkiva u ljudskom tijelu kontinuirano stvara elektromagnetske signale koji svojim kretanjem daju informacije o unutarnjim fiziološkim promjenama na temelju kojih možemo razlikovati normalne nalaze od onih neuobičajenih (Chokroverty, 2017). Navedene elektromagnetske signale u ljudskom tijelu, koji se očituju u obliku valova, svojim kretanjem uz otpor i kapacitet okolnog tkiva stvaraju nabijeni ioni (primjer Na, K, Cl) (Chokroverty, 2017). Glavni problem kod upotrebe polisomnografije za praćenje sna je nemogućnost upotrebe te tehnike izvan laboratorijskih uvjeta, odnosno na terenu, skupa je i teško dostupna te je potrebna

specijalizirana osoba za upravljanje takvim uređajem i očitavanje rezultata. Vezano uz najbolju metodu praćenja sna kod sportaša potrebno je shvatiti da trenutačno ne postoje smjernice ili preporuke na tom području (Halsen, 2019). Kod ostalih metoda praćenja sna kod sportaša, a koje uključuju uređaje za praćenje aktivnosti, aplikacije za pametne mobitele, upitnike i mnoge druge metode, poznato je da postoje brojne prednosti i nedostaci (Halsen, 2019). Prema istraživanju Claudino i sur. (2019) kod mjerenja kvalitete sna preporučljivo je koristiti uređaje i metode kao što su aktigrafija, *Pittsburgh Sleep Quality Index*, *Likert scale*, *Liverpool Jet-Lag Questionnaire* i *RESTQ*. Aktigrafija je valjana, neinvazivna metoda koju karakterizira nošenje malog uređaja (aktigrafa) na zapešću koji prati cikličnost faza aktivnosti i odmora kod čovjeka. Najčešće se koristi u kombinaciji s dnevnicima koji također prate obrasce aktivnosti i odmora ispitanika, a osim specijaliziranih uređaja postoje i uređaji koji su namijenjeni za širu upotrebu kao dio pametnih mobitela ili pametnih satova. Kvaliteta sna ($r = 0.71$, $P < 0.01$) i ukupno vrijeme spavanja ($r = 0.76$, $P < 0.01$) izmjereni aktigrafom dovoljno dobro odražavaju iste parametre izmjerene polisomnografijom (Spielmans i sur., 2019). U radu (Sargent i sur., 2016) prikazano je da su jednostavni uređaji za praćenje aktivnosti, koji funkcioniraju kao aktigrafi, bili pokazali visoku osjetljivost na faze spavanja (81–92%), ali specifičnost se razlikovala ovisno o primijenjenom pragu za prepoznavanje faza budnosti i spavanja (67–82%). Uređaji za praćenje aktivnosti su u globalu podcjenjivali ukupno trajanje spavanja (18 – 90 min) i precjenjivali trajanje budnosti (4 – 77 min), ali također ovisno o primijenjenom pragu za prepoznavanje faza budnosti i spavanja (Sargent i sur., 2016). Time rečeno aktigrafija je dostupnija i jednostavnija metoda u kontekstu praćenja sna unutar populacije sportaša od polisomnografije. Osim ove dvije metode izdvaja se metoda subjektivne procjene količine sna unutar populacije sportaša kao najdostupnija i najjednostavnija metoda za korištenje. U radu Caia i sur. (2018) kroz praćenje 641 noći i spavanja profesionalnih ragbijaša, zabilježena je visoka pozitivna korelacija između ukupnog trajanja sna procijenjenog pomoću uređaja za praćenje aktivnosti i subjektivne procjene ukupnog trajanja sna ($r = 0,85$) s tipičnom pogreškom procjene ukupnog trajanja sna od 48 minuta. Ovaj rad prikazuje da subjektivno procjenjivanje ukupne količine sna precjenjuje njegovu količinu u prosjeku za 19,8 minuta (Caia i sur., 2018). Zaključno za metode praćenja sna unutar populacije sportaša bitno je reći da su aktigrafija, odnosno uređaji za praćenje količine aktivnosti, ali i subjektivna procjena količine sna pogodni za upotrebu u ovu svrhu u slučajevima kada nije moguće koristiti polisomnografiju.

6 RASPRAVA

Cilj ovoga rada je bio istražiti utjecaj deprivacije sna na motoričke sposobnosti i izvedbu sportaša kroz sustavni pregled literature. Ukupan broj od 15 radova je zadovoljio postavljene kriterije za uključivanje te su analizirani rezultati dobiveni provedbom intervencija potpune i djelomične deprivacije sna. Ukupan broj ispitanika uključenih u kvalitativnu analizu je 218 ispitanika od kojih je manji broj bio ženskog spola ($n=21$). Širok raspon dobi ispitanika, različitosti u razini tjelesne aktivnosti i njenom intenzitetu te različite definicije primijenjenih intervencija čine glavne izvore heterogenosti prikazanih radova. Radovi koji su istraživali utjecaj potpune deprivacije sna su ukupno sadržavali 134 ispitanika, dok se u radovima koji su istraživali utjecaj djelomične deprivacije sna nalazilo 99 ispitanika.

U svojoj cjelini ovaj sustavni pregled literature upućuje na različite smjerove kretanja utjecaja deprivacije sna na pojedine motoričke sposobnosti i sportsku izvedbu bez obzira na vrijeme trajanja deprivacije sna. Izvedena konstatacija se slaže s ostalim radovima koji su sustavnim pregledom literature obrađivali ovo polje znanstvenog interesa (Copenhaver Diamond, 2017; Davenne, 2009; Fullagar i sur., 2015; Halson, 2016; Kölling i sur., 2016; Samuels, 2008; Taylor i sur., 2016; Yarnell i Deuster, 2016).

Pregledom radova koji su proučavali utjecaj potpune deprivacije sna utvrđen je manji broj motoričkih sposobnosti koji su definirani kao promatrani ishodi istraživanja (Bougard i Davenne, 2012; Cullen i sur., 2019; Daviaux i sur., 2014; Pallesen i sur., 2017; Skein i sur., 2011; Skurvydas i sur., 2020; Souissi, M. i sur., 2014; Vaara i sur., 2018). Promatrani ishodi istraživanja u ovim radovima, a koji su povezani s ciljem ovog preglednog rada, su se odnosili na maksimalnu jakost, eksplozivnu jakost, ravnotežu, fleksibilnost, preciznost, maksimalnu voljnu kontrakciju, motoričke sposobnosti kroz izvedbu sport specifičnih elemenata te pokazatelje umora. Veći broj tih motoričkih sposobnosti se konzistentno pojavljuje u svim uključenim radovima uz slaganje mjernih instrumenata koji su korišteni za procjenu pojedine motoričke sposobnosti. Razlike u upotrebi mjernih instrumenata su bile prisutne jedino u slučajevima kada su promatrani ishodi istraživanja uključivali sport specifične sposobnosti, odnosno sportsku izvedbu (Bougard i Davenne, 2012; Fullagar i sur., 2015). Osim navedenih sposobnosti radovi su istraživali utjecaj i na ostale aspekte antropološkog statusa sportaša, ali ti rezultati nisu bili dio područja koje ovaj pregled literature istražuje.

Maksimalna jakost, kao motorička sposobnost, je bila dijelom većeg broja istraživanja koja su proučavala utjecaj potpune deprivacije sna (Cullen i sur., 2019; Daviaux i sur., 2014; Skein i sur., 2011; Skurvydas i sur., 2020; Vaara i sur., 2018). Testovi koji su se u najvećoj mjeri

koristili za procjenjivanje maksimalne jakosti su bili mjerenje maksimalne jakosti stiska dominantne šake (Cullen i sur., 2019; Skurvydas i sur., 2020) te testovi na dinamometrijskim uređajima koji su mjerili maksimalnu jakost putem zadatka maksimalne voljne kontrakcije i mišićnu aktivaciju uz pomoć EMG uređaja (Daviaux i sur., 2014; Skein i sur., 2011; Vaara i sur., 2018). Rezultati koji su dobiveni u ovim istraživanjima upućuju na nepodudarnost utjecaja potpune deprivacije sna na maksimalnu jakost. Naime, maksimalna jakost stiska šake je u dva prisutna rada bila statistički značajno smanjena nakon deprivacije sna (Cullen i sur., 2019) dok u drugom spomenutom radu nisu prisutne statistički značajne razlike (Skurvydas i sur., 2020). Kod maksimalne voljne kontrakcije *m. quadriceps femoris* je bio mišić čija se aktivnost proučavala, a dva rada nisu uočila statistički značajnu razliku nakon deprivacije sna (Daviaux i sur., 2014; Vaara i sur., 2018) dok je samo jedan rad pokazao statistički značajno smanjenje maksimalne voljne kontrakcije praćenog mišića (Skein i sur., 2011). Eksplozivna jakost je motorička sposobnost koja je u najvećem broju radova činila promatrani ishod istraživanja (Bougard i Davenne, 2012; Cullen i sur., 2019; Daviaux i sur., 2014; Pallesen i sur., 2017; Skurvydas i sur., 2020; Souissi, M. i sur., 2014; Vaara i sur., 2018). Eksplozivna jakost tipa skoka bila je primaran vid eksplozivne jakosti koji je proučavan, uz jedan od radova koji je proučavao eksplozivnu jakost tipa sprinta (Pallesen i sur., 2017) i dva rada koja su dinamometrijom utvrđivali vršni gradijent momenta sile kao mjeru eksplozivne jakosti (Skurvydas i sur., 2020; Vaara i sur., 2018). Eksplozivna jakost je također, pod utjecajem potpune deprivacije sna, pokazala nekonzistentne promjene. U nekim od radova utvrđen je statistički značajan pad eksplozivne jakosti nakon provedene intervencije (Bougard i Davenne, 2012; Cullen i sur., 2019; Souissi, M. i sur., 2014), dok ostatak radova nije otkrio statistički značajne razlike u rezultatima testova za procjenu eksplozivne jakosti (Daviaux i sur., 2014; Pallesen i sur., 2017; Skurvydas i sur., 2020; Vaara i sur., 2018). Uz utvrđene statistički značajne slabije rezultate nakon deprivacije sna u radu Bougard i Davenne (2012) u varijanti skoka u dalj iz mjesta koji se koristi za procjenu eksplozivne jakosti tipa skoka, autori ovoga rada također ističu da ne postoje statistički značajne razlike u rezultatima sport specifičnih testova koji su služili za procjenu eksplozivne jakosti tipa skoka. Ovi rezultati su u skladu s dosadašnjim pregledima literature koji također izvode suprotnosti u dokazima kada se govori o utjecaju potpune deprivacije sna na maksimalnu jakost i eksplozivnu jakost (Fullagar i sur., 2015; Kölling i sur., 2019; Yarnell i Deuster, 2016). Tako je i rad Blumert i sur. (2007) pokazao da ne postoje statistički značajne razlike u maksimalnoj izvedbi olimpijskih podizanja kao što su trzaj, nabačaj-izbačaj i prednji čučanj nakon potpune deprivacije san u trajanju od 24 sata. Jedini rad koji je istraživao utjecaj potpune deprivacije sna, a koji je uključivao ženske

ispitanike nije utvrdio statistički značajnu razliku između spolova u promatranim varijablama (Daviaux i sur., 2014). S obzirom na navedeno nije moguće iznositi nikakve zaključke o utjecaju spola na količinu utjecaja deprivacije sna zbog malog broja uključenih ženskih ispitanika u istraživanjima. Ravnoteža je bila predmetom proučavanja dva rada od kojih su oba utvrdila da ne postoje statistički značajne razlike u mjerenjima provedenim nakon potpune deprivacije sna u odnosu na normalnu količinu sna (Bougard i Davenne, 2012; Vaara i sur., 2018). Vaara i sur. (2018) su uočili statistički značajno smanjenje rezultata u testu za procjenu fleksibilnosti tek u manjoj mjeri u odnosu na druge proučavane sposobnosti, a značajniji je rezultat koji govori da se posljedično smanjenje deprivacije sna ne povećava s dužim trajanjima potpune deprivacije. Naime, ovdje se misli na prestanak trenda smanjenja rezultata nakon 36 – 48 sati gdje su rezultati bili najniži, dok nakon što je prošlo konačnih 60 sati u okviru ovoga istraživanja nije uočeno daljnje smanjenje (Vaara i sur., 2018). Rad Bougard i Davenne (2012) je kroz dva različita mjerna postupka, odnosno upotrebom uobičajenog testa za procjenu ravnoteže i sport specifičnog testa, utvrdio da ne postoje statistički značajne razlike nakon perioda deprivacije sna. Fleksibilnost se pojavljuje u jednom od radova koji je provodio procjenu razine fleksibilnosti kroz standardizirane testove za procjenu ove motoričke sposobnosti, a uključivali su i sport specifične testove (Bougard i Davenne, 2012). Poboljšanje rezultata koji su dobiveni iz testova koji su služili za procjenu fleksibilnosti naznačuju da je ovo poboljšanje izvedbe postavljenih zadataka u jutarnjem terminu vjerojatno bilo posljedica nedostatka opuštenosti mišića leđa tijekom spavanja, odnosno ležanja u krevetu. Što se tiče sportske izvedbe, Pallesen i sur. (2017) su utvrdili da su ispitanici ostvarili statistički značajno slabije rezultate u samo jednom testu, a koji je opisan kao test kontinuiranog udaranja lopte u metu. S obzirom da je meta bila postavljena na udaljenost od 5 metara te da su se brojali samo ispravno izvedeni pokušaji u vremenu od jedne minute, test može služiti za procjenu preciznosti i mišićne izdržljivosti. Time, samo navedene sposobnosti su pod negativnim utjecajem deprivacije sna dok u testovima za procjenu agilnosti i pojedine sport specifične elemente (žongliranje, driblanje, kontrola lopte nakon dodane lopte) nisu pronađene statistički značajne razlike. Sposobnosti koje se svrstavaju u prostor funkcionalnih i kognitivnih sposobnosti te mjere perifernog i centralnog umora su zadnje stavke koje se spominju u okviru potpune deprivacije sna unutar ovog pregleda literature. Određeni su se ishodi pojavljivali, kao što su aerobne sposobnosti, anaerobne sposobnosti, brzina reakcije i indeks umora, u polovini radova koji su istraživali utjecaj potpune deprivacije sna (Skein i sur., 2011; Skurvydas i sur., 2020; Souissi, M. i sur., 2014; Vaara i sur., 2018). Indeks umora se povisio u jednom od radova koji je promatrao ovu varijablu (Souissi, M. i sur., 2014) dok drugi rad nije uočio statistički značajne

razlike u indeksu umora i u definiranim mjerama koje su iskazivale količinu perifernog i centralnog umora. Potpuna deprivacija sna se negativno odrazila na maksimalnu i prosječnu jakost mjerenu u vatima na bicikl ergometru kao mjeru anaerobne jakosti, vrijeme potrebno za istrčati šest ponavljanja u intervalima od 15 metara te submaksimalne aerobne sposobnosti. Što kazuje da je prostor funkcionalnih sposobnosti pod većim negativnim utjecajem potpune deprivacije sna, ali isti zaključci su doneseni i pregledom literature u drugim radovima koji su detaljnije obrađivali ovo područje (Fullagar i sur., 2015; Halson, 2014; Nedelec i sur., 2018; Nédélec i sur., 2015).

Kod djelomične deprivacije sna i radova koji su uključivali ovaj oblik intervencije primijećeni su slični utjecaji na pojedine sposobnosti uz također prisutnu nemogućnost donošenja općih zaključaka o utjecaju djelomične deprivacije sna na pojedine motoričke sposobnosti (Brotherton i sur., 2019; Chase i sur., 2017; Cullen i sur., 2019; Mah i sur., 2019; Reyner i Horne, 2013; Romdhani i sur., 2019; Romdhani i sur., 2020; Souissi, N. i sur., 2013). Kod radova koji su procjenjivali utjecaj djelomične deprivacije sna očito je da utjecaj na promatrane ishode mjerenja ima i vrijeme kada je korištena navedena intervencija, odnosno u koje dobi noći je korištena, a povezanost ovih navoda ima vjerojatno podlogu u utjecaju cirkadijskog ritma čovjeka (Eichner, 2020; Reilly i sur., 2007; Reilly i Waterhouse, 2009). Kod procjenjivanja utjecaja djelomične deprivacije sna na maksimalnu jakost najčešće korišteni testovi su također bili test maksimalne jakosti stiska dominantne šake (Brotherton i sur., 2019; Cullen i sur., 2019; Souissi, N. i sur., 2013) te mjerenje maksimalne voljne kontrakcije dinamometrijskim uređajem (Souissi, N. i sur., 2013). Mjerenje maksimalne jakosti stiska šake unutar ove interventne grupe potvrđuje varijabilan utjecaj deprivacije sna. Maksimalna jakost stiska šake je bila statistički značajno niža u dva rada (Brotherton i sur., 2019; Souissi, N. i sur., 2013) dok treći rad nije iskazao statistički značajne razlike (Cullen i sur., 2019). U jednom starijem radu koji je istraživao utjecaj potpune deprivacije sna Meney i sur. (1998) također nisu pronašli statistički značajne razlike u testovima maksimalne jakosti mišića nogu, leđa i šake. Ovaj rad je istaknut s obzirom na činjenicu da uopće mali broj radova postoji koji su istraživali utjecaj djelomične deprivacije sna na maksimalnu jakost. Možda najbitnija činjenica je ta da se ne može s potpunom sigurnošću reći hoće li potpuna ili djelomična deprivacija sna utjecati negativno na određenu motoričku sposobnosti ili neće. Jedini rad koji je istraživao utjecaj djelomične deprivacije sna na maksimalnu voljnu kontrakciju je rad Souissi, N. i sur. (2013) koji je utvrdio da postoji statistički značajan negativan utjecaj djelomične deprivacije sna. Eksplozivna jakost je i unutar grupe s djelomičnom deprivacijom sna bila najčešće promatrana

varijabla, a također je gledana kroz testiranje dinamometrijskim uređajem ili u testovima za procjenu eksplozivne jakosti tipa skoka i sprinta. Samo jedan od radova je tvrdio da ne postoje statistički značajne razlike prilikom mjerenja vršnog gradijenta momenta sile (Chase i sur., 2017) dok su ostali radovi iskazali da postoji statistički značajan negativan utjecaj djelomične deprivacije sna na eksplozivnu jakost tipa skoka (Cullen i sur., 2019; Mah i sur., 2019; Souissi, N. i sur., 2013). Radovi Romdhani i sur. (2019) i Romdhani i sur. (2020) su upotrebom fotoćelija za mjerenje sprinta proučavali maksimalnu, minimalnu i prosječnu jakost koja je procijenjena iz rezultata dobivenih maksimalnim trčanjem kroz navedene fotoćelije. Maksimalna, minimalna i prosječna jakost, kao mjera eksplozivne jakosti su bile statistički značajno smanjene nakon noći s djelomičnom deprivacijom sna u oba navedena rada. S obzirom na veći broj radova koji su prikazali prisutnost negativnog utjecaja djelomične deprivacije sna na maksimalnu jakost i eksplozivnu jakost nego kod potpune deprivacije sna može se hipotetizirati da djelomična deprivacija sna ima značajniji nepovoljan utjecaj na ove sposobnosti. Prilikom izvedbe pojedinih vježbi s otporom prosječna jakost, sila i maksimalna brzina su se statistički značajno smanjile u jednom od radova (Brotherton i sur., 2019) što ukazuje na moguće negativne posljedice djelomične deprivacije sna u postizanju trenažnih ciljeva kroz trening s vanjskim otporom. Kod korištenja sport specifičnih testova za mjerenje utjecaja djelomične deprivacije sna ističe se rad Reyner i Horne (2013). Prilikom izvedbe početnog udarca u tenisu procijenjena je sport specifična preciznost, a utvrđeno je statistički značajno smanjenje preciznosti. Uz prisutno smanjenje ovaj rad je specifičan zbog činjenice da jedini ističe spolne razlike u utjecaju djelomične deprivacije sna, gdje su ženski ispitanici bili pod većim negativnim utjecajem deprivacije sna nego muški dio ispitanika. Na uzorku vrhunskih biciklista, u radu Mah i sur. (2019) zanimljivo je prikazan mogući utjecaj djelomične deprivacije sna na varijabilnost biomehaničkih pokazatelja kvalitete pokreta. Naime, dobiveni rezultati prikazuju moguć negativan utjecaj djelomične deprivacije sna u vidu povećanja rizika za nastajanje ozljeda. Prema saznanju autora, ovo je jedini rad koji je istraživao ovakav utjecaj deprivacije sna, a koji se odnosi na područje rizika za nastanak sportskih ozljeda. Što se tiče pokazatelja umora, indeks umora nije uključen kao promatrani ishod u radovima s djelomičnom deprivacijom sna kao što je to učinjeno u radovima s potpunom deprivacijom sna. U ovim radovima kao pokazatelj umora koristili su se bol i osjetljivost mišića, a koji se u okviru rada Chase i sur. (2017) nisu statistički značajno promijenili nakon provedene intervencije deprivacije sna. Aerobne sposobnosti su također bile u određenoj mjeri uključene u istraživanja koja su koristila intervenciju djelomične deprivacije sna. S obzirom da se radi o samo jednom

od radova ukratko se ističe da je bilo prisutno statistički značajno smanjenje izvedbe zadataka koji su služili kao pokazatelji aerobne sposobnosti (Chase i sur., 2017).

Različiti smjerovi kretanja pojedinih motoričkih sposobnosti pod utjecajem potpune i djelomične deprivacije sna su opisani kroz dostupna istraživanja koja su uključena u ovaj pregled literature. Čimbenici koji su moguće utjecali na heterogenost u dobivenim rezultatima i zbog kojih nije moguće izvoditi konačne zaključke se odnose na dob ispitanika uključenih u istraživanja, razinu dnevne i tjedne tjelesne aktivnosti ispitanika, trajanju deprivacije sna koja je primijenjena kao intervencija u istraživanja, spol i vrijeme provođenja testiranja pojedinih sposobnosti. Kako bi se određeni zaključci mogli formirati u budućim istraživanjima je potrebno obratiti pozornost upravo na ove čimbenike. Ono što je moguće iskazati na kraju rasprave je činjenica da „trening ne dovodi do savršenstva, već trening nakon kojeg uslijedi noć s adekvatnim snom dovodi do savršenstva“ (Walker, 2017).

Prilikom davanja smjernica za održavanje adekvatne higijene spavanja iskoristiti će se tablični prikaz (*tablica 4.*) u okviru kojega će se nalaziti smjernice pretragom literature koja se bavila ovim područjem (Fullagar i sur., 2016; Fullagar i sur., 2015; Halson, 2014; Nédélec i sur., 2015; O'Donnell i sur., 2018; Vitale i sur., 2019).

Tablica 4. Preporuke za održavanje i primjenjivanje adekvatne higijene spavanja unutar populacije sportaša

| Adekvatna higijena spavanja sadrži: |
|--|
| 1. Odlazak na spavanje i buđenje svakog dana u isto vrijeme kako bi se održao ustaljeni dnevni ritam koji prati cirkadijski ritam čovjeka |
| 2. Količinu sna u trajanju od 7 – 9 sati, uz povećanje količine spavanja za sportaše do gornje granice od 11 sati |
| 3. Izbjegavanje konzumacije kofeina, alkohola i nikotina (ako se konzumira bitno je to činiti ranije u danu kada konzumacija neće negativno utjecati na san) |
| 4. Barem 2 sata prije odlaska na spavanje isključiti sve električne uređaje i izbjegavati gledanje u ekrane koji emitiraju plavu svjetlost kako bi se izbjegao negativan utjecaj na san (smanjeno lučenje melatonina) |
| 5. Mračna i tiha spavaća soba u kojoj nije prehladno niti vruće čini idealnu okolinu za spavanje |
| 6. Visoko intenzivna aktivnosti može potaknuti lučenje kortizola koji negativno utječe na san pa je potrebno voditi računa o izbjegavanju ovog tipa aktivnosti neposredno prije odlaska na spavanje, ako je to moguće s obzirom na raspored sportaša |
| 7. Neposredno nakon ustajanja iz kreveta preporuča se izlaganje očiju sunčevoj svjetlosti (čak i u slučajevima kada je oblačno) kako bi se potaknulo i olakšalo buđenje u skladu s cirkadijskim ritmom |
| 8. U slučajevima neadekvatnog sna kofein može smanjiti negativan utjecaj na sportsku izvedbu sportaša do određene mjere |
| 9. Kratak san (<i>power nap</i>) tijekom dana može imati pozitivan utjecaj na sportsku izvedbu te je potrebno uzeti u obzir ovaj tip intervencije umjesto konzumacije kofeina ako je to vremenski ostvarivo |
| 10. Izbjegavanje stresa je vrlo bitno za održavanje adekvatne higijene spavanja (smanjenje mentalnog umora je bitno jednako koliko i tjelesnog umora) |
| 11. Smanjena konzumacija tekućina neposredno prije spavanja smanjuje mogućnost od buđenja tijekom noći radi povećane potrebe za uriniranjem |
| 12. Neadekvatan kalorijski unos tijekom dana može negativno utjecati na san, dok se također preporuča izbjegavanje visokog unosa masti kasno tijekom dana |
| 13. Biljni dodaci prehrani su uglavnom slabo proučavani s potencijalnim ozbiljnim nuspojavama (mogu se naći na popisima zabranjenih supstanci i stoga dovesti do pozitivnog rezultata na testovima kojima se kontrolira upotreba zabranjenih supstanci kod sportaša) |

7 ZAKLJUČAK

Utjecaj neadekvatnog sna, odnosno potpune i djelomične deprivacije sna na motoričke sposobnosti sportaša predstavlja problem za postizanje vrhunskih sportskih rezultata. Smanjena količina sna ima veliku prevalenciju unutar populacije sportaša. Osim motoričkih sposobnosti iskazuje svoj negativan učinak na zdravstveni status sportaša kroz imunološki i endokrini sustav, funkcionalne i kognitivne sposobnosti, raspoloženje, smanjenu sposobnost oporavka nakon intenzivnih treninga te u konačnici stvaranje zdravih i uspješnih sportaša. Smanjena količina sna potiče čitav niz promjena u ljudskom tijelu, a izgleda da je živčani sustav najpodložniji negativnom utjecaju, iz razloga što su upravo sposobnosti brzog i preciznog izvođenja motoričkih zadataka bile češće narušene nespavanjem. Smanjenjem sposobnosti živčanog sustava smanjuje se mogućnost učenja novih vještina i adekvatne prilagodbe na postavljene zahtjeve u sportu. San može igrati važnu ulogu u životu vrhunskih sportaša. S druge strane, deprivacija sna može umanjiti njegov pozitivan utjecaj kroz smanjenje percepcije vlastitih mogućnosti, narušavanje raspoloženja, smanjenje sposobnosti razvoja tijela uslijed treninga te u konačnici kroz narušavanje same sportske izvedbe. Kako bi se smanjio negativan utjecaj deprivacije sna unutar populacije sportaša potrebno je provoditi edukacije s ciljem informiranja sportaša o važnosti uredne higijene spavanja, načinima održavanja uredne higijene spavanja te mogućnostima unapređenja. Za trenere koji rade sa sportašima bitno je poznavanje osnovnih činjenica o normalnom snu, čimbenicima koji utječu na san, ali i o metodama praćenja sna. Općenite preporuke kojih bi se sportaši trebali pridržavati, kako bi postigli adekvatnu količinu i kvalitetu sna, se odnose na kontrolu neposredne okoline u kojoj spavaju te kontrolu čimbenika prije odlaska na spavanje. Izbjegavanje kofeina i gledanje ekrana, primjerice pametnog mobitela, se ističe kao metoda kontrole čimbenika prije samog odlaska na spavanje dok se smanjenje razine svjetlosti u sobi, smanjenje temperature na optimalne vrijednosti i smanjenje okolinske buke navode kao načini kontrole neposredne okoline. S obzirom na veliki broj radova koji su dostupni na području istraživanja utjecaja neadekvatnog sna na različite aspekte sportske izvedbe i popularnosti teme bitno je u budućim istraživanjima ostvariti usuglašenu metodologiju i definicije kako bi se zaključci lakše generalizirali i kako bi se mogle donijeti precizne smjernice s ciljem prevencije i smanjenja negativnog utjecaja neadekvatnog sna.

8 LITERATURA

- Aromataris, E., i Riitano, D. (2014). Constructing a search strategy and searching for evidence. A guide to the literature search for a systematic review. *The American Journal of Nursing*, 114(5), 49–56. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000446779.99522.f6>
- Baum, K. T., Desai, A., Field, J., Miller, L. E., Rausch, J., i Beebe, D. W. (2014). Sleep restriction worsens mood and emotion regulation in adolescents. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(2), 180–190. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12125>
- Benjamin, H. J., Boniquit, N. T., i Hastings, E. S. (2015). The traveling athlete. *Adolescent Medicine: State of the Art Reviews*, 26(1), 189–207. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84953342748&partnerID=40&md5=33cd328eaade5bd81897b1369c5c029d>
- Blumert, P. A., Crum, A. J., Ernsting, M., Volek, J. S., Hollander, D. B., Haff, E. E., i Haff, G. G. (2007). The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1146–1154. <https://doi.org/10.1519/R-21606.1>
- Bonnar, D., Bartel, K., Kakoschke, N., i Lang, C. (2018). Sleep Interventions Designed to Improve Athletic Performance and Recovery: A Systematic Review of Current Approaches. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(3), 683–703. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0832-x>
- Bougard, C., i Davenne, D. (2012). Effects of sleep deprivation and time-of-day on selected physical abilities in off-road motorcycle riders. *European Journal of Applied Physiology*, 112(1), 59–67. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1948-6>
- Brotherton, E. J., Moseley, S. E., Langan-Evans, C., Pullinger, S. A., Robertson, C. M., Burniston, J. G., i Edwards, B. J. (2019). Effects of two nights partial sleep deprivation on an evening submaximal weightlifting performance; are 1 h povernaps useful on the day of competition? *Chronobiology International*, 36(3), 407–426. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1552702>
- Bryant, P. A., Trinder, J., i Curtis, N. (2004). Sick and tired: Does sleep have a vital role in the immune system? *Nature Reviews. Immunology*, 4(6), 457–467. <https://doi.org/10.1038/nri1369>
- Caia, J., Thornton, H. R., Kelly, V. G., Scott, T. J., Halson, S. L., Cupples, B., i Driller, M. W.

- (2018). Does self-perceived sleep reflect sleep estimated via activity monitors in professional rugby league athletes? *Journal of Sports Sciences*, 36(13), 1492–1496. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1398885>
- Calleja-González, J., Mielgo-Ayuso, J., Ostojic, S. M., Jones, M. T., Marques-Jiménez, D., Caparros, T., i Terrados, N. (2019). Evidence-based post-exercise recovery strategies in rugby: a narrative review. *The Physician and Sportsmedicine*, 47(2), 137–147. <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1541701>
- Carter, J. R., Gervais, B. M., Adomeit, J. L., i Greenlund, I. M. (2020). Subjective and objective sleep differ in male and female collegiate athletes. *Sleep Health*. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2020.01.016>
- Chase, J. D., Roberson, P. A., Saunders, M. J., Hargens, T. A., Womack, C. J., i Luden, N. D. (2017). One night of sleep restriction following heavy exercise impairs 3-km cycling time-trial performance in the morning. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 42(9), 909–915. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0698>
- Chokroverty, S. (Ed.). (2017). *Sleep Disorders Medicine: Basic Science, Technical Considerations and Clinical Aspects* (4th Editio). Springer.
- Claudino, J. G., Gabbet, T., de Sá Souza, H., Simim, M., Fowler, P., de Alcantara Borba, D., Melo, M., Bottino, A., Loturco, I., D’Almeida, V., Carlos Amadio, A., Cerca Serrão, J., i Nassis, G. (2019). Which parameters to use for sleep quality monitoring in team sport athletes? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1), e000475–e000475. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000475>
- Copenhaver, E. A., i Diamond, A. B. (2017). The Value of Sleep on Athletic Performance, Injury, and Recovery in the Young Athlete. *Pediatric Annals*, 46(3), e106–e111. <https://doi.org/10.3928/19382359-20170221-01>
- Cullen, T., Thomas, G., Wadley, A. J., i Myers, T. (2019). The effects of a single night of complete and partial sleep deprivation on physical and cognitive performance: A Bayesian analysis. *Journal of Sports Sciences*, 37(23), 2726–2734. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1662539>
- Daaloul, H., Souissi, N., i Davenne, D. (2019). Effects of Napping on Alertness, Cognitive, and Physical Outcomes of Karate Athletes. *Medicine and Science in Sports and*

- Exercise*, 51(2), 338–345. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001786>
- Davenne, D. (2009). Sleep of athletes - Problems and possible solutions. *Biological Rhythm Research*, 40(1), 45–52. <https://doi.org/10.1080/09291010802067023>
- Daviaux, Y., Mignardot, J. B., Cornu, C., i Deschamps, T. (2014). Effects of total sleep deprivation on the perception of action capabilities. *Experimental Brain Research*, 232(7), 2243–2253. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3915-z>
- Dement, W. C. (2005). Sleep extension: Getting as much extra sleep as possible. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.014>
- Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., i Dugué, B. (2018). An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 9, 403. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00403>
- Eichner, E. R. (2020). Body Clocks, Jet Lag, and Sports Performance: The Times of Our Lives. *Current Sports Medicine Reports*, 19(1), 1–2. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000676>
- Erlacher, D., Ehrlenspiel, F., Adegbesan, O. A., i El-Din, H. G. (2011). Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 859–866. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.565782>
- Fullagar, H. H. K., Duffield, R., Skorski, S., Coutts, A. J., Julian, R., i Meyer, T. (2015). Sleep and Recovery in Team Sport: Current Sleep-Related Issues Facing Professional Team-Sport Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 950–957. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0565>
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., i Meyer, T. (2015). Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(2), 161–186. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0260-0>
- Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Duffield, R., Julian, R., Bartlett, J., i Meyer, T. (2016). Impaired sleep and recovery after night matches in elite football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1333–1339. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1135249>
- Gamaldo, C. E., Shaikh, A. K., i McArthur, J. C. (2012). The sleep-immunity relationship.

- Neurologic Clinics*, 30(4), 1313–1343. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2012.08.007>
- Giese, M., Unternaehrer, E., Brand, S., Calabrese, P., Holsboer-Trachsler, E., i Eckert, A. (2013). The interplay of stress and sleep impacts BDNF level. *PLoS One*, 8(10), e76050–e76050. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076050>
- Gupta, L., Morgan, K., i Gilchrist, S. (2017). Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(7), 1317–1333. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0650-6>
- Halson, S. L. (2014). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 1(Suppl 1), S13-23. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0147-0>
- Halson, S. L. (2016). Stealing sleep: is sport or society to blame? In *British journal of sports medicine* (Vol. 50, Issue 7, p. 381). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094961>
- Halson, S. L. (2019). Sleep Monitoring in Athletes: Motivation, Methods, Miscalculations and Why it Matters. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(10), 1487–1497. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01119-4>
- Halson, S. L., i Juliff, L. E. (2017). Sleep, sport, and the brain. *Progress in Brain Research*, 234, 13–31. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2017.06.006>
- Hayes, L. D., Bickerstaff, G. F., i Baker, J. S. (2010). Interactions of cortisol, testosterone, and resistance training: Influence of circadian rhythms. *Chronobiology International*, 27(4), 675–705. <https://doi.org/10.3109/07420521003778773>
- Heller, C. H. (2013). *Secrets of Sleep Science: From Dreams to Disorders* (T. T. Company (Ed.)). The Great Courses.
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D. N., O'Donnell, A. E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R. C., Setters, B., Vitiello, M. V, Ware, J. C., i Adams Hillard, P. J. (2015). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*, 1(1), 40–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>
- Knufinke, M., Nieuwenhuys, A., Geurts, S. A. E., Coenen, A. M. L., i Kompier, M. A. J. (2018). Self-reported sleep quantity, quality and sleep hygiene in elite athletes. *Journal*

- of Sleep Research*, 27(1), 78–85. <https://doi.org/10.1111/jsr.12509>
- Knufinke, M., Nieuwenhuys, A., Maase, K., Moen, M. H., Geurts, S. A. E., Coenen, A. M. L., i Kompier, M. A. J. (2018). Effects of Natural Between-Days Variation in Sleep on Elite Athletes' Psychomotor Vigilance and Sport-Specific Measures of Performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(4), 515–524.
- Kölling, S, Ferrauti, A., Pfeiffer, M., Meyer, T., i Kellmann, M. (2016). Sleep in sports: A short summary of alterations in sleep/wake patterns and the effects of sleep loss and jet-lag . *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 67(2), 35–38.
<https://doi.org/10.5960/dzsm.2016.215>
- Kölling, S., Duffield, R., Erlacher, D., Venter, R., i Halson, S. L. (2019). Sleep-Related Issues for Recovery and Performance in Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 144–148. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0746>
- Kryger, M., Roth, T., i Dement, W. (2010). *Principles and Practice of Sleep Medicine* (5th Editio). Elsevier Inc.
- Kwon, Y., Lemieux, M., McTavish, J., i Wathen, N. (2015). Identifying and removing duplicate records from systematic review searches. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 103(4), 184–188. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.103.4.004>
- LaGoy, A. D., Ferrarelli, F., Sinnott, A. M., Eagle, S. R., Johnson, C. D., i Connaboy, C. (2020). You Snooze, You Win? An Ecological Dynamics Framework Approach to Understanding the Relationships Between Sleep and Sensorimotor Performance in Sport. *Sleep Medicine Clinics*, 15(1), 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2019.11.001>
- Leatherwood, W. E., i Drago, J. L. (2013). Effect of airline travel on performance: a review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 47(9), 561–567.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091449>
- Lippi, G., De Vita, F., Salvagno, G. L., Gelati, M., Montagnana, M., i Guidi, G. C. (2009). Measurement of morning saliva cortisol in athletes. *Clinical Biochemistry*, 42(9), 904–906. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2009.02.012>
- MacDougall, D., i Digby, S. (2014). *The Physiology of Training for High Performance* (1st Editio). Oxford University Press.
- Mah, C. D., Kezirian, E. J., Marcello, B. M., i Dement, W. C. (2018). Poor sleep quality and

- insufficient sleep of a collegiate student-athlete population. *Sleep Health*, 4(3), 251–257.
<https://doi.org/10.1016/j.sleh.2018.02.005>
- Mah, C. D., Sparks, A. J., Samaan, M. A., Souza, R. B., i Luke, A. (2019). Sleep restriction impairs maximal jump performance and joint coordination in elite athletes. *Journal of Sports Sciences*, 37(17), 1981–1988. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1612504>
- McCoy, J. G., i Strecker, R. E. (2011). The cognitive cost of sleep lost. *Neurobiology of Learning and Memory*, 96(4), 564–582.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nlm.2011.07.004>
- Meney, I., Waterhouse, J., Atkinson, G., Reilly, T., i Davenne, D. (1998). The effect of one night's sleep deprivation on temperature, mood, and physical performance in subjects with different amounts of habitual physical activity. *Chronobiology International*, 15(4), 349–363. <https://doi.org/10.3109/07420529808998695>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., i Group, T. P. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed1000097>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., i Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1.
<https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- National Heart, Lung, and Blood Institute (n.d.). *Study Quality Assessment Tools*. Retrieved June 20, 2020, from <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>
- Nedelec, M., Aloulou, A., Duforez, F., Meyer, T., i Dupont, G. (2018). The Variability of Sleep Among Elite Athletes. *Sports Medicine - Open*, 4(1), 34.
<https://doi.org/10.1186/s40798-018-0151-2>
- Nédélec, M., Halson, S., Abaidia, A. E., Ahmaidi, S., i Dupont, G. (2015). Stress, Sleep and Recovery in Elite Soccer: A Critical Review of the Literature. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(10), 1387–1400. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0358-z>
- Nédélec, M., Halson, S., Delecroix, B., Abaidia, A. E., Ahmaidi, S., i Dupont, G. (2015). Sleep Hygiene and Recovery Strategies in Elite Soccer Players. *Sports Medicine*

- (Auckland, N.Z.), 45(11), 1547–1559. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0377-9>
- O'Donnell, S., Beaven, C. M., Driller, M. W., O'Donnell, S., Beaven, C. M., i Driller, M. W. (2018). From pillow to podium: A review on understanding sleep for elite athletes. *Nature and Science of Sleep*, 10, 243–253. <https://doi.org/10.2147/NSS.S158598>
- Oliver, S. J., Costa, R. J. S., Laing, S. J., Bilzon, J. L. J., i Walsh, N. P. (2009). One night of sleep deprivation decreases treadmill endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 107(2), 155–161. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1103-9>
- Pallesen, S., Gundersen, H. S., Kristoffersen, M., Bjorvatn, B., Thun, E., i Harris, A. (2017). The Effects of Sleep Deprivation on Soccer Skills. *Perceptual and Motor Skills*, 124(4), 812–829. <https://doi.org/10.1177/0031512517707412>
- Postolache, T. T., Gulati, A., Okusaga, O. O., i Stiller, J. W. (2020). An Introduction to Circadian Endocrine Physiology: Implications for Exercise and Sports Performance. In *Contemporary Endocrinology* (pp. 363–390). Humana Press Inc. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33376-8_20
- Reilly, T. (2009). The body clock and athletic performance. *Biological Rhythm Research*, 40(1), 37–44. <https://doi.org/10.1080/09291010802067015>
- Reilly, T., Atkinson, G., Edwards, B., Waterhouse, J., Farrelly, K., i Fairhurst, E. (2007). Diurnal variation in temperature, mental and physical performance, and tasks specifically related to football (soccer). *Chronobiology International*, 24(3), 507–519. <https://doi.org/10.1080/07420520701420709>
- Reilly, T., i Waterhouse, J. (2009). Sports performance: Is there evidence that the body clock plays a role? *European Journal of Applied Physiology*, 106(3), 321–332. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1066-x>
- Reyner, L. A., i Horne, J. A. (2013). Sleep restriction and serving accuracy in performance tennis players, and effects of caffeine. *Physiology & Behavior*, 120, 93–96. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.07.002>
- Roberts, S. S. H., Teo, W. P., i Warmington, S. A. (2019). Effects of training and competition on the sleep of elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 513–522. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099322>
- Robinson, K. A., i Dickersin, K. (2002). Development of a highly sensitive search strategy for

- the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *International Journal of Epidemiology*, 31(1), 150–153. <https://doi.org/10.1093/ije/31.1.150>
- Romdhani, M., Hammouda, O., Chaabouni, Y., Mahdouani, K., Driss, T., Chamari, K., i Souissi, N. (2019). Sleep deprivation affects post-lunch dip performances, biomarkers of muscle damage and antioxidant status. *Biology of Sport*, 36(1), 55–65. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2018.78907>
- Romdhani, M., Souissi, N., Chaabouni, Y., Mahdouani, K., Driss, T., Chamari, K., i Hammouda, O. (2020). Improved Physical Performance and Decreased Muscular and Oxidative Damage With Postlunch Napping After Partial Sleep Deprivation in Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–10. <https://doi.org/10.1123/ij spp.2019-0308>
- Roy, J., i Forest, G. (2018). Greater circadian disadvantage during evening games for the National Basketball Association (NBA), National Hockey League (NHL) and National Football League (NFL) teams travelling westward. *Journal of Sleep Research*, 27(1), 86–89. <https://doi.org/10.1111/jsr.12565>
- Samuels, C. (2008). Sleep, recovery, and performance: the new frontier in high-performance athletics. *Neurologic Clinics*, 20(1), 169–180; ix–x. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2008.10.009>
- Sargent, C., Lastella, M., Halson, S. L., i Roach, G. D. (2014). The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiology International*, 31(10), 1160–1168. <https://doi.org/10.3109/07420528.2014.957306>
- Sargent, C., Lastella, M., Halson, S. L., i Roach, G. D. (2016). The validity of activity monitors for measuring sleep in elite athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(10), 848–853. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.12.007>
- Schmitt, K., Holsboer-Trachsler, E., i Eckert, A. (2016). BDNF in sleep, insomnia, and sleep deprivation. *Annals of Medicine*, 48(1–2), 42–51. <https://doi.org/10.3109/07853890.2015.1131327>
- Schwartz, J., i Simon, R. D. J. (2015). Sleep extension improves serving accuracy: A study with college varsity tennis players. *Physiology & Behavior*, 151, 541–544. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.08.035>

- Skein, M., Duffield, R., Edge, J., Short, M. J., i Mündel, T. (2011). Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1301–1311.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820abc5a>
- Skurvydas, A., Zlibinaite, L., Solianik, R., Brazaitis, M., Valanciene, D., Baranauskiene, N., Majauskiene, D., Mickeviciene, D., Venckunas, T., i Kamandulis, S. (2020). One night of sleep deprivation impairs executive function but does not affect psychomotor or motor performance. *Biology of Sport*, 37(1), 7–14.
<https://doi.org/10.5114/biol sport.2020.89936>
- Souissi, M., Chtourou, H., Abdelmalek, S., Ghazlane, I. Ben, i Sahnoun, Z. (2014). The effects of caffeine ingestion on the reaction time and short-term maximal performance after 36 h of sleep deprivation. *Physiology & Behavior*, 131, 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.04.012>
- Souissi, N., Chtourou, H., Aloui, A., Hammouda, O., Dogui, M., Chaouachi, A., i Chamari, K. (2013). Effects of time-of-day and partial sleep deprivation on short-term maximal performances of judo competitors. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2473–2480. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827f4792>
- Spielmanns, M., Bost, D., Windisch, W., Alter, P., Greulich, T., Nell, C., Storre, J. H., Koczulla, A. R., i Boeselt, T. (2019). Measuring Sleep Quality and Efficiency With an Activity Monitoring Device in Comparison to Polysomnography. *Journal of Clinical Medicine Research*, 11(12), 825–833. <https://doi.org/10.14740/jocmr4026>
- Spriet, L. L. (2015). Nutritional Support for Athletic Performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45 Suppl 1(Suppl 1), S3–S4. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0402-z>
- Taylor, L., Christmas, B. C. R., Dascombe, B., Chamari, K., i Fowler, P. M. (2016). Sleep medication and athletic performance-The evidence for practitioners and future research directions. *Frontiers in Physiology*, 7(MAR). <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00083>
- Thun, E., Bjorvatn, B., Flo, E., Harris, A., i Pallesen, S. (2015). Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Medicine Reviews*, 23, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.11.003>
- Vaara, J. P., Oksanen, H., Kyröläinen, H., Virmavirta, M., Koski, H., i Finni, T. (2018). 60-

- Hour Sleep Deprivation Affects Submaximal but Not Maximal Physical Performance. *Frontiers in Physiology*, 9, 1437. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01437>
- Venter, R. E. (2012). Role of sleep in performance and recovery of athletes: A review article. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 34(1), 167–184. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84861307708&partnerID=40&md5=3bcb0d947fd4d475818b1f8952e946fe>
- Vitale, K. C., Owens, R., Hopkins, S. R., i Malhotra, A. (2019). Sleep Hygiene for Optimizing Recovery in Athletes: Review and Recommendations. *International Journal of Sports Medicine*, 40(8), 535–543. <https://doi.org/10.1055/a-0905-3103>
- Vlahoyiannis, A., Aphasimis, G., Bogdanis, G. C., Sakkas, G. K., Andreou, E., i Giannaki, C. D. (2020). Deconstructing athletes' sleep: A systematic review of the influence of age, sex, athletic expertise, sport type, and season on sleep characteristics. *Journal of Sport and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.03.006>
- Walker, M. (2017). *Why We Sleep: Unlocking the Power of Sleep and Dreams* (1st editio). Scribner.
- Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., i Reilly, T. (2007). The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *Journal of Sports Sciences*, 25(14), 1557–1566. <https://doi.org/10.1080/02640410701244983>
- West, A. (2018). Sleep - A game changer in the athletic world? *Swiss Sports and Exercise Medicine*, 66(4), 37–42. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85072373507&partnerID=40&md5=430a8285c3c0496e200b804bd13e797c>
- Wolanin, A., Gross, M., i Hong, E. (2015). Depression in Athletes: Prevalence and Risk Factors. *Current Sports Medicine Reports*, 14(1). https://journals.lww.com/acsm-csmr/Fulltext/2015/01000/Depression_in_Athletes__Prevalence_and_Risk.17.aspx
- Yang, G., Lai, C. S. W., Cichon, J., Ma, L., Li, W., i Gan, W. B. (2014). Sleep promotes branch-specific formation of dendritic spines after learning. *Science*, 344(6188), 1173 LP – 1178. <https://doi.org/10.1126/science.1249098>
- Yarnell, A. M., i Deuster, P. (2016). Sleep As A Strategy For Optimizing Performance. *Journal of Special Operations Medicine : A Peer Reviewed Journal for SOF Medical*

Professionals, 16(1), 81–85.