



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

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

Antonio Martinko, Tatjana Trošt Bobić

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

SAŽETAK

Glavni cilj ovoga rada bio je kroz sustavni pregled literature prikupiti i prikazati utjecaj potpune deprivacije 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. Dob 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 deprivacije sna. Pregledom literature utvrđen je trend negativnog utjecaja potpune deprivacije sna na motoričke sposobnosti, iako visoki stupanj heterogenosti dosadašnjih istraživanja ne dopušta donošenje konačnih zaključaka. 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

SUMMARY

The main aim of this research was to analyze the impact of complete sleep deprivation on motor abilities within the selected population of athletes through a systematic review of the literature. Studies included in the qualitative analysis had samples of subjects belonging to a group of recreational or elite athletes, recreationally active, young and healthy subjects, students, and even soldiers. The included subjects had a wide age range, going from 15 to 33 years. All the 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 sleep deprivation. A review of the literature has identified a trend of negative impact of complete sleep deprivation on motor skills, although given the high degree of heterogeneity between studies, the negative impact of sleep deprivation on motor abilities cannot be fully confirmed. Also, the 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 conducting 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

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. Područje sporta koje je nedavno postalo od iznimnog interesa za znanstvenike se odnosi na metode oporavka sportaša. 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 (11).

San i budnost, koji se izmjenjuju ciklično tijekom perioda od 24 sata i igraju važnu ulogu u cirkadijskom ritmu čovjeka, predstavljaju jednu od osnovnih metoda oporavka (34,33). U podlozi sna se događa mnoštvo procesa, od hormonalnih promjena do integracije pamćenja. U kontekstu endokrinog sustava primjer daje 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 (18). Veliki broj istraživanja je iskazao negativne učinke neadekvatnog sna na neuroplastičnost mozga (17). S druge strane, istraživanja pokazuju i da adekvatan san ima snažan pozitivan učinak u početnim fazama učenja kao i u posljedičnoj konsolidaciji dugotrajne memorije (17). 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 (50). Interakcija između sna, stresa i karakteristika sportaša te u konačnici sportske izvedbe čini kompleksnu mrežu čimbenika koji su važni za oporavak i zdravlje sportaša. Adekvatna higijena spavanja je unutar populacije sportaša bitna u procesu oporavka od treninga i natjecanja. Značajna količina radova ističe pozitivne učinke optimalne količine i kvalitete sna kao pasivne metode oporavka (48,45,38,6,49,3,8,23) which is crucial for optimal psychological and physiological recovery as well as subsequent performance. Conventional sleep screening and intervention approaches may not be efficacious for athletes given their lifestyle, the demands of training and travel associated with interstate/international competition. OBJECTIVES: The present systematic review aimed to summarize and evaluate sleep intervention studies targeting subsequent performance and recovery in competitive athletes. Based on the findings, a secondary aim was to outline a possible sleep intervention for athletes, including recommendations for content, mode of delivery and evaluation. METHODS: A systematic review was conducted based on the PRISMA guidelines in May 2016 with an update completed in September 2017. Ten

studies met our inclusion criteria comprising a total of 218 participants in the age range of 18-24 years with athletes from various sports (e.g., swimming, soccer, basketball, tennis). Nakon treninga ili natjecanja odmor ili smanjena razina aktivnosti dozvoljava tijelu da se odmori nakon napora i smanji razine akumuliranog umora (24). Gubitak sna česta je 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 (31). Veliki broj sportaša susreće se s poremećajima kvalitete sna i posljedično smanjene količine sna (12,37,25,29,5) there is a lack of normative sleep data and sex comparisons in collegiate athletes. The primary purpose of our study was to assess the prevalence of insufficient sleep in collegiate athletes, with a secondary aim to compare male and female athletes. PROCEDURES: Participants included 121 collegiate athletes (65 men and 56 women). 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 (46). 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 (14). Prevalencija i implikacije neadekvatnog sna unutar populacije sportaša iskazuje da je potrebno provođenje većeg broja istraživanja sa svrhom stvaranja konkretnih spoznaja (12,37,25,29,5) there is a lack of normative sleep data and sex comparisons in collegiate athletes. The primary purpose of our study was to assess the prevalence of insufficient sleep in collegiate athletes, with a secondary aim to compare male and female athletes. PROCEDURES: Participants included 121 collegiate athletes (65 men and 56 women).

Glavni cilj ovog rada bio je sustavnim pregledom literature prikupiti podatke o utjecaju potpune deprivacije 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.

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 (27).

Strategija pretraživanja literature

Za potrebe sustavnog pregleda literature izvršena je pretraga dvije elektroničke baze podataka, preciznije PubMed i Scopus. Strategija pretraživanja literature je razvijena u skladu sa smjernicama u radu Aromataris i Riitano (1) te Robinson i Dickersin (35), 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.

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 radovi 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). Intervencija koju su radovi morali sadržavati odnosi se na utjecaj akutne, potpune deprivacije sna, na motoričke sposobnosti i sportsku izvedbu. Radovi su pretraživani bez ograničenja za jezik, dob i spol, a da bi bili uključeni morali su biti napisani na engleskom ili hrvatskom jeziku.

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 koji su u okviru intervencije smanjivali količinu sna, odnosno koji su koristili djelomičnu deprivaciju sna bez prisutnosti potpune deprivacije su isključeni. Radovi u kojima su intervencije deprivacije sna provedene na životinjama ili 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) su isključeni. 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 samo temeljem procjene kvalitete metodološke izrade već uz kombiniranu prisutnost postavljenih kriterija za isključivanje, a temelj procjene njihove kvalitete prezentiran je u *tablici 1*.

Odabir radova

Ukupno 5492 radova je pronađeno pretragom elektroničkih baza podataka. Identifikacija i isključivanje duplikata je provedena u Mendeley citatnom rukovoditelju. Mendeley citatni rukovoditelj je u radu Kwon i sur. (22) 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 je 9 radova isključeno. Radovi su isključeni iz razloga što nije bila prisutna intervencija potpune deprivacije sna i istovremeno nije zadovoljena dovoljna razina postavljenih kriterija za procjenu metodološke kvalitete radova ($n = 8$). Osim toga jedan od radova je istraživao utjecaj deprivacije sna na funkcionalne sposobnosti bez utvrđivanja utjecaja na motoričke sposobnosti ($n = 1$). U kvalitativnu analizu je u konačnici uključeno 8 radova, a cjelokupni postupak je opisan na temelju PRISMA dijagrama (26) u obliku grafičkog prikaza (*slika 1*).

Procjena kvalitete radova

Procjena metodologije radova provedena je na temelju popisa kriterija koji su navedeni u *Study quality assessment tools* popisu kriterija (28), 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 zaslepljivanje (engl. *blinding*) ispitanika i provoditelja intervencije te informacije o stopi odustajanja ispitanika tijekom provedbe istraživanja.

Od navedenih kriterija, pitanje vezano za zaslepljivanje ispitanika je izostavljeno zbog činjenice da je ispitanicima u studijama koje istražuju utjecaj deprivacije sna nemoguće prikriti pripadnost pojedinoj skupini, odnosno ispitanicima u eksperimentalnoj skupini je evidentno da pripadaju skupini na kojoj se provodi intervencija čiji se učinci promatraju. Uz prethodni kriterij, kriteriji vezani uz stope odustajanja 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 u *tablici 2*. Na temelju odgovora na postavljeno pitanje za pojedini kriterij 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 ((28)

Table 1. List of criteria for evaluation of methodological quality of studies ((28)

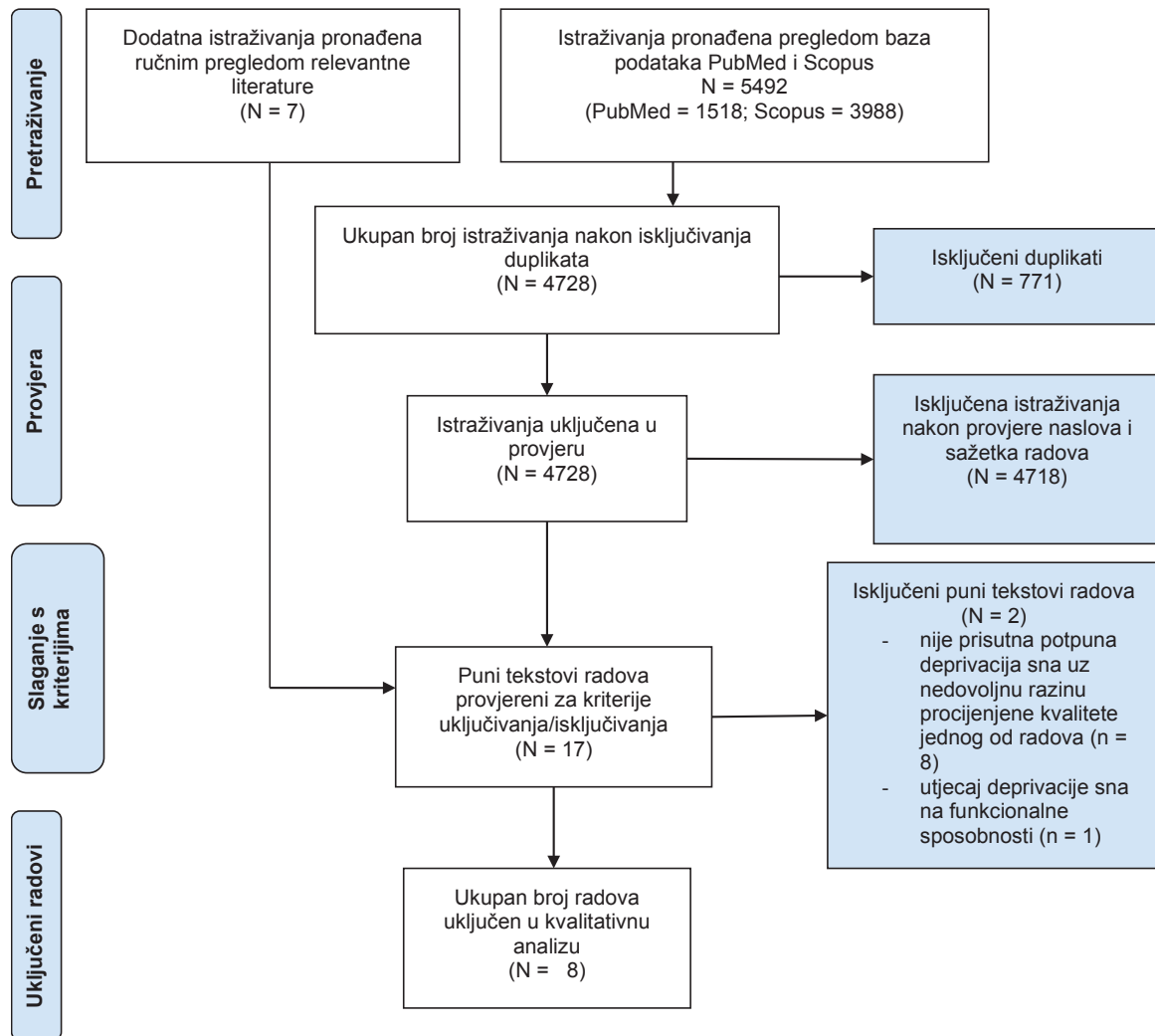
Kriteriji
1. Je li studija opisana kao randomizirana, randomizirana studija, randomizirana klinička studija ili randomizirana kontrolirana studija (RCT)?
2. Je li metoda randomizacije ispitanika bila adekvatna?
3. Je li smještaj u pojedinu grupu bio prikriven (kako se pripisivanje učinaka pripadnosti 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?
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 između grupa 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 (<i>intention-to-treat analysis</i>)?
Ukupan broj bodova (10 = 100%)

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

Table 2. Evaluation of methodological quality of studies after reading the full texts

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%
(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%
(Pallesen i sur., 2017)	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	100%
(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, 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 provedenog postupka sustavnog pregleda literature
 Figure 1. PRISMA diagram of the conducted procedure of systematic review of the literature

REZULTATI

Izdvojeni podaci iz uključenih radova sistematizirani su u tablični prikaz (*tablica 3.*), a kao ključni podaci za ovaj sustavni pregled literature se ističu varijable koje se odnose na motoričke sposobnosti. Podaci unutar *tablice 3.* prikazani su abecednim redom kako su navedeni i u

popisu literature. Za svaki su rad prikazani podaci koji se odnose na: uzorak ispitanika (dob ispitanika, broj ispitanika uključenih u istraživanje i kratki opis ispitanika), provedene metode rada (provedena intervencija, promatrani ishodi testiranja i protokol provedbe testiranja) i rezultate (utjecaj primijenjene intervencije na promatrane ishode testiranja).

Tablica 3 Sažetak izdvojenih podataka iz radova uključenih u kvalitativnu analizu
 Table 3. Summary of extracted data from studies included in the qualitative analysis

Rad Referenca	Uzorak ispitanika		Intervencija	Metode rada		Rezultati
	Dob (AS±SD ili raspon)	N		Opis ispitanika	Protokol testiranja	
(Bougard i Davenne, 2012) flexibility and maximal anaerobic alactic power were tested across laboratory tests that required only one ability (stork stand test, sit-and-reach test, Abalakov test	21±3 godine	8 (svi ispitanici muškog spola)	35 sati potpune (akutne) deprivacije sna	<i>Stork stand test, sit-and-reach test, Abalakov test</i> 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)
(Cullen i sur., 2019) maximal handgrip strength, countermovement jump (CMJ)	27±6 godina	10 (svi ispitanici muškog spola)	Potpuna (akutna) deprivacija sna – trajanje 24 sata	Skok s pripremom (engl. <i>countermovement jump</i> - CMJ), mjerenje 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
(Daviaux i sur., 2014)sleep deprivation impairs in cognitive functions. It involves common neural structures that support the perception of successfully achieving a motor task. Thus, the study investigated the effect of 24 h of sleep deprivation on the perception of action capabilities. Twenty-four healthy participants were randomly separated into two groups (control group vs. 24 h sleep deprivation group	21,4±5,3 godina	24 (50% ispitanika ženskog spola)	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

Nastavak Tablice 3
Continuation of Table 3

Rad Referenca	Uzorak ispitanika			Metode rada			Rezultati
	Dob (AS±SD ili raspon)	N	Opis ispitanika	Intervencija	Protokol testiranja	Promatrani ishod testiranja	
(Pallesen i sur., 2017)travel, and competition anxiety. In the present study, we investigated the effects of sleep deprivation on soccer skills (juggling, dribbling, ball control, continuous kicking, 20 and 40 m sprint, and 30 m sprint with changes of direction	16,5±1,3 godina	19 (svi ispitanici muškog spola)	Članovi juniorskog uzrasta lokalne nogometne ekipe	Potpuna (akutna) deprivacija sna u trajanju od 24 sata	Test tehniciranja, test dribljanja/vodenja 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)
(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 sprinta (15m maks. sprinta 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 <i>m. quadriceps femoris</i>), voljna aktivacija	↑ vrijeme potrebno za istrčati 15m; ↓ MVC (desni <i>m. quadriceps femoris</i>), ↓ voljna aktivacija
(Skurvydas i sur., 2020)motor and psychomotor performance. Thirty healthy young adult male subjects completed a 24 h control or 24 h sleep deprived trial. For the control trial, participants (N = 15	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	Eksplozivna 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

Nastavak Table 3
Continuation of Table 3

Rad Referenca	Uzorak ispitanika		Metode rada			Rezultati
	Dob (AS±SD ili raspon)	N	Opis ispitanika	Intervencija	Protokol testiranja	
(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
(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 ekstenzora u koljenom zglobu, EMG m. 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

Kao što je prethodno prikazano u *slici 1.* sustavni pregled literature je započeo identifikacijom 5492 rada pretraživanjem elektroničkih baza podataka, a u konačnici 8 radova je nakon postupka provjere i slaganja s kriterijima uključeno u kvalitativnu analizu. 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 (41). Dob ispitanika u prikazanim radovima se kretala u širokom rasponu od 15 – 33 godina (AS = 21,8). 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 pojedina istraživanja koji se kreće u rasponu od 8 do 30 (AS = 16,8). Od ukupnog broja od 8 radova u samo 1 su bili uključeni ženski ispitanici (10).

RASPRAVA

Cilj ovoga rada bio je istražiti utjecaj potpune deprivacije sna na motoričke sposobnosti i izvedbu sportaša kroz sustavni pregled literature. 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). Ukupan broj ispitanika uključenih u kvalitativnu analizu je 134 ispitanika od kojih je manji broj bio ženskog spola (n=12). Širok raspon dobi ispitanika, različitosti u razini tjelesne aktivnosti i njenom intenzitetu te različite definicije primijenjene intervencije čine glavne izvore heterogenosti prikazanih radova.

U svojoj cjelini ovaj sustavni pregled literature upućuje na različite smjerove kretanja utjecaja potpune deprivacije sna na pojedine motoričke sposobnosti i sportsku izvedbu. Izvedena konstatacija se slaže s ostalim radovima koji su sustavnim pregledom literature obrađivali ovo polje znanstvenog interesa (36,9,13,20,42,51,15,6).

Pregledom radova utvrđen je manji broj motoričkih sposobnosti koji su definirani kao promatrani ishodi istraživanja (39,4,41,10,32,43,7,40). Promatrani ishodi istraživanja odnosili su se na maksimalnu jakost, eksplozivnu jakost, ravnotežu, fleksibilnost, preciznost, motoričke sposobnosti kroz izvedbu sport specifičnih elemenata te pokazatelje umora. Veći broj tih motoričkih sposobnosti se konzistentno pojavljuje u svim uključenim radovima uz korištenje jednakih mjernih instrumenata za procjenu pojedine motoričke sposobnosti. Razlike u upotrebi mjernih instrumenata bile su prisutne jedino u slučajevima kada su promatrani ishodi istraživanja uključivali sport specifične sposobnosti, odnosno sportsku izvedbu (4,13). 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 (39,10,43,7,40). Testovi koji su se u najvećoj mjeri koristili za procjenjivanje maksimalne jakosti su bili mjerenje maksimalne jakosti stiska dominantne šake (7,40) te testovi na dinamometrijskim uređajima koji su mjerili maksimalnu jakost putem zadatka maksimalne voljne kontrakcije i mišićnu aktivaciju uz pomoć EMG uređaja (39,10,43). 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 potpune deprivacije sna (7) dok u trećem radu nisu prisutne statistički značajne razlike (40). Kod maksimalne voljne kontrakcije *m. quadriceps femoris* je bio mišić čija se aktivnost proučavala, a dva rada nisu uočila statistički značajnu razliku nakon potpune deprivacije sna (10,43) dok je samo jedan rad pokazao statistički značajno smanjenje maksimalne voljne kontrakcije praćenog mišića (39). Eksplozivna jakost je motorička sposobnost koja je u najvećem broju radova činila promatrani ishod istraživanja (4,41,10,32,43,7,40). Eksplozivna jakost tipa skoka bila je primaran vid eksplozivne jakosti koji je proučavan, uz jedan od radova koji je proučavao eksplozivnu jakost tipa sprinta (32) i dva rada koja su dinamometrijom utvrđivali vršni gradijent momenta sile kao mjeru eksplozivne jakosti (43,40). 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 (4,41,7), dok ostatak radova nije otkrio statistički značajne razlike u rezultatima testova za procjenu eksplozivne jakosti (10,32,43,40). Uz utvrđene statistički značajne slabije rezultate nakon potpune deprivacije sna u radu Bougard i Davenne (4), u testu skoka u dalj iz mjesta koji se koristi za procjenu eksplozivne jakosti tipa skoka, autori 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 i eksplozivnu jakost (13,51,21). Tako je i rad Blumert i sur. (2) pokazao da ne postoje statistički značajne razlike u maksimalnoj izvedbi olimpijskih podizanja kao što su trzaj, nabačaj-izbačaj i prednji čučanj nakon potpune deprivacije sna 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 (10). S obzirom na navedeno nije moguće iznositi nikakve zaključke o utjecaju spola na efekte potpune deprivacije sna u praćenim sposobnostima, 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 (4,43). Vaara i sur. (43)

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 narušavanje praćenih sposobnosti ne pogoršava dužim trajanjem deprivacije sna. Naime, ovdje se misli na prestanak trenda smanjenja rezultata nakon 36 – 48 sati gdje su rezultati bili najniži, jer nakon što je prošlo konačnih 60 sati deprivacije sna planiranih u okviru istraživanja, nije uočeno daljnje smanjenje (43). Rad Bougard i Davenne (4) je kroz dva različita mjerna postupka, odnosno upotrebom uobičajenog testa za procjenu ravnoteže i sport specifičnog testa, utvrdio da ne postoji statistički značajno pogoršanje rezultata nakon potpune 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 (4). Autori su mjerenja fleksibilnosti uvijek provodili u jutarnjim satima (nakon normalne količine sna – kontrolno mjerenje, nakon deprivacije sna – eksperimentalno mjerenje). Rezultati postignuti u testovima fleksibilnosti nakon deprivacije sna bili su bolji u odnosu na kontrolno mjerenje. Autori objašnjavaju da je lošija fleksibilnost nakon uobičajene količine sna vjerojatno posljedica jutarnje krutosti leđnih mišića. Što se tiče sportske izvedbe, Pallesen i sur. (32) 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. Pogoršanje rezultata u testu gađanja mete u trajanju od jedne minute moguće je dijelom objasniti narušenom sposobnošću za dugotrajnom koncentracijom, kao posljedicom potpune deprivacije sna. Nedavno su Veksler i Gunzelmann (44), korištenjem posebno oblikovanog matematičkog modela ustanovile da deprivacija sna narušava budnost pojedinca, a što je naglašeno u situacijama dugotrajnog obavljanja aktivnosti (44). Konačno, uzme li se u obzir priroda korištenog (dugotrajnog) zadatka gađanja lopticom, dolazimo do logičke pretpostavke ranog umaranja ispitanika nakon neprespavane noći. Sve zajedno upućuje na nužnost istraživanja utjecaja deprivacije sna na obavljanje motoričkih zadataka duljeg trajanja. Pod pretpostavkom uočavanja znatnog narušavanja dugotrajne motoričke izvedbe, takva bi istraživanja imala znatnu pragmatičnu vrijednost jer bi se ustanovile moguće rizične situacije za smanjenu sportsku izvedbu ali i za ozljeđivanje sportaša. Navedeno dodatno potvrđuju istraživanja o znatnom smanjenju izdržljivosti sportaša nakon potpune deprivacije sna, kao i ona o povećanju indeksa umora (41).

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 (39,41,43,40). Indeks umora se povisio u jednom od radova koji je promatrao ovu varijablu (41) 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 (16,13,30,29).

Različiti smjerovi kretanja pojedinih motoričkih sposobnosti pod utjecajem potpune 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 okviru 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. Također, nedavno potvrđene znatne među-individualne razlike u osjetljivosti na gubitak sna, koje gotovo da čine ljudski fenotip (19) naglašavaju važnost daljnjeg istraživanja učinaka potpune deprivacije sna na motoričke sposobnosti što većeg broja sportaša. Ono što je moguće iskazati na kraju rasprave je činjenica da „training ne dovodi do savršenstva, već training nakon kojeg uslijedi noć s adekvatnim snom dovodi do savršenstva“ (47).

ZAKLJUČAK

Utjecaj neadekvatnog sna na motoričke sposobnosti sportaša predstavlja problem za postizanje vrhunskih sportskih rezultata. Smanjena količina sna ima veliku prevalenciju unutar populacije sportaša. Osim na motoričke 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. Također, 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 iste. Za sportske trenere

bitno je poznavanje osnovnih činjenica o normalnom snu, čimbenika koji utječu na san, ali metoda praćenja sna. 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 definiciju različitih načina deprivacije sna. Rečeno će omogućiti točniju generalizaciju rezultata kao i donošenje preciznih smjernica s ciljem prevencije i smanjenja negativnog utjecaja neadekvatnog sna na motoričku izvedbu i zdravlje sportaša.

Literatura

1. Aromataris E, Riitano D. Constructing a search strategy and searching for evidence. A guide to the literature search for a systematic review. *Am J Nurs*. 2014 May;114(5):49–56.
2. Blumert PA, Crum AJ, Ernsting M, Volek JS, Hollander DB, Haff EE, et al. The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters. *J strength Cond Res*. 2007 Nov;21(4):1146–54.
3. Bonnar D, Bartel K, Kakoschke N, Lang C. Sleep Interventions Designed to Improve Athletic Performance and Recovery: A Systematic Review of Current Approaches. *Sports Med*. 2018 Mar;48(3):683–703.
4. Bougard C, Davenne D. Effects of sleep deprivation and time-of-day on selected physical abilities in off-road motorcycle riders. *Eur J Appl Physiol*. 2012 Jan;112(1):59–67.
5. Carter JR, Gervais BM, Adomeit JL, Greenlund IM. Subjective and objective sleep differ in male and female collegiate athletes. *Sleep Heal*. 2020 Mar;
6. Copenhaver EA, Diamond AB. The Value of Sleep on Athletic Performance, Injury, and Recovery in the Young Athlete. *Pediatr Ann*. 2017 Mar;46(3):e106–11.
7. Cullen T, Thomas G, Wadley AJ, Myers T. The effects of a single night of complete and partial sleep deprivation on physical and cognitive performance: A Bayesian analysis. *J Sports Sci*. 2019 Dec;37(23):2726–34.
8. Daaloul H, Souissi N, Davenne D. Effects of Napping on Alertness, Cognitive, and Physical Outcomes of Karate Athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 Feb;51(2):338–45.
9. Davenne D. Sleep of athletes - Problems and possible solutions. *Biol Rhythm Res*. 2009;40(1):45–52.
10. Daviaux Y, Mignardot J-B, Cornu C, Deschamps T. Effects of total sleep deprivation on the perception of action capabilities. *Exp brain Res*. 2014 Jul;232(7):2243–53.
11. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. 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. *Front Physiol*. 2018;9:403.
12. Erlacher D, Ehrlenspiel F, Adegbesan OA, El-Din HG. Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *J Sports Sci*. 2011 May;29(8):859–66.
13. Fullagar HHK, Skorski S, Duffield R, Hammes D, Coutts AJ, Meyer T. Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Med*. 2015 Feb;45(2):161–86.
14. Gupta L, Morgan K, Gilchrist S. Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review. *Sports Med*. 2017 Jul;47(7):1317–33.
15. Halson SL. Stealing sleep: is sport or society to blame? Vol. 50, *British journal of sports medicine*. England; 2016. p. 381.
16. Halson SL. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Med*. 2014 May;44 Suppl 1(Suppl 1):S13-23.
17. Halson SL, Juliff LE. Sleep, sport, and the brain. *Prog Brain Res*. 2017;234:13–31.
18. Hayes LD, Bickerstaff GF, Baker JS. Interactions of cortisol, testosterone, and resistance training: Influence of circadian rhythms. *Chronobiol Int*. 2010;27(4):675–705.
19. Hudson AN, Van Dongen HPA, Honn KA. Sleep deprivation, vigilant attention, and brain function: a review. *Neuropsychopharmacol Off Publ Am Coll Neuropsychopharmacol*. 2020 Jan;45(1):21–30.
20. Kölling S, Ferrauti A, Pfeiffer M, Meyer T, Kellmann M. Sleep in sports: A short summary of alterations in sleep/wake patterns and the effects of sleep loss and jet-lag. *Dtsch Z Sportmed*. 2016;67(2):35–8.
21. Kölling S, Duffield R, Erlacher D, Venter R, Halson SL. Sleep-Related Issues for Recovery and Performance in Athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(2):144–8.
22. Kwon Y, Lemieux M, McTavish J, Wathen N. Identifying and removing duplicate records from systematic review searches. *J Med Libr Assoc JMLA*. 2015;103(4):184–8.
23. LaGoy AD, Ferrarelli F, Sinnott AM, Eagle SR, Johnson CD, Connaboy C. You Snooze, You Win? An Ecological Dynamics Framework Approach to Understanding the Relationships Between Sleep and Sensorimotor Performance in Sport. *Sleep Med Clin*. 2020 Mar;15(1):31–9.
24. MacDougall D, Digby S. *The Physiology of Training for High Performance*. 1st Editio. Oxford University Press; 2014. 432 p.
25. Mah CD, Kezirian EJ, Marcello BM, Dement WC. Poor sleep quality and insufficient sleep of a collegiate student-athlete population. *Sleep Heal*. 2018;4(3):251–7.
26. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group TP. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097.
27. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. 2015 Jan;4(1):1.
28. National Heart, Lung and BI. *Study Quality Assessment Tools*.

29. Nedelec M, Aloulou A, Duforez F, Meyer T, Dupont G. The Variability of Sleep Among Elite Athletes. *Sport Med - open*. 2018 Jul;4(1):34.
30. Nédélec M, Halson S, Abaidia A-E, Ahmaidi S, Dupont G. Stress, Sleep and Recovery in Elite Soccer: A Critical Review of the Literature. *Sports Med*. 2015 Oct;45(10):1387–400.
31. O'Donnell S, Beaven CM, Driller MW, O'Donnell S, Beaven CM, Driller MW. From pillow to podium: A review on understanding sleep for elite athletes. *Nat Sci Sleep*. 2018;10:243–53.
32. Pallesen S, Gundersen HS, Kristoffersen M, Bjorvatn B, Thun E, Harris A. The Effects of Sleep Deprivation on Soccer Skills. *Percept Mot Skills*. 2017 Aug;124(4): 812–29.
33. Postolache TT, Gulati A, Okusaga OO, Stiller JW. An Introduction to Circadian Endocrine Physiology: Implications for Exercise and Sports Performance. *Contemporary Endocrinology*. University of Maryland School of Medicine, Department of Psychiatry, Mood and Anxiety Program, Baltimore, MD, United States: Humana Press Inc.; 2020. p. 363–90.
34. Reilly T, Atkinson G, Edwards B, Waterhouse J, Farrelly K, Fairhurst E. Diurnal variation in temperature, mental and physical performance, and tasks specifically related to football (soccer). *Chronobiol Int*. 2007;24(3):507–19.
35. Robinson KA, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *Int J Epidemiol*. 2002 Feb;31(1):150–3.
36. Samuels C. Sleep, recovery, and performance: the new frontier in high-performance athletics. *Neurol Clin*. 2008 Feb;20(1):169–80; ix–x.
37. Sargent C, Lastella M, Halson SL, Roach GD. The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiol Int*. 2014 Dec;31(10):1160–8.
38. Schwartz J, Simon RDJ. Sleep extension improves serving accuracy: A study with college varsity tennis players. *Physiol Behav*. 2015 Nov;151:541–4.
39. Skein M, Duffield R, Edge J, Short MJ, Mündel T. Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation. *Med Sci Sports Exerc*. 2011 Jul;43(7):1301–11.
40. Skurvydas A, Zlibinaite L, Solianik R, Brazaitis M, Valanciene D, Baranauskiene N, et al. One night of sleep deprivation impairs executive function but does not affect psychomotor or motor performance. *Biol Sport*. 2020 Mar;37(1):7–14.
41. Souissi M, Chtourou H, Abdelmalek S, Ghozlane I Ben, Sahnoun Z. The effects of caffeine ingestion on the reaction time and short-term maximal performance after 36 h of sleep deprivation. *Physiol Behav*. 2014 May;131: 1–6.
42. Taylor L, Christmas BCR, Dascombe B, Chamari K, Fowler PM. Sleep medication and athletic performance-The evidence for practitioners and future research directions. *Front Physiol*. 2016;7(MAR).
43. Vaara JP, Oksanen H, Kyröläinen H, Virtavirta M, Koski H, Finni T. 60-Hour Sleep Deprivation Affects Submaximal but Not Maximal Physical Performance. *Front Physiol*. 2018;9:1437.
44. Veksler BZ, Gunzelmann G. Functional Equivalence of Sleep Loss and Time on Task Effects in Sustained Attention. *Cogn Sci*. 2018 Mar;42(2):600–32.
45. Venter RE. Role of sleep in performance and recovery of athletes: A review article. *South African J Res Sport Phys Educ Recreat*. 2012;34(1):167–84.
46. Vlahoyiannis A, Aphas G, Bogdanis GC, Sakkas GK, Andreou E, Giannaki CD. Deconstructing athletes' sleep: A systematic review of the influence of age, sex, athletic expertise, sport type, and season on sleep characteristics. *J Sport Heal Sci*. 2020;
47. Walker M. *Why We Sleep: Unlocking the Power of Sleep and Dreams*. 1st editio. Scribner; 2017. 368 p.
48. Waterhouse J, Atkinson G, Edwards B, Reilly T. The role of a short post-lunch nap in improving cognitive, motor, and sprint performance in participants with partial sleep deprivation. *J Sports Sci*. 2007 Dec;25(14):1557–66.
49. West A. Sleep - A game changer in the athletic world? *Swiss Sport Exerc Med*. 2018;66(4):37–42.
50. Wolanin A, Gross M, Hong E. Depression in Athletes: Prevalence and Risk Factors. *Curr Sports Med Rep*. 2015;14(1).
51. Yarnell AM, Deuster P. Sleep As A Strategy For Optimizing Performance. *J Spec Oper Med a peer Rev J SOF Med Prof*. 2016;16(1):81–5.