



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

**Corso di laurea magistrale in
Psicologia Cognitiva Applicata**

Tesi di laurea magistrale

**Sonno e attività fisica: una ricerca
empirica su atleti praticanti il judo**

Sleep and physical activity: an empirical research on judo athletes

Relatore

Prof. Nicola Cellini

Laureanda: Valentina Tomaselli

Matricola: 2015016

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

INDICE DELLE FIGURE	4
INDICE DELLE TABELLE.....	5
INTRODUZIONE.....	6
CAPITOLO 1: REVISIONE BIBLIOGRAFICA.....	7
1.1 Sonno, attività fisica ed esercizio	9
1.1.1 Sonno in adolescenza.....	12
1.1.2 Sonno e attività fisica.....	16
1.2 Sonno e prestazione sportiva.....	21
1.2.1 Fattori che influenzano il sonno degli atleti	27
1.2.1.1 Fattori sportivi.....	27
1.2.1.2 Fattori non specifici per lo sport	40
1.2.3 Restrizione e deprivazione del sonno negli atleti	46
1.2.4 Ritmi circadiani e cronotipo degli atleti	51
1.2.5 Studi sui ritmi circadiani e il sonno negli atleti di judo.....	54
CAPITOLO 2: LA RICERCA	58
2.1 Partecipanti e procedure	58
2.1.1 Partecipanti	58
2.1.2 Metodologia e procedure	59
2.1.3 Strumenti.....	59
2.1.3.1 Attigrafi.....	59
2.1.3.2 Questionari	61
2.2 Analisi statistiche	63
2.3 Risultati	64
2.3.1 partecipanti: dati relativi alla scheda demografica	64
2.3.2 Caratteristiche oggettive del sonno.....	65
2.3.3 Dati rilevati nelle giornate di allenamenti	68
2.3.4 Dati relativi alla notte prima e dopo la gara	68
2.3.5 Notti post-gara e notti post-allenamento.....	69
2.3.6 Sonnellini diurni	70
2.4 Discussione.....	72
LIMITI	75
BIBLIOGRAFIA	76
RINGRAZIAMENTI.....	93

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2. 1 Attigrafo da polso modello MotionWatch 8 (CamNtech, Cambridge, UK; Figura 2.2)	60
Figura 2. 2 Esempio di tracciato attigrafico. Le sezioni evidenziate in rosa rappresentano i periodi di sonno, gli istogrammi neri il livello di attività motoria, e le parti in grigie i dati mancanti	61
Figura 2. 3 Associazione tra sottoscala della depressione della DASS-21 ed efficienza del sonno (SE)	67
Figura 2. 4 Tempo totale di letto e durata del sonno la notte post-gara e post allenamento.....	70
Figura 2. 5 Frequenza di sonnellini diurni nell'arco della settimana.....	71

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2. 1 Media e deviazione standard delle variabili principali dello studio.....	64
Tabella 2. 2 Media e deviazione standard delle principali scale del RESTQ-36.....	65
Tabella 2. 3 Media e deviazione standard dei principali parametri attigrafici del sonno.	66
Tabella 2. 4 Media e deviazione standard dei principali parametri attigrafici e del diario del sonno nella notte precedente e successiva ad una gara.	69
Tabella 2. 5 Media e deviazione standard dei principali parametri attigrafici e del diario del sonno nella notte successiva ad una gara e ad un allenamento.	70

INTRODUZIONE

Il sonno è un comportamento complesso che si manifesta con una periodicità circadiana. Esso ha un ruolo importante non solo nel mantenimento dell'omeostasi, ma ha un impatto anche in diverse prestazioni cognitive e fisiche. Questa osservazione appare ancora più evidente quando vengono considerate popolazioni particolari come quella degli atleti. Essi possono essere sottoposti di frequente a cambiamenti dei ritmi circadiani a causa di numerosi fattori. Walsh e colleghi (2021), hanno classificato i fattori che possono influenzare negativamente la quantità e la qualità del sonno degli atleti in due grandi categorie. La prima è costituita dai fattori sportivi, all'interno della quale rientrano gli alti carichi di allenamento, gli allenamenti al mattino presto, la notte prima della competizione e quella della gara, i viaggi lunghi e l'ambiente non familiare in cui l'atleta può trovarsi a dormire. La seconda è costituita dai fattori non sportivi, ovvero gli impegni familiari, scolastici o lavorativi, le caratteristiche individuali (età, genere etc.), bisogni e pressioni sociali, attitudini e convinzioni e scelte legate allo stile di vita (dieta, consumo di caffeina, alcolici etc.). Una riduzione della qualità e quantità del sonno può provocare un notevole calo delle prestazioni dell'atleta, ostacolandone i processi di recupero. Si genera così un forte squilibrio del sistema nervoso autonomo che può dare luogo a una condizione simile alla sindrome da sovrallenamento, predisponendo l'atleta a potenziali infortuni.

All'interno del primo capitolo verrà dunque proposta una rassegna bibliografica volta a chiarire non solo gli aspetti fondamentali della relazione tra sonno e attività fisica, ma anche gli effetti della restrizione e deprivazione del sonno. Si porrà una particolare attenzione ai fattori classificati da Walsh e colleghi (2021) che possono influenzare il sonno degli atleti. Inoltre, verranno presentati anche studi inerenti al cronotipo e ai ritmi circadiani. L'ultimo paragrafo invece è interamente dedicato alla presentazione degli studi sul sonno degli atleti praticanti il judo.

Nel secondo capitolo verrà presentata una ricerca empirica condotta su 12 giovani atleti che praticano judo all'interno della Polisportiva Tamai sezione judo (PN). Gli atleti, di età compresa tra i 18 e i 29 anni, sono stati monitorati tramite attigrafi e hanno compilato una serie di questionari e un diario del sonno giornaliero. La ricerca è stata svolta tra marzo e aprile 2022, in un periodo di attività agonistica. Oltre a capire i possibili mutamenti del sonno in relazione agli allenamenti e alle competizioni, si è cercato di comprendere se essi potessero avere un impatto sulle prestazioni degli atleti.

CAPITOLO 1: REVISIONE BIBLIOGRAFICA

Il sonno è un comportamento complesso, presente in tutti i mammiferi e che si manifesta in un gran numero di specie di animali. Questo suggerisce che il sonno possa svolgere una o più funzioni per la sopravvivenza. Cerasuolo e colleghi (2019) sostengono che esistono due categorie di teorie che cercano di spiegare la presenza del sonno nelle specie animali e nell'essere umano: le teorie ristorative e le teorie circadiane. Le prime si basano sul fatto che la veglia determini uno squilibrio omeostatico che viene poi recuperato attraverso il sonno. Le seconde invece intendono il sonno come un modo per risparmiare energia ed evitare i pericoli notturni: esso sarebbe comparso dunque perché gli animali rimanessero inattivi nei momenti in cui non devono svolgere attività necessarie alla sopravvivenza. Il sonno umano avviene secondo un ritmo monofasico e si manifesta con una periodicità circadiana, poiché il ciclo dura 24 ore. Una notte di sonno è tipicamente composta da cicli di 90 minuti divisi in due periodi, chiamati sonno REM (*Rapid Eye Movement*) e NREM (Non REM). Il sonno NREM può essere suddiviso in quattro stadi differenti. Purves e colleghi (2013) sottolineano che questi stadi sono definiti soprattutto in base a criteri elettroencefalografici: la frequenza delle onde diminuisce, mentre l'ampiezza aumenta. Compaiono anche i fusi del sonno, ovvero dei picchi di attività della durata media di 1 o 2 secondi. Durante il quarto stadio del sonno NREM l'elettroencefalografia (EEG) mostra la presenza delle onde delta che sono particolarmente ampie. Dopo un periodo di sonno profondo i soggetti entrano nel sonno REM, che si caratterizza per la presenza di movimenti oculari rapidi, costrizione pupillare, paralisi dei muscoli più grossi, ad eccezione di quelli coinvolti nella respirazione, e contrazioni di muscoli più piccoli, come quelli delle dita delle mani e dei piedi (Purves et al., 2013). Durante la fase REM il cervello è attivo quasi quanto durante lo stato di veglia. Risulta evidente che, al contrario di quanto si pensava in passato, il cervello non è in uno stato di totale riposo ma è sempre attivo. Inoltre, durante il sonno REM è più probabile che si manifestino i sogni, particolari stati di coscienza che coinvolgono memorie e allucinazioni. Dopo una fase di sonno REM l'attività cerebrale rallenta e inizia un nuovo ciclo.

Risulta interessante considerare le funzioni di ciascuno dei due periodi descritti. In generale, è ormai riconosciuta dai ricercatori l'importanza del sonno per il mantenimento dell'omeostasi metabolica nell'essere umano (Xie et al., 2013). Il termine omeostasi deriva da "homeo", che significa "uguale", e "stasis" che significa "costante". Essa può essere definita come uno stato di equilibrio interno necessario per la sopravvivenza dell'organismo. In particolare, una delle funzioni del sonno è quella di ripristinare i livelli cerebrali di glicogeno, che durante il giorno e lo stato di veglia diminuiscono (Purves et al., 2013). Inoltre, durante la notte generalmente la temperatura è più bassa per cui il corpo richiede una quantità più elevata di energia per mantenere la temperatura corporea.

Sassin e colleghi (1969) sostengono che il periodo NREM sia particolarmente importante per la funzione di conservazione dell'energia: il sonno NREM stimolerebbe il rilascio di ormoni anabolici che aumenterebbero la sintesi proteica e la produzione di energia a partire da acidi grassi liberi. Durante il sonno REM, come già illustrato in precedenza, ci sarebbe un'attività neuronale simile a quella in stato di veglia. Questo periodo, secondo Siegel (2005), potrebbe favorire un processo di neurogenesi: essa verrebbe facilitata dall'esercizio ma ostacolata dallo stress. L'autore esclude però che questo si leghi, in qualche modo, al consolidamento dei ricordi nella memoria. Egli evidenzia che un sonno disturbato non favorisce sicuramente la concentrazione e l'apprendimento, ma che il ruolo del sonno nel consolidamento dei ricordi è ancora oggetto di studio e di dibattito tra i ricercatori. Studi più recenti, come si apprenderà in seguito, sono contrari a questa opinione (Sara, 2017; Tempesta et al., 2016).

Prima di leggere questo capitolo è opportuno ricordare alcuni aspetti significativi della regolazione del ciclo sonno-veglia. Il sonno umano si manifesta con una periodicità circadiana, ovvero un ciclo di 24 ore. In base al doppio modello di regolazione del sonno Borbéley (1982), l'alternanza del sonno e della veglia è regolata da due processi distinti: il Processo S, che si riferisce al fattore omeostatico e ha il compito di bilanciare la durata del sonno e della veglia, e il Processo C, ovvero il fattore circadiano che localizza la veglia durante il giorno e il sonno nella notte. Il secondo fattore dipende soprattutto dal funzionamento del nucleo soprachiasmatico dell'ipotalamo (Devoto, 2011). Attualmente, la maggior parte dei ricercatori che studia il sonno, considera questo nucleo come un "orologio principale", sede centrale del controllo circadiano delle funzioni omeostatiche (Purves et al., 2013). In base al doppio modello di regolazione del sonno, durante il giorno i due fattori agiscono in opposizione, in modo tale che il soggetto rimanga sveglio. La pressione omeostatica è minima al risveglio, determinando un periodo chiamato inerzia del sonno. In questo periodo di 30-60 minuti le capacità psicomotorie e cognitive non sono ancora del tutto ristabilite, per cui le prestazioni saranno peggiori se confrontate con quelle durante la giornata (Devoto, 2011). La pressione arriva a stabilizzarsi durante la giornata. Durante la notte invece i due processi sono sinergici e promuovono il sonno. Quando l'individuo dorme la pressione omeostatica diminuisce fino a dissiparsi, mentre quella circadiana rimane minima. Lavie (1986) sottolinea che esistono anche dei periodi nei quali è più facile addormentarsi (*sleep gates*) e altri invece in cui è più difficoltoso (*forbidden zones*). In particolare, nella fascia oraria dalle 13:00 alle 16:00 e dopo le 22:00 vi è un calo fisiologico della vigilanza ed è più facile addormentarsi. I periodi refrattari invece sono presenti durante la mattinata e nel tardo pomeriggio-sera. I livelli di performance, come si può intuire, sono migliori durante i *forbidden zones*.

All'interno di questo capitolo verrà proposta una rassegna bibliografica degli studi più significativi sulla relazione tra sonno e attività fisica, senza tralasciare i ritmi circadiani. All'interno del secondo paragrafo verrà offerto un approfondimento sugli effetti della riduzione del sonno sulla performance degli atleti. Anche in questo caso non verranno tralasciati aspetti relativi ai ritmi circadiani. Infine, all'interno dell'ultimo paragrafo, verranno trattati in maniera critica studi focalizzati sulla disciplina del judo. Risulta importante proporre una panoramica della letteratura in funzione di comprendere la ricerca empirica che verrà illustrata nel capitolo successivo.

1.1 Sonno, attività fisica ed esercizio

In letteratura il termine attività fisica indica una serie di attività che richiedono il movimento del corpo, implicano una spesa energetica variabile e presentano una correlazione positiva con la fitness fisica, intesa come abilità dell'individuo di eseguire un lavoro muscolare (Caspersen et al., 1985). Un esempio di questa tipologia di attività sono le pulizie domestiche. Gli autori sottolineano che, pur avendo molti punti in comune con l'attività fisica, il concetto di esercizio fisico è diverso. Entrambi implicano un movimento della muscolatura scheletrica che produce un dispendio energetico quantificabile in kilocalorie consumate. L'esercizio fisico si distingue però dall'attività fisica poiché è pianificato, ripetitivo e strutturato. Un esempio di esercizio fisico può essere lo svolgimento per tre volte la settimana di una scheda di rinforzo muscolare pianificata da uno specialista. L'esercizio fisico è finalizzato al mantenimento o miglioramento della fitness fisica. Lo sport, a sua volta, è una sottocategoria dell'esercizio fisico: esso, infatti, presenta l'aspetto competitivo che nell'esercizio fisico non è presente, tanto meno nell'attività fisica. Inoltre, lo sport è governato da regole che sono valide per tutti i praticanti e implica abilità grosso motorie che richiedono apprendimento di aspetti tecnici specifici e applicazione di strategie.

Molti ricercatori hanno indagato non esclusivamente il rapporto che intercorre tra attività fisica in generale e le variazioni del sonno ma, osservando la letteratura, risulta evidente che molti studiosi utilizzano i termini “attività fisica” ed “esercizio” come fossero sinonimi. Non si tiene conto delle differenze tra le due forme di attività e, in generale, gran parte dei ricercatori ha valutato l'effetto di un'attività fisica strutturata di diversa intensità. Inoltre, Guicciardi (2011) osserva che dal punto di vista psicologico non sempre è utile distinguere un'attività dall'altra. Ad esempio, Crum e Langer (2007) hanno condotto uno studio su 84 cameriere ai piani che lavoravano in sette diversi hotel. Al gruppo sperimentale è stato detto che l'attività di pulizia delle camere soddisfa le raccomandazioni sanitarie per uno stile di vita attivo. Al gruppo di controllo invece non veniva fornita alcuna informazione di questo tipo. Il gruppo sperimentale, dopo quattro settimane, ha percepito di fare molta

più attività fisica rispetto a prima e ha mostrato effetti benefici sulla fitness come una diminuzione di peso e della pressione sanguigna. Questi risultati sarebbero ottenibili solo con un esercizio fisico costante, mentre in questo caso sono attribuibili a un effetto placebo.

Una revisione sistematica e metanalisi di Atoui e colleghi del 2019 ha analizzato l'associazione quotidiana tra sonno e attività fisica. I ricercatori sottolineano che le variazioni del sonno e dell'attività fisica producono numerosi effetti sulla salute. Esiste un consolidato corpus di ricerche che sottolineano l'importanza dell'attività fisica nella vita delle persone, poiché essa può agire come un'efficace misura preventiva primaria e secondaria per la mortalità prematura e per più di 25 condizioni mediche croniche, come malattie cardiovascolari, diabete, obesità (Darren et al., 2006). La sedentarietà invece è riconosciuta come uno dei principali fattori di rischio per lo sviluppo di queste patologie. Nel caso del diabete mellito, ad esempio, risulta fondamentale svolgere attività fisica regolare. Questa patologia si caratterizza per un difficoltoso o impossibile metabolismo del glucosio e il pancreas è incapace di produrre l'insulina, che consente di utilizzare il glucosio stesso. L'attività fisica favorisce invece la rilevazione del glucosio nel tessuto muscolare, facilitando la diminuzione della glicemia (Guicciardi, 2011). Essa agisce anche su altri aspetti correlati al diabete, come l'eccesso di peso e l'ipertensione. Bachis e colleghi (2003) sottolineano inoltre che l'attività fisica regolare aumenta i livelli di autoefficacia delle persone con diabete di tipo 2, anche detto non insulino-dipendente.

Spostando l'attenzione sulla relazione tra sonno e attività fisica emergono dei dati interessanti. Atoui e colleghi (2019) sottolineano che in letteratura è riconosciuta un'associazione bidirezionale tra sonno e attività fisica, anche se i risultati sono piuttosto contraddittori. L'attività fisica è generalmente considerata benefica per favorire il sonno. Questo assunto può essere in parte attribuito alle tradizionali ipotesi che il sonno serva al risparmio energetico, al ripristino del corpo e alle funzioni di termoregolazione (Lang et al., 2016). L'attività fisica porta a un effetto termogenico, ovvero un aumento iniziale della temperatura corporea seguito da una diminuzione. Questo passaggio favorisce una latenza di inizio del sonno più breve (Youngstedt, 2005) e una maggiore intensità delle onde lente. Tuttavia, bisogna specificare che, quando si decide di indagare l'interazione tra attività fisica e sonno, è necessario tenere in considerazione alcuni fattori come sesso, età, livello di forma fisica, qualità del sonno e caratteristiche dell'esercizio (Chennaoui et al., 2015). Essi possono moderare l'interazione tra attività fisica e sonno.

Atoui e colleghi (2019) sostengono che esistono dei parametri del sonno che sono associati all'attività fisica del giorno successivo. Ad esempio, tra questi rientrano la qualità e l'efficienza del sonno e i risvegli notturni. Gli autori obiettano però che si tratta di associazioni piccole. Alcuni studi

su popolazioni cliniche hanno cercato di indagare l'effettiva presenza di questa relazione bidirezionale e di individuarne le caratteristiche. In particolare, molte ricerche hanno cercato di comprendere l'effetto della diminuzione del sonno sulla quantità e intensità dell'attività fisica svolta il giorno successivo. Uno studio su pazienti a rischio di contrarre diabete mellito di tipo 2 di Bromley e colleghi (2012) ha riscontrato che una diminuzione del sonno indotta sperimentalmente è stata associata a un tempo significativamente inferiore impiegato per l'attività fisica del giorno dopo, nonché a una minore intensità. La diminuzione del sonno ha portato ad una riduzione di circa il 30% l'attività fisica svolta il giorno seguente dagli adulti a rischio di diabete di tipo 2. Baron e colleghi (2013) hanno valutato le relazioni bidirezionali giornaliere tra esercizio e sonno in un campione di undici donne di età media intorno ai 61 anni con insonnia. Essi suggeriscono che l'esercizio fisico può migliorare la qualità del sonno, l'umore e la qualità della vita tra le persone di età avanzata. Le partecipanti si impegnavano a svolgere 30 minuti di esercizio aerobico tre volte a settimana. I ricercatori hanno utilizzato i diari del sonno e gli attigrafi per raccogliere i dati. Le variabili del sonno includevano la qualità soggettiva del sonno riferita dalle partecipanti e le misure oggettive registrate tramite l'attigrafia del polso ovvero la latenza dell'inizio del sonno (SOL), il tempo di sonno totale (TST), l'efficienza del sonno (SE), la veglia dopo l'inizio del sonno (WASO) e l'indice di frammentazione (FI). Lo studio dimostra un miglioramento dell'efficienza del sonno, della quantità totale di sonno e della qualità globale del sonno dopo 16 settimane. I dati dimostrano che l'esercizio aerobico è un intervento efficace che migliora il sonno obiettivo e autodeterminato nelle donne anziane con insonnia. Tuttavia, la durata dell'esercizio svolto durante il giorno non era correlata al sonno durante la notte corrispondente. Tuttavia, il sonno notturno prediceva l'esercizio del giorno successivo: il sonno influisce dunque sulla partecipazione all'esercizio.

La metanalisi di Atoui e colleghi (2019) sottolinea che la maggior parte degli studi da loro considerati non supporta l'esistenza di una relazione bidirezionale tra sonno e attività fisica giornaliera. Gli autori sottolineano che questo dato potrebbe essere dovuto alla debolezza delle metodologie degli studi considerati. I ricercatori hanno anche specificato che la maggior parte degli studi inclusi era stata condotta su campioni di donne anziane. Inoltre, la maggior parte degli studi è stata condotta a condizioni controllate e non ecologiche. Uno recente studio di Vanderlinden e colleghi (2022) ha tentato di superare questo limite esaminando gli effetti di un programma di attività fisica da moderata a vigorosa di 12 settimane in adulti di oltre 55 anni. Il gruppo sperimentale ha seguito il programma "*Lekker Actief*" che prevedeva come componente principale una camminata progressiva: il numero di passi raccomandato aumentava di settimana in settimana. I ricercatori hanno anche considerato la forma fisica di partenza dei partecipanti. Venivano proposti anche un rafforzamento muscolare e una sessione educativa volta a fornire informazioni sull'alimentazione

sana ed equilibrata. Non erano presenti attività specifiche finalizzate al miglioramento del sonno, che veniva semplicemente misurato attraverso questionari e attigrafia. Sebbene questo programma fosse efficace nell'aumentare l'attività fisica, al post test non sono stati riscontrati miglioramenti significativi del sonno nel gruppo sperimentale rispetto a quello di controllo. Probabilmente i dati risentono anche di un limite importante dello studio, ovvero la mancata registrazione, da parte dei ricercatori, della frequenza delle sessioni dei partecipanti.

Risulta opportuno, a questo punto, delineare alcuni aspetti importanti sui cambiamenti del sonno negli adolescenti e nei giovani e, in un secondo momento, considerare gli studi sulla relazione tra attività fisica condotti su soggetti adolescenti e giovani adulti. Infatti, lo studio che verrà descritto nel capitolo successivo è stato condotto su un campione di soggetti di età compresa tra i 18 e i 29 anni. Verranno dunque tralasciati gli studi sugli anziani, che sono stati già brevemente trattati in precedenza. Trattandosi di un range di età piuttosto ampio, bisogna chiarire alcuni punti. In generale gli psicologi dello sviluppo concordano nell'indicare come “adolescenza” un periodo di transizione tra l'infanzia e l'età adulta, compreso indicativamente tra i 12 e i 18-20 anni. Si tratta di un periodo complesso che non comporta solamente un cambiamento dal punto di vista fisico e biologico, ma anche intellettuale, emotivo e relazionale (Tonolo, 1999). In letteratura si è anche diffusa l'espressione “*Emerging Adulthood*”, che identifica un periodo del ciclo di vita tipico di giovani delle società postindustriali di età compresa tra i 18 e i 29 anni (Arnett et al., 2011). La traduzione in italiano di questa espressione, come fa notare Biasin (2019), rende in maniera poco efficace il nucleo di significato centrale dell'espressione, ovvero il momento in cui un/a giovane diventa e si percepisce come adulto. Arnett (2000) sottolinea che questo periodo della vita degli individui va nettamente distinto dall'adolescenza e dalla prima età adulta. Il ricercatore sottolinea che questo periodo presenta delle caratteristiche specifiche, indicandone cinque: 1) Continua ricerca dell'identità personale; 2) Vissuto di instabilità a più livelli (personale, lavorativo e sociale); 3) Focalizzazione sullo sviluppo e la realizzazione personale; 4) Percezione di vivere una transizione; 5) Credenza ottimistica relativa al fatto di avere molte e possibili traiettorie di vita aperte. Al di là del dibattito sull'identificazione dell'*Emerging Adulthood* come una vera e propria fase del ciclo di vita o meno, è bene tenere in considerazione che tra le due fasce d'età ci sono delle differenze.

1.1.1 Sonno in adolescenza

Prima di approfondire la relazione tra sonno e attività fisica negli adolescenti e giovani, è bene prendere in considerazione alcuni dati generali sulle caratteristiche del sonno in queste fasce d'età. La *National Sleep Foundation* sostiene che gli adolescenti necessitano di circa 8-10 ore di sonno a

notte per funzionare al meglio, ma la maggior parte di essi non raggiunge la quantità raccomandata (Hirshkowitz et al., 2015). Questo si può tradurre in sonnolenza diurna e nella necessità di dormire per brevi intervalli di tempo durante la giornata. Moore e Meltzer (2008) sottolineano anche che l'insufficienza del sonno è dovuta a un'interazione tra fattori biologici ed estrinseci, come lo svolgimento dei compiti a casa e l'orario di inizio della scuola. All'interno di una revisione, Lang e colleghi (2016) sottolineano che i cambiamenti fisici includono le componenti circadiane e omeostatiche del sonno, che influenzano il ciclo sonno-veglia, nonché i tempi, la durata e l'architettura del sonno. Durante la pubertà, infatti, si manifestano dei mutamenti dal punto di vista fisico, dovuti all'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-gonadico precedentemente dormiente che culmina nella maturazione gonadica (Sisk & Foster, 2004). Il ritmo circadiano dell'adolescente cambia, poiché il rilascio della melatonina, un ormone prodotto dalla ghiandola pineale in condizioni di oscurità, risulta ritardato (Carskadon et al., 1997). La melatonina, una volta liberata nel circolo sanguigno, va a modulare l'attività nervosa interagendo con specifici recettori del sistema nervoso centrale che influenzano il ciclo sonno-veglia. La sintesi di questo neurormone aumenta al diminuire della luce e raggiunge il picco massimo tra le 2:00 e le 4:00 del mattino (Purves et al., 2013). Inoltre, si riscontrano importanti cambiamenti anche nell'architettura del sonno, con cali del sonno a onde lente e dell'attività a onde delta (Colrain & Baker, 2011). Alla base di questo cambiamento potrebbe esserci la diminuzione della densità sinaptica. Questa diminuzione graduale del sonno a onde lente continua per tutta la vita. Inoltre, nei bambini in età scolare, il tempo dall'inizio del sonno alla fase REM è di circa 3 ore, mentre nella prima adolescenza è di 90–110 minuti (Mindell et al., 1999). Questi cambiamenti normativi dello sviluppo nella quantità di sonno a onde lente e nei tempi del sonno REM possono contribuire a un aumento della sonnolenza diurna.

Oltre ai cambiamenti fisici e neurobiologici associati alla maturazione, l'adolescenza è caratterizzata da sviluppi in ambito psicologico e sociale, che possono influire sulla salute e sul comportamento (Colrain e Baker, 2011). Tra i fattori estrinseci maggiormente considerati dalla letteratura c'è l'inizio delle lezioni scolastiche. Ad esempio, uno studio ha rilevato che oltre il 75% degli adolescenti di età compresa tra 13 e 18 anni va a letto alle 23:00 o più tardi nelle notti scolastiche (Wolfson & Carskadon, 1998). Moore e Meltzer (2008) sostengono che un adolescente con sonno insufficiente tende a dormire generalmente due ore in più nei giorni festivi rispetto ai feriali. Il dato è stato confermato anche da una metanalisi di Olds e colleghi (2010). Essi però sottolineano anche che gli adolescenti più grandi tendono a dormire meno rispetto ai più piccoli. Inoltre, la metanalisi ha preso in considerazione studi condotti in 23 differenti paesi e ha riscontrato che sesso, età, regione geografica e tipo di giornata (feriale o festiva) interagiscono e predicono i modelli di sonno negli adolescenti. Gli studi hanno dimostrato che quando l'orario di inizio delle scuole medie e superiori è

ritardato di un'ora, l'orario in cui gli studenti vanno a dormire non cambia (Wahistrom, 2002; Wolfson et al., 2007). In questo modo gli studenti che frequentano le scuole che iniziano dopo ottengono 45-60 minuti aggiuntivi di sonno a notte. In particolare, lo studio longitudinale di Wahisrtom (2002) mostra che l'orario di inizio della scuola ha un effetto anche su altre variabili, come il tasso di frequenza che risulta più elevato e i voti scolastici, tendenzialmente migliori. Al contrario, gli adolescenti che iniziano le lezioni la mattina presto hanno schemi di sonno più irregolari nei giorni feriali e una maggiore sonnolenza diurna. In base a un'indagine condotta su 308 ragazzi e ragazze australiani di età compresa tra i 13 e i 17 anni, mediamente l'adolescente ritarda l'orario di addormentamento di circa due ore rispetto al preadolescente (Short et al., 2013). I ricercatori hanno trovato che gli indicatori clinici di un problema del sonno più comuni erano dormire meno di otto ore a notte, difficoltà a svegliarsi al mattino e un ritardo di coricarsi nel fine settimana di oltre due ore. Sembra che i problemi di sonno insufficiente e disturbato tra la metà e la tarda adolescenza non si esauriscano con il diploma di scuola superiore, ma continuino fino alla prima età adulta, che i ricercatori circoscrivono alla fascia d'età tra i 18 e i 24 anni (Lund et al., 2010). Tuttavia, Lucidi e colleghi (2019) sottolineano che sono presenti dei problemi metodologici nella ricerca sugli effetti del sonno sul rendimento scolastico. Infatti, non c'è accordo sulla misura che rappresenta la performance scolastica. Alcuni studi hanno considerato la media dei voti riferiti individualmente dagli studenti, altri quelli riportati dai registri scolastici e altri ancora i commenti degli insegnanti, dei genitori, le assenze o le note. I voti scolastici sono soggetti a cambiamenti tra gli insegnanti che li assegnano, le scuole e gli indirizzi frequentati. Perez-Lloret e colleghi (2013) in ogni caso hanno trovato che una quantità di sonno insufficiente compromette alcune funzioni cognitive fondamentali per lo studio come la capacità di apprendimento, memoria e attenzione.

Alcuni studiosi sostengono che la fascia adolescenziale è particolarmente soggetta a un fenomeno definito come "*jet-lag* sociale": si tratta di uno spostamento degli orari di addormentamento e risveglio che si osserva durante la settimana. Più nello specifico, si è osservato che ci sono delle differenze nel tempo e nel momento dedicato al sonno tra i giorni lavorativi o scolastici e giorni non lavorativi o scolastici (Wittman et al., 2006). Caliandro e colleghi (2021) definiscono il *jet-lag* sociale come la discrepanza tra il tempo determinato dal nostro orologio biologico interno, e il tempo sociale, definito da obblighi sociali come la scuola o il lavoro. I nostri orologi biologici si adattano facilmente allo spostamento in avanti dell'ora di addormentamento e risveglio, ma fanno più fatica nel momento in cui addormentamento e risveglio devono essere anticipati per poter rispondere agli impegni sociali (Martoni & Natale, 2019). Come si può intuire, si tratta di cambiamenti dettati dai comportamenti quotidiani, non da cambiamenti delle informazioni ambientali, come invece accade nel *jet-lag*, che verrà approfondito in seguito.

Un altro fattore estrinseco che interferisce con la durata e la qualità del sonno negli adolescenti è presente anche l'utilizzo del cellulare e, più in generale, di apparecchi elettronici durante le ore serali e notturne. L'uso eccessivo dello smartphone tra gli adolescenti può portare conseguenze fisiche e psicologiche negative (Nikhita et al., 2015). Bartel e colleghi (2019), ad esempio, hanno monitorato il sonno di 63 adolescenti di età compresa tra i 14 e i 18 anni, ai quali era stato chiesto di spegnere il cellulare a uno specifico orario deciso dai ricercatori. In particolare, durante una settimana di rilevamento dei dati, i partecipanti si sono impegnati a spegnere le luci prima, a dormire più a lungo e a spegnere prima il telefono. I risultati hanno mostrato dei benefici di queste pratiche nella fase pre-sonno ma andrebbero fatti ulteriori approfondimenti. Sarebbe importante, secondo gli autori, trovare altri modi per migliorare la qualità e la quantità di sonno tra i giovani adolescenti, poiché non sembrano disposti a rinunciare all'uso massiccio dello smartphone. Il campionamento, come riportano i ricercatori, è stato piuttosto difficoltoso perché gli adolescenti non erano propensi ad adeguarsi a queste limitazioni nell'uso del cellulare. Fossum e colleghi (2014) hanno esaminato se l'uso di un televisore, un computer, una console di gioco, un tablet, un telefono cellulare o un lettore audio a letto prima di andare a dormire fosse associato a insonnia, sonnolenza diurna. Il campione analizzato era composto da 532 studenti di età compresa tra 18 e 39 anni. Gli intervistati hanno riportato la frequenza e la durata media del loro uso dei media a letto, nonché i sintomi dell'insonnia, la sonnolenza diurna, la preferenza tra mattina e sera e l'ora di coricarsi e di alzarsi nei giorni liberi. Il tempo medio di utilizzo dei media per notte è stato di 46,6 minuti. I risultati hanno mostrato che l'uso del computer e dello smartphone era positivamente associato all'insonnia. Punamaki e colleghi (2007) hanno riscontrato su un campione di ragazzi e ragazze tra i 16 e i 18 anni che l'uso intensivo del computer costituisce un rischio per la salute dei ragazzi, quello del telefono cellulare per quella delle ragazze. Le ragazze riferivano un forte deterioramento del sonno e una maggiore stanchezza durante la veglia.

In sintesi, gli adolescenti accumulano un debito di sonno a causa di due fattori fondamentali, ovvero il ritardo dell'orario in cui vanno a dormire e l'anticipo dell'orario in cui si alzano la mattina per andare a scuola o, per i maggiorenni, andare a lavorare o all'università. Lo spostamento in avanti dell'orario di addormentamento dipende da aspetti neurobiologici ma anche da fattori esterni come, ad esempio, l'utilizzo di device elettronici fino a tarda sera e l'aumento del carico di studio. Chiariti questi punti è possibile cercare di analizzare la relazione tra sonno e attività fisica, che costituisce un aspetto di primaria importanza per questa ricerca.

1.1.2 Sonno e attività fisica

Molti studi hanno valutato l'impatto dell'attività fisica sul sonno, considerando variabili quali la frequenza, intensità e tipo di attività fisica, nonché le influenze di età, sesso e ora del giorno in cui veniva svolta (Lang et al., 2016). I risultati, in molti casi sono contrastanti, probabilmente dovuti alle metodologie utilizzate dai ricercatori. Dolenzal e colleghi (2017) e Lang et al. (2016) sostengono che vi sia molta variabilità nelle metodologie utilizzate per valutazione: gli studi risulterebbero dunque difficilmente confrontabili. Lang e colleghi (2016) sottolineano come per valutare l'attività fisica e il sonno siano presenti numerose misure oggettive e soggettive, ma gli strumenti privilegiati per la fascia adolescenziale sarebbero questionari *self-report* e sondaggi. Spesso misure oggettive e soggettive vengono messe insieme, anche se gli approcci che mescolano i metodi di valutazione non sembrano produrre effetti positivi di dimensioni maggiori. Invece, in base alla revisione sistematica e metanalisi di Lang et al. (2016), gli studi relativi all'attività fisica e al sonno in cui entrambe le misure sono state valutate soggettivamente o oggettivamente hanno identificato dimensioni dell'effetto maggiori, rispetto a quelle che combinano i due tipi di misure. Inoltre, in linea con quanto suggerito da Baron e colleghi (2013), anche Mead et al., (2019) sostengono che la misurazione delle fluttuazioni quotidiane dell'attività fisica e del sonno su più giorni fornisce un quadro più esaustivo per esaminare le relazioni temporali tra attività fisica e sonno. Bisogna considerare gli effetti dell'attività fisica non solo a breve termine, ma anche di valutare un miglioramento del sonno dopo un certo periodo di tempo.

L'assunto che l'attività fisica promuova il sonno può essere in parte attribuito alle tradizionali ipotesi che il sonno favorisca il risparmio energetico, il ripristino del corpo e le funzioni di termoregolazione (Lang et al., 2016). Negli anni Novanta sono state pubblicate due metanalisi che hanno esaminato la relazione tra sonno ed attività fisica: la prima ha preso in considerazione 32 studi sull'attività fisica acuta e 12 studi sull'esercizio fisico regolare (Kubitz et al., 1996), mentre la seconda 38 studi sull'esercizio acuto (Youngstedt et al., 1997). Queste revisioni hanno riscontrato che l'esercizio fisico acuto e regolare ha un impatto positivo sul tempo di sonno totale, sulla latenza di inizio del sonno e sul sonno a onde lente e un impatto negativo sul sonno con movimento rapido degli occhi. In linea con i dati delle due precedenti metanalisi, Kredlow e colleghi (2015) propongono una revisione più recente, focalizzandosi sugli effetti dell'esercizio acuto e regolare sul sonno. I risultati suggeriscono che l'esercizio acuto ha effetti piccoli e di variabile robustezza su molti indici oggettivi del sonno. Inoltre, questi effetti sono limitati sul tempo di sonno totale, il sonno a onde lente e sulla latenza d'inizio del sonno, in linea con quanto trovato da Kubitz et al. (1996) e Youngstedt et al. (1997). Kredlow e colleghi (2015) hanno notato che l'esercizio fisico acuto ha comportato una

diminuzione del sonno con movimenti oculari rapidi, sebbene l'effetto fosse piccolo piuttosto che moderato come riportato dalla metanalisi di Youngstedt et al. (1997). Esso sarebbe anche influenzato dall'ora del giorno, con riduzioni maggiori per l'esercizio completato 3-8 ore prima di coricarsi rispetto ad altri periodi di tempo. Inoltre, Kredlow e colleghi (2015) hanno riscontrato piccoli effetti benefici per l'esercizio acuto sull'efficienza del sonno, il tempo di veglia dopo l'inizio del sonno e lo stadio 1. La metanalisi descritta fornisce informazioni significative, poiché considera anche una serie di moderatori del sonno. Tuttavia, è bene segnalare che gli studi che hanno soddisfatto i criteri di inclusione posti dai ricercatori per la metanalisi sono stati condotti su una popolazione adulta: la media dei partecipanti era di circa 42 anni.

In letteratura sono presenti anche studi su popolazioni più giovani, all'interno dei quali si trovano risultati interessanti e parzialmente contrari a quelli riscontrati negli adulti e anziani. È importante considerare l'età come possibile variabile moderatrice, in linea con le metanalisi citate in precedenza. Mendelson e colleghi (2016) hanno dimostrato che 12 settimane di allenamento fisico hanno aumentato la durata del sonno e le variabili della qualità del sonno negli adolescenti con obesità. Nello specifico, il campione sperimentale era composto da 20 adolescenti di età media di 14 anni con obesità, quello di controllo da coetanei normopeso. Il programma prevedeva la partecipazione a due sessioni da 60 minuti e una da 120 di attività fisica settimanale. Bisogna specificare che in questo caso i ricercatori hanno proposto un programma strutturato di esercizio fisico che ha portato gli adolescenti anche ad aumentare la propria attività fisica giornaliera, misurata tramite il numero di passi fatti ogni giorno durante il monitoraggio. I ricercatori hanno scoperto che l'allenamento fisico riduce lo stadio NREM N1, che rappresenta la fase di passaggio dalla veglia al sonno in cui esso è più leggero, aumentando invece il sonno REM, la continuità e l'efficienza del sonno. Questo studio trova risultati opposti rispetto a ricerche precedenti come quella di Kubitz et al. (1996), dove era stato rilevato un aumento del sonno a onde lente e una diminuzione del sonno REM. Tuttavia, è necessario notare che gli studi presi in considerazione dalla revisione di Kubitz e colleghi (1996) hanno coinvolto prevalentemente adulti, non adolescenti. Kalak e colleghi (2012) hanno condotto uno studio su 51 adolescenti in un periodo di 3 settimane, chiedendo loro di impegnarsi a svolgere 30 minuti di corsa di intensità moderata ogni mattina nei giorni feriali. L'età media dei partecipanti era di 18 anni. I risultati hanno mostrato un miglioramento della durata obiettiva e dell'efficienza del sonno, il tempo di sonno totale (TST) è stato ridotto e la latenza del sonno REM è aumentata rispetto al gruppo di controllo. Inoltre, i partecipanti assegnati al gruppo sperimentale hanno riferito un miglioramento della qualità soggettiva del sonno, dell'umore e della concentrazione durante il giorno. In base a questa ricerca si può concludere che l'esercizio abbia avuto un impatto positivo sia sulle misure oggettive che soggettive del sonno. Kalak et al. (2012) così come Dolenzal

et al. (2017) concludono che la pratica dell'esercizio fisico possa essere un rimedio efficace alla sonnolenza diurna, che sembra essere una problematica comune tra gli adolescenti.

Uno studio recente di Master e colleghi (2019) indica nella promozione dell'attività fisica da moderata a vigorosa (MVPA) tra gli adolescenti uno strumento efficace per migliorare alcuni aspetti del sonno. Lo studio aveva come obiettivo indagare le associazioni tra il tempo trascorso in MVPA e il comportamento sedentario e gli esiti del sonno a livello quotidiano tra gli adolescenti. Il campione coinvolto nella ricerca era composto da 417 ragazzi e ragazze di età media di 15 anni, che sono stati monitorati attraverso gli attigrafi per una settimana durante l'anno scolastico. I ricercatori hanno ipotizzato che nei giorni in cui i soggetti erano fisicamente più attivi rispetto alla loro media individuale, trascorrendo più tempo in MVPA, avrebbero manifestato un inizio del sonno più precoce, una durata del sonno più lunga e una maggiore efficienza nel mantenimento del sonno quella notte. Gli adolescenti che si addormentavano prima dormivano più a lungo e in modo più efficiente durante la notte sarebbero stati meno sedentari il giorno successivo. I ricercatori hanno riscontrato che, effettivamente, all'aumentare dell'MVPA si associava un inizio del sonno più precoce di circa 18 minuti, una durata più lunga di 10 minuti e una maggiore efficienza nel mantenimento del sonno del 0.6%. Invece, nei giorni in cui gli adolescenti erano più sedentari della loro media, quella notte dormivano meno. Quando i soggetti andavano a dormire prima, il giorno dopo svolgevano meno MVPA ed erano più sedentari. Gli adolescenti che erano più sedentari durante il giorno tendevano ad addormentarsi più tardi la sera e a svegliarsi più tardi il giorno dopo. In una metanalisi Bartel e colleghi (2015) hanno trovato che l'attività fisica non era associata alla latenza del sonno o al tempo di sonno totale. I ricercatori ipotizzano che l'attività fisica influisca sulla latenza del sonno solo nei casi più estremi, come quelli degli atleti, che svolgono un'attività sportiva intensa (Brand et al., 2010b). Gli atleti che si addormentano più velocemente dei controlli. Bartel et al. (2015) annoverano tra i fattori protettivi per il sonno degli adolescenti, insieme a una buona igiene del sonno. Al contrario, il consumo di tabacco e caffeina, l'uso del computer, l'esposizione alla luce nelle ore serali e un ambiente familiare negativo e la caffeina sono stati associati a una diminuzione del sonno totale.

Bartel e colleghi (2015) sottolineano però che, per quanto riguarda l'attività fisica, ci sono delle variabili importanti da tenere in considerazione. In primo luogo, essi sostengono che il momento della giornata in cui viene svolta l'attività può influire sul sonno. Storicamente tra le indicazioni per una corretta igiene del sonno viene sconsigliato lo svolgimento dell'attività fisica nelle ore serali, in particolare 4 ore prima di andare a letto (Devoto, 2011). I risultati da questo punto di vista risultano però contraddittori. Kalak e colleghi (2012) hanno riscontrato che l'esercizio mattutino era più fortemente associato a un sonno migliore rispetto a quello pomeridiano o serale. Gli adolescenti

coinvolti nello studio avevano eseguito per 3 settimane consecutive attività fisica al mattino, mostrando un miglioramento del sonno obiettivo e auto-riferito. Le metanalisi di Kubitz et al (1996) e Youngstedt et al. (1997) hanno rilevato che l'esercizio fisico al mattino può migliorare il sonno, mentre l'effetto opposto si può osservare per quello svolto la sera. Al contrario, la metanalisi di Bartel e colleghi (2015) non ha però trovato un'associazione tra l'esercizio svolto nelle ore serali e sonno disturbato. Stutz e colleghi (2019) hanno proposto una recente revisione sistematica e metanalisi, in cui hanno analizzato gli effetti dell'esercizio fisico svolto poco prima di coricarsi. In media, l'esercizio terminava 1,8 ore prima di andare a dormire. In tal caso, la media dei partecipanti degli studi considerati era di giovani adulti di circa 29 anni. I ricercatori non hanno trovato effetti negativi dell'esercizio serale sul sonno notturno, ma piuttosto il contrario. I benefici risultano però irrilevanti. Anche la qualità soggettiva del sonno riferita dai partecipanti non risulta compromessa. Un altro studio condotto da Flausino e colleghi (2012) su 18 giovani uomini di età media intorno ai 27 anni si allinea a quanto trovato da Stutz et al. (2019). Infatti, i ricercatori hanno monitorato il sonno dei partecipanti per 5 giorni non consecutivi attraverso attigrafia e polisonnografia e hanno raccolto anche le percezioni soggettive mediante il diario del sonno e questionari. Flausino e colleghi (2012) hanno notato cambiamenti includono una maggiore percentuale di efficienza del sonno, una maggiore latenza del sonno REM, meno tempo di veglia dopo l'inizio del sonno e una diminuzione della percentuale di sonno N-1. Allo stesso modo, la temperatura corporea aumenta e i cambiamenti metabolici indotti dalle diverse intensità e durate dell'esercizio non hanno alterato negativamente i parametri del sonno.

Un altro aspetto importante da osservare è se la relazione tra sonno e attività fisica differisce tra giorni feriali e festivi. In effetti, come già sottolineato in precedenza, i giovani e in particolare gli adolescenti, tendono a dormire di più nei giorni festivi rispetto ai feriali (Moore & Meltzer, 2008). Si può dunque supporre che, alla luce di questo dato, la relazione tra sonno e attività fisica possa essere moderata anche dalla tipologia di giorno. Mead e colleghi (2019) non hanno trovato un'influenza significativa tra attività fisica e sonno nella notte immediatamente successiva. Inoltre, i ricercatori hanno trovato che, quando i partecipanti di età media di circa 19 anni dormivano di più rispetto alla loro media, facevano meno passi, consumavano meno calorie ed erano meno attivi il giorno successivo. Essi però hanno rifiutato l'ipotesi che il giorno potesse essere una variabile moderatrice della relazione tra sonno e attività fisica. I dati, infatti, non hanno evidenziato interazioni significative. Mead e colleghi (2019) suppongono che i programmi dei partecipanti potessero non differire significativamente tra giorni feriali e festivi.

Infine, Bartel e colleghi (2015) sottolineano che anche la durata e l'intensità dell'esercizio possono influenzare gli effetti dell'esercizio sul sonno dei più giovani. Foti e colleghi (2011) hanno preso in esame studenti delle scuole superiori del Nord America e hanno notato che, quando facevano esercizio fisico per più di 60 minuti al giorno, per 4 o più giorni a settimana, avevano maggiori probabilità di dormire a sufficienza rispetto agli coloro che non si allenavano. Inoltre, i partecipanti che hanno completato un minimo di 20 minuti di esercizio vigoroso per almeno 5 giorni a settimana avevano anche maggiori probabilità di raggiungere un sonno di durata sufficiente rispetto ai coetanei che invece non si allenavano. Le analisi dei ricercatori non hanno messo in luce alcuna associazione significativa tra attività fisica vigorosa e sonno sufficiente. Sembra che l'intensità dell'attività non peggiori o migliori la quantità di sonno. Una spiegazione potrebbe essere che la relazione sia moderata dall'ora del giorno in cui viene svolta l'attività, come già discusso in precedenza. Inoltre, gli autori ipotizzano che la frequenza e la durata dell'attività fisica possono essere più importanti dell'intensità nel favorire il sonno. Uno studio precedente di Brand e colleghi (2010a) aveva concluso che l'esercizio fisico regolare, sebbene non necessariamente vigoroso, è correlato al miglioramento dei modelli di sonno oggettivi e al migliore funzionamento psicologico. Il campione analizzato era composto da 38 adolescenti di età media intorno ai 19 anni, divisi in due gruppi: il primo svolgeva 8,5 ore a settimana di esercizio, il secondo solo 2. I ricercatori hanno analizzato i cambiamenti del sonno oggettivamente tramite l'EEG, soggettivamente grazie ai questionari compilati dai partecipanti. Dai risultati è emerso che, rispetto a chi faceva poco esercizio, chi faceva 8,5 ore di esercizio ogni settimana aveva più sonno a onde lente e meno sonno leggero e sonno REM, punteggi più alti per il coping positivo e punteggi più bassi per i sintomi depressivi. Infine, uno studio di Hurdiel e colleghi (2017) ha mostrato che la pratica regolare di attività fisiche per 12 settimane tra le studentesse sedentarie migliorerebbe il loro sonno. Le partecipanti sono state divise in due gruppi, uno sperimentale e uno di controllo. I dati sul sonno sono stati registrati prima e dopo l'intervento tramite attigrafia, l'intensità fisica invece è stata controllata attraverso il cardiofrequenzimetro. Le ragazze, di età compresa tra i 18 e i 24 anni, hanno risposto a un questionario sulla qualità del sonno prima, durante e dopo l'intervento. Il punteggio alla scala somministrata era migliorato solo nel gruppo sperimentale.

Riassumendo, potrebbe essere presente una relazione bidirezionale tra sonno e attività fisica. I dati in letteratura sembrano contraddittori, soprattutto se si opera un confronto tra le ricerche condotte su una popolazione più adulta e anziana e quelle che invece hanno analizzato adolescenti e giovani adulti. Bisogna considerare che il sonno di adolescenti e giovani adulti subirebbe dei cambiamenti dovuti a fattori biologici ed estrinseci. L'età potrebbe essere una delle moderatrici della

relazione tra attività fisica e sonno, oltre al momento della giornata in cui viene svolta l'attività fisica, l'intensità e la durata.

1.2 Sonno e prestazione sportiva

Kellman e colleghi (2018) sostengono che “recupero” è un termine ombrello che viene solitamente utilizzato per riferirsi alla rigenerazione, intesa come aspetto fisiologico del recupero che segue l'affaticamento fisico indotto dall'allenamento o dalla competizione (Kellman, 2002), oppure all'insieme di strategie di recupero psicologico volte a compensare l'affaticamento mentale. Il recupero consentirebbe dunque un corretto ripristino dell'equilibrio allostatico dell'organismo, riportandolo dunque a una condizione di omeostasi. Sulla base di un monitoraggio sistematico e completo dei carichi di allenamento e competizione, è possibile progettare interventi personalizzati volti a mettere l'atleta nelle condizioni di potersi esprimere al massimo. Il sonno rientra tra le strategie di rigenerazione, assieme alle immersioni in acqua fredda (Nedelec et al., 2012). All'interno di questo paragrafo non verranno trattati nello specifico altri metodi di recupero come la crioterapia, il recupero attivo, lo stretching e altri. L'interesse principale è quello di analizzare il sonno come strategia di recupero, poiché esso riveste una funzione importante per la performance fisica e cognitiva degli atleti.

La qualità e la quantità di sonno possono avere un forte impatto sulla prestazione sportiva. Infatti, molti atleti e tecnici sono consapevoli del fatto che il recupero e il riposo sono parte integrante del processo di preparazione alla performance sportiva. Il problema è che si è notato che, pur riconoscendone l'importanza, molti atleti non dormono a sufficienza e bene. Venter (2014) ha condotto una ricerca volta a indagare l'effettiva consapevolezza dell'importanza della fase di recupero e delle diverse modalità che possono essere utilizzate per ottenerlo. La ricercatrice ha coinvolto 890 atleti e atlete di differenti sport di squadra, come rugby o calcio, che nel momento in cui è stata fatta la ricerca militavano nei massimi campionati nazionali e internazionali della propria disciplina sportiva. Tutti gli atleti hanno indicato come massivamente importanti alcuni metodi per un corretto recupero, ovvero il sonno, la reidratazione e la socializzazione con gli amici. Gli uomini hanno manifestato una preferenza anche per l'utilizzo di integratori alimentari e bagni di ghiaccio.

Tavares e colleghi (2017) hanno notato che giocatori élite di rugby tendevano a utilizzare più strategie di recupero in contemporanea, a differenza del gruppo amatoriale. Inoltre, gli atleti élite mettevano in atto queste strategie un numero maggiore di volte durante la settimana rispetto agli atleti non élite. Nonostante ciò, non si è riscontrata alcuna differenza di punteggi nella percezione

dell'importanza del recupero tra i due gruppi. I dati raccolti possono essere spiegati in diversi modi: i ricercatori ipotizzano infatti che i giocatori dilettanti potrebbero non avere accesso a tutte le modalità di recupero elencate, oppure potrebbero non comprendere l'effetto che specifiche modalità di recupero possono avere nel recupero generale forse a causa di una minore esperienza nell'utilizzo di queste tecniche e, infine, i dilettanti potrebbero non essere esposti alla stessa quantità di carico di allenamento e collisioni e quindi non sentire la necessità di utilizzare le stesse modalità di recupero. I livelli di affaticamento degli atleti dilettanti potrebbero essere complessivamente minori e influenzare l'uso e la percezione di efficacia delle singole modalità di recupero sul recupero generale. In sostanza, quando il carico di allenamento è inferiore è più facile che consenta il recupero naturale. Osservando i dati si nota come 30 su 32 atleti élite hanno familiarità con il sonno aggiuntivo, contro i 20 su 26 dilettanti. Inoltre, i punteggi espressi su scala Likert di efficacia percepita di questa strategia sono significativamente più alti tra gli atleti élite rispetto ai dilettanti. Infine, solo il 66% degli atleti élite e il 31% dei dilettanti implementa questa modalità di recupero. Le percentuali sono decisamente più basse rispetto a bagni freddi, stretching, recupero attivo e in piscina. Questa differenza potrebbe essere spiegata dalla mancanza di tempo per dormire a cui sono spesso sottoposti gli atleti e quindi a una difficoltà nell'implementare nella routine quotidiana questa strategia. Un'altra possibile spiegazione potrebbe essere la mancata conoscenza, da parte di entrambi i gruppi, delle reali potenzialità del sonno aggiuntivo nel recupero generale. Esso infatti viene spesso sottovalutato.

Nel calcio, così come già visto nella ricerca precedente nel rugby, i giocatori di tutti i livelli possono essere esposti a un carico di lavoro elevato. Questo a volte fa sì che, ad esempio, i giocatori debbano giocare tre partite in sette giorni, aumentando la necessità di utilizzare strategie di recupero efficaci. Pertanto, non è raro che gli allenatori prescrivano una grande varietà di modalità per favorire un completo recupero in breve tempo, come massaggi, applicazioni a freddo, stretching, in modo tale che i giocatori siano subito disponibili per la partita successiva. Il calcio comporta molte attività fisicamente impegnative come lo sprint, i cambi di direzione e i contrasti tra giocatori, nonché azioni tecniche come dribbling, tiri e passaggi. Queste attività portano a un affaticamento post-partita legato a una combinazione di disidratazione, esaurimento del glicogeno, danni muscolari e affaticamento mentale (Nedelec et al., 2012). Infatti, la ripetizione di cambi di direzione, accelerazioni e decelerazioni durante una partita di calcio induce danni muscolari che portano a una marcata risposta infiammatoria e ad un associato stress ossidativo sovraregolato durante il recupero. I ricercatori sottolineano anche che il tempo di recupero è influenzato da diversi fattori, come l'entità della fatica indotta dalla partita, i fattori estrinseci (il risultato della partita, la qualità dell'avversario, il luogo della partita, la superficie di gioco) e/o i fattori intrinseci (cioè lo stato dell'allenamento, l'età, il sesso, la tipologia delle fibre muscolari). In uno studio successivo Nedelec e colleghi (2015) hanno

evidenziato che la privazione del sonno può influenzare la risintesi del glicogeno, il danno muscolare indotto dall'esercizio, il rischio di lesioni e l'affaticamento mentale. Alla luce di queste osservazioni Haller e colleghi (2022) hanno fatto una revisione narrativa in cui hanno discusso le strategie di recupero più efficaci per i giocatori di calcio di qualsiasi livello. I ricercatori annoverano la gestione del sonno tra le strategie a evidenza moderata ed evidenziano come per i calciatori sia problematico mantenere un'adeguata quantità e una buona qualità del sonno. Essi sostengono anche che gli interventi di promozione dell'igiene siano fondamentali, ma che a volte non siano sufficienti. Una buona soluzione potrebbe essere fare un sonnello diurno di circa 30 minuti, anche se può portare a un sonno inappropriato durante la notte successiva (Nedelec et al., 2015).

Nonostante un numero crescente di studi che dimostrano una relazione positiva tra sonno e prestazioni ottimali, gli atleti spesso hanno una bassa qualità e quantità del sonno (Simpson et al., 2017). La quantità di sonno può essere definita operativamente come la somma di tutto il sonno durante un giorno di 24 ore, compreso il sonno notturno e diurno (Mollicone et al., 2007). I dati sulla quantità di ore consigliata di ore di sonno per gli atleti sono piuttosto contrastanti. Ad esempio, *National Sleep Foundation* consiglia per gli adolescenti 8-10 ore di sonno, per i giovani adulti e adulti 7-8 ore (Hirshkowitz et al., 2015). Tuttavia, molti studi hanno riscontrato che gli atleti dormono meno di 7 ore a notte. Leeder e colleghi (2012) hanno quantificato il sonno di 47 atleti olimpici di diverse discipline attraverso l'attigrafia. Il monitoraggio è stato effettuato durante una fase in cui gli atleti non stavano preparando alcuna competizione. In base alle misurazioni svolte, il gruppo degli atleti dormiva in media 6 ore e 55 minuti e, rispetto al gruppo di controllo composto da soggetti in buona salute ma non atleti, impiegava più tempo per addormentarsi. Inoltre, dal punto di vista qualitativo, gli atleti mostravano una minore efficienza del sonno, che si mostrava anche maggiormente frammentato. I ricercatori hanno concluso che gli atleti non solo dormivano meno ma anche peggio. Lastella e colleghi (2015) hanno svolto un'indagine su 124 atleti australiani élite di età media intorno ai 22 anni che svolgevano sport individuali e di squadra. Gli atleti sono stati studiati durante i periodi lontani dalle competizioni attraverso l'attigrafia e un diario del sonno. Lo studio ha dimostrato come in media gli atleti andavano a letto alle 22:53, si svegliavano alle 07:15, trascorrendo 8,4 ore a letto, delle quali solo 6,8 erano di sonno effettivo. Si tratta di un tempo inferiore rispetto alle raccomandazioni riportate in precedenza. Inoltre, è interessante osservare che ci sono anche delle differenze legate agli specifici sport. In particolare, in base a questa ricerca gli atleti di sport individuali come nuoto, ciclismo e triathlon dormono meno rispetto ad atleti di sport di squadra. Gli atleti degli sport individuali sono andati a letto prima, si sono svegliati prima e hanno dormito in media 6,5 ore contro le 7 ore degli atleti di sport di squadra. In termini di qualità, gli atleti di sport individuali mostravano una minore efficienza del sonno e un maggior numero di movimenti durante

la notte. Risultati simili sono stati trovati anche da Sargent e colleghi (2021) che hanno analizzato un campione di 175 atleti élite di dodici sport diversi, sia individuali che di squadra. Gli atleti erano di entrambi i sessi, con età media di 22 anni per i maschi e 24 per le femmine. Gli atleti sono stati monitorati per 4 giorni con l'attigrafo e tramite misure soggettive come il diario del sonno e i questionari. I risultati hanno mostrato che gli atleti riferivano di aver bisogno di 8,3 ore di sonno per sentirsi riposati, anche se dormivano in media 6-7 ore a notte. Inoltre, gli atleti che dormivano di più si addormentano tra le 22:00 e le 22:30 o si svegliavano tra le 09:00 e le 09:30. Gli atleti coinvolti negli sport di squadra dormono significativamente di più rispetto a quelli che fanno sport individuali e le atlete hanno un tempo di insorgenza abituale del sonno più precoce rispetto agli atleti maschi.

Per quanto riguarda la qualità del sonno vanno considerati numerosi indicatori. Il problema della definizione della qualità del sonno e di come misurarla è stato evidenziato da Claudino e colleghi in una review del 2018. I ricercatori sottolineano che è difficile determinare i parametri che meglio possono aiutare a distinguere un sonno ristoratore da uno che invece non ha aiutato l'atleta a recuperare in modo soddisfacente. Claudino e colleghi (2018) sostengono che la qualità del sonno è una variabile complessa la cui definizione e caratterizzazione dipende da alcuni parametri legati all'architettura del sonno, come l'efficacia del sonno, la latenza e la durata della veglia. Inoltre, i ricercatori sostengono che è importante valutare anche misure soggettive, come la percezione da parte degli atleti della propria qualità del sonno e il livello di sonnolenza. Quando si desidera indagare il sonno degli atleti è opportuno considerare l'utilizzo non solo dell'attigrafia ma anche di questionari e scale volte a indagare la percezione soggettiva degli atleti. Hamlin e colleghi (2021) fanno notare che l'uso di misure oggettive come la polisonnografia o l'attigrafia può essere invadente e richiedere personale specializzato, oltre che scomodo, costoso e poco pratico quando un gran numero di atleti è coinvolto in studi longitudinali. Tuttavia, negli ultimi anni si è diffuso l'uso di dispositivi indossabili sia nei setting clinici che di ricerca per acquisire informazioni sul sonno (De Zambotti et al., 2019). Si tratta di strumenti come braccialetti e smartwatch in grado di funzionare 24 ore su 24, facili da indossare, comodi ed economici. Carter e colleghi (2020) evidenziano che è importante tenere presente che il sonno auto-riferito tende ad essere superiore rispetto a quello oggettivo misurato tramite l'attigrafia. Mah e colleghi (2011), ad esempio, avevano riscontrato che un campione di 11 giocatori di basket aveva sopravvalutato il sonno auto-riferito di quasi 70 minuti rispetto all'attigrafia. È interessante osservare che la discrepanza non si limita alla quantità ma è presente anche tra la qualità oggettiva e soggettiva del sonno, ed è stata osservata sia su popolazioni sane che cliniche. La qualità oggettiva del sonno viene valutata attraverso gli effetti di determinate caratteristiche oggettive del sonno su aspetti misurabili del benessere fisico e psicologico (Cerasuolo et al., 2019). In particolare, Cerasuolo e colleghi (2019) sostengono che la percezione del sonno disturbato in presenza di

parametri ipnici nella norma potrebbe essere dovuta a una definizione insufficiente di qualità oggettiva del sonno, oppure a una valutazione retrospettiva del sonno da parte del soggetto, che tiene conto maggiormente della qualità percepita della veglia successiva. Esistono diversi parametri attigrafici che vengono tenuti in considerazione dai ricercatori per comprendere se l'atleta ha una buona qualità del sonno o meno. In particolare, è importante ricordare il tempo totale di sonno (TST), che corrisponde alla percentuale di sonno effettivo in un certo periodo di sonno, l'efficienza del sonno (SE), ovvero la percentuale di tempo trascorso a letto dormendo, e la latenza del sonno (SL) ovvero periodo di tempo che intercorre tra il momento in cui la persona va a letto e quello in cui si addormenta. Una rassegna di Ohayon e colleghi (2017), che prende in considerazione la popolazione generale, ha proposto una serie di criteri utili a definire una buona qualità del sonno. Gli autori sostengono che per tutte le fasce d'età è importante che la SL non superi i 15 minuti, i risvegli superiori ai 5 minuti non siano più di uno, ad eccezione della popolazione anziana che può arrivare a due, una SE non inferiore all'85% e una durata complessiva di veglia infra-sonno (WASO) non superiore ai 20 minuti. Inoltre, il sonno REM deve costituire non più del 41% del TST. Infine, la percentuale di sonno profondo (SWS) rispetto al TST non deve essere inferiore al 5%.

La qualità del sonno è importante poiché è in relazione con diversi aspetti determinanti per la prestazione degli atleti. Uno studio di Andrade e colleghi (2016) ha cercato di indagare la relazione che intercorre tra qualità del sonno, tono dell'umore e risultati di 277 atleti e atlete élite di età media di 19 anni che partecipano ai massimi campionati di pallavolo brasiliani. La raccolta dei dati è stata effettuata circa mezz'ora prima dell'inizio delle partite attraverso una serie di domande in cui gli atleti valutavano la qualità del proprio sonno attraverso una scala Likert e il loro tono dell'umore attraverso la *Brunel Mood Scale* (Terry et al., 2003). L'umore è stato operazionalizzato e misurato come un costrutto composto da sei stati: tensione, depressione, rabbia, confusione, vigore e affaticamento. L'ultimo aspetto valutato è stato il risultato finale della partita. Andrade e colleghi (2016) hanno trovato che il 70% degli intervistati riferiva una buona qualità del sonno. Questo dato è contrario rispetto a quanto riscontrato in altri studi, in cui gli atleti di diverse discipline sportive riferivano un sonno insufficiente e/o di scarsa qualità anche quando non si trovavano in prossimità di una competizione (Leeder et al., 2012; Lastella et al., 2015). Poussel e colleghi (2014) hanno riscontrato che il 41% degli atleti élite coinvolti nello studio e di età media intorno ai 16 anni aveva valutato soggettivamente la propria qualità del sonno come scarsa o appena sufficiente. Inoltre, la scarsa qualità del sonno è stata correlata a scarso rendimento scolastico. Andrade e colleghi (2016) hanno trovato che ad ogni punto di aumento del livello di confusione, c'era una riduzione del 19,7% della qualità del sonno, che può influenzare negativamente le prestazioni dell'atleta e interferire con il raggiungimento del risultato desiderato. Gli atleti che riferivano di aver dormito bene e che hanno

vinto le loro partite avevano livelli di tensione più bassi. I dati sono in linea con quanto riscontrato da Lastella e colleghi (2014a), che hanno valutato 103 maratoneti e hanno scoperto che gli atleti con una migliore qualità e una durata del sonno più lunga prima della competizione mostravano meno affaticamento e tensione. Di conseguenza, gli atleti che avevano dormito poco e male percepivano durante la gara un maggiore affaticamento e tensione. Infine, un recente studio di Hamlin e colleghi (2021) ha cercato di valutare se la qualità e la quantità del sonno potesse influenzare anche la qualità percepita dell'allenamento. Il campione analizzato era composto da 82 studenti-atleti di età compresa tra i 18 e i 23 anni. Questi atleti svolgevano sia sport di squadra come rugby o cricket sia individuali come nuoto e atletica leggera. Tutti gli atleti avevano ricevuto una borsa di studio sportiva dall'università di appartenenza, che forniva loro anche piani di allenamento personalizzati, così come consulenze nutrizionali e psicologiche con esperti. Gli atleti svolgevano abitualmente tre sessioni di allenamento, una di abilità sport-specifiche e una partita o competizione. Gli atleti hanno registrato le informazioni sull'allenamento quotidiano, inclusi tipo, durata e intensità, in modo tale da poter calcolare il carico complessivo. Le misure soggettive sono state registrate tramite un'applicazione per il telefono: le domande sono state formulate dagli autori dello studio sulla base dei modelli di studi precedenti. Gli atleti hanno anche registrato la durata del sonno percepita in ore e minuti rispetto alla notte precedente. L'app del telefono ha anche consentito loro di inserire descrittori di eventuali malattie o infortuni. Hamlin e colleghi (2021) hanno scelto di utilizzare solo misure soggettive per la valutazione del sonno. I risultati mostrano che gli atleti e le atlete dormivano in media 8,2 ore a notte, rispettando dunque le raccomandazioni sulla quantità del sonno riportate in precedenza. La qualità del sonno era complessivamente buona. Inoltre, i dati non sono mutati in maniera significativa nel momento in cui, dopo un periodo trascorso in casa a causa della pandemia da COVID-19, gli studenti-atleti sono rientrati all'università. Tuttavia, gli studenti riferivano di dormire meno e qualitativamente peggio all'inizio dell'anno accademico. Non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra maschi e femmine: l'unico aspetto differente è che le atlete dormivano più a lungo il lunedì e il sabato. I risultati principali di questo studio hanno mostrato che una maggiore durata del sonno (≥ 8 h/notte) e una migliore qualità del sonno (Likert ≥ 3) erano positivamente associati a indicatori soggettivi dell'umore e dei livelli di energia. Inoltre, una maggiore quantità o una migliore qualità del sonno ha ridotto il rischio di infortuni e malattie. Infine, un miglioramento del tono dell'umore, una maggiore durata del sonno e livelli di energia più elevati sono stati associati a una migliore qualità del sonno.

1.2.1 Fattori che influenzano il sonno degli atleti

Simpson e colleghi (2017) hanno delineato come potenziali fattori responsabili della diminuzione della quantità e di un peggioramento della qualità del sonno i programmi e i tempi di allenamento, i lunghi viaggi verso le aree di competizione, il jet lag e l'ansia pre-gara. In una review Walsh e colleghi (2021) hanno indicato due grandi categorie di fattori che possono influenzare negativamente il sonno degli atleti, portandoli, in casi più estremi, a sviluppare disturbi del sonno. La prima categoria è costituita dai fattori prettamente sportivi. In essa rientrano gli alti carichi di allenamento, gli allenamenti al mattino presto, la notte prima della competizione e quella della gara, i viaggi lunghi e l'ambiente non familiare in cui l'atleta può trovarsi a dormire. La seconda invece è costituita dai fattori non relati allo sport ovvero gli impegni familiari, scolastici o lavorativi, le caratteristiche individuali (età, genere etc.), bisogni e pressioni sociali, attitudini e convinzioni e scelte legate allo stile di vita (dieta, consumo di caffeina, alcolici etc.). Risulta importante prestare attenzione a ciascuno di questi fattori, a partire da quelli specifici per lo sport.

1.2.1.1 Fattori sportivi

Come accennato in precedenza, gli atleti hanno bisogno di una rigorosa programmazione di tutti gli aspetti della vita quotidiana, a partire dai tempi di allenamento e di recupero. Ogni atleta va considerato come unico, di conseguenza necessita di un programma personalizzato per prepararsi ed esprimersi al meglio durante le competizioni. Sargent e colleghi (2014) hanno condotto uno studio in cui valutavano l'impatto del programma di allenamenti sulla qualità e quantità del sonno di 70 atleti di sette diversi sport. I ricercatori hanno monitorato gli atleti per due settimane attraverso l'attigrafia e il diario del sonno. Prima di ogni seduta di allenamento i partecipanti dovevano indicare il loro livello di fatica percepita su una scala Likert da 1 a 7. I ricercatori hanno riscontrato che la maggior parte degli atleti iniziava ad allenarsi al mattino tra le 05:00 e le 09:00. Alcuni atleti si allenavano due volte al giorno, mattina e pomeriggio. Un primo dato importante è che il comportamento sonno/veglia dei partecipanti cambiava in relazione ai giorni di allenamento e a quelli di recupero. Infatti, la notte prima delle sessioni di training gli atleti dormivano meno, trascorrevano meno tempo a letto, si addormentavano e si alzavano al mattino prima. L'efficienza del sonno invece era simile. Inoltre, una quantità di sonno minore era associata a valori di percezione della fatica significativamente maggiori prima degli allenamenti. Infine, il dato più interessante della ricerca è che allenarsi al mattino presto riduce la quantità di sonno degli atleti e aumenta il livello di affaticamento percepito in fase pre-training. I ricercatori hanno trovato che per ogni ora in cui l'inizio dell'allenamento è stato anticipato dalle 08:00 fino alle 05:00, la durata del sonno è stata ridotta di 6 minuti (07:00), 48 minuti (06:00) e

102 minuti (05:00). Entro la fine di una settimana di allenamento, cinque giorni consecutivi di inizio delle sessioni di allenamento alla mattina presto (05:00) rispetto a cinque giorni consecutivi di inizio successivo (cioè 08:00 h) potrebbero portare l'atleta ad accumulare un debito di sonno di circa 8 ore e 30 minuti. In sostanza, considerando che la *National Sleep Foundation* consiglia 7-9 ore di sonno a notte, è come se l'atleta subisse una privazione del sonno di una notte. I ricercatori analizzano anche le eventuali soluzioni per questo problema, a cominciare dall'anticipo dell'orario in cui gli atleti dovrebbero andare a dormire. Questo risulta problematico per due motivi: il primo riguarda l'aspetto dello stile di vita, il secondo è di tipo fisiologico. Alcuni studi hanno mostrato che la sera molte persone, soprattutto adulti, hanno impegni familiari e/o sociali che impediscono loro di andare a dormire prima (Folkard & Burton. 1993; Tucker et al., 1998). Bisogna considerare però che questa ipotesi è da verificare, poiché gli studi citati si sono concentrati sulla popolazione di lavoratori turnisti non su atleti. I risultati non possono dunque essere generalizzati ad atleti adolescenti che devono conciliare gli impegni sportivi con quelli scolastici, studenti-atleti universitari e nemmeno ad atleti adulti professionisti o che non svolgono lavori su turni. Mah e colleghi (2011), ad esempio, hanno notato che alcuni studenti che giocavano a basket hanno avuto difficoltà a rispettare il tempo trascorso a letto, forse a causa di richieste contrastanti come le responsabilità accademiche. La seconda motivazione trovata da Sargent e colleghi (2014) è che ci sarebbe una cosiddetta "zona proibita per dormire" (Lavie, 1986), un periodo di maggiore eccitazione mediato dai ritmi circadiani del corpo: la propensione al sonno tra le 20:00 e le 22:00 sarebbe ridotta, rendendo difficile l'addormentamento. La propensione al sonno è massima dalle 00:00 alle 07:00, con un picco secondario a metà pomeriggio. Di conseguenza, andare a letto la sera prima di una sessione di allenamento mattutina non garantisce necessariamente che la durata del sonno sia preservata, poiché alcuni atleti potrebbero avere difficoltà ad addormentarsi a causa di questa zona proibita per dormire (Folkard & Barton, 1993). Infine, Merfeld e colleghi (2022) di recente hanno studiato l'impatto delle sessioni di allenamento mattutine sul tempo totale di sonno negli atleti e atlete di un college americano. Il campione era composto da nove maschi praticanti il basket e nove pallavoliste. Il campione è stato monitorato per 14 giorni tramite attigrafia e questionari. I risultati mostrano, in linea con la ricerca di Sargent e colleghi (2014), punteggi attribuiti allo stato di recupero significativamente inferiori nei giorni di allenamento. La dimensione dell'effetto è maggiore per gli uomini, che riferiscono anche punteggi d'ansia maggiori la sera prima di un allenamento rispetto a quelli delle donne e a quelli registrati nei giorni in cui non si allenavano. In generale, gli atleti di entrambi i sessi hanno sperimentato riduzioni significative del tempo di sonno totale (TST) nelle notti precedenti le sessioni di allenamento mattutine. La mancanza di sonno potrebbe aver compromesso la capacità degli atleti di riprendersi adeguatamente e di sentirsi preparati ad allenarsi il giorno successivo. È

anche possibile che le valutazioni più alte dell'ansia la sera prima delle sessioni di allenamento mattutine abbiano compromesso il recupero.

Oltre agli allenamenti mattutini, anche gli elevati carichi di allenamento possono avere un impatto sulla performance dell'atleta e sul sonno. Aloulou e colleghi (2021), ad esempio, hanno studiato 128 atleti adolescenti di nove diverse discipline per comprendere l'impatto dei carichi di allenamento degli specifici sport e delle caratteristiche personali degli atleti sul sonno. In particolare, utilizzando l'attigrafia e il diario del sonno, i ricercatori hanno scoperto che un carico di allenamento giornaliero più elevato ha indotto gli atleti ad andare a dormire prima, una riduzione del tempo di sonno totale e un peggioramento della qualità del sonno percepita, con una maggiore frammentazione del sonno. Inoltre, è stato riscontrato che le atlete hanno sperimentato un aumento del tempo di sonno totale e una peggiore qualità del sonno in risposta allo stress rispetto a quelle dei maschi. Infine, i nuotatori manifestavano il sonno più frammentato, maggiori carichi di allenamento ed erano più affaticati rispetto agli atleti delle altre discipline. Dumontier e colleghi (2018) hanno invece studiato l'impatto del sonno come tecnica per un efficace recupero: i ricercatori hanno quindi messo in relazione il sonno con la performance di giovani ginnaste e i carichi di allenamento a cui erano sottoposte. In particolare, le 26 atlete sono state divise in base alla fascia d'età: le ginnaste più piccole avevano meno di 13 anni, le più grandi oltre i 16 e partecipavano ai Campionati del Mondo. Le performance delle ginnaste senior venivano valutate direttamente dagli allenatori e della posizione nel ranking di qualificazione. In linea con ricerche precedenti, il TST era minore per tutte le fasce d'età durante la settimana di allenamenti rispetto ai fine settimana: esso, insieme all'efficienza del sonno (SE) era maggiore nelle atlete più giovani. Il carico di allenamento (TL) era più basso per le senior e le under 13 rispetto alle junior. Le atlete che dovevano partecipare ai Campionati Mondiali avevano un TST minore la notte prima delle qualificazioni rispetto alla media registrata nel periodo di preparazione all'evento. Inoltre, i ricercatori hanno trovato che un TL più alto era correlato a un peggiore posizionamento nel ranking di qualificazione e a una valutazione negativa da parte degli allenatori. In conclusione, i ricercatori hanno trovato un'associazione nelle ginnaste d'élite tra TST minore, TL più alto e una prestazione peggiore. Questo dato è significativo poiché rendono evidente come sia importante per gli atleti un corretto bilanciamento tra stress e recupero affinché essi si possano esprimere al meglio delle loro possibilità.

I periodi di allenamento intensivo hanno lo scopo di imporre uno stress che conduca l'atleta a mettere in atto degli adattamenti fisiologici necessari al miglioramento della propria prestazione (Walsh et al., 2021). Questo può portare a un iniziale decremento delle prestazioni a breve termine che, una volta superato grazie ai giusti adattamenti, porterà a un miglioramento delle prestazioni

(Meeusen et al., 2013). Il carico di allenamento deve essere ponderato e individualizzato (Weinberg & Gould, 2014). Infatti, un aumento del carico può indurre il corpo a mettere in atto un adattamento e a un miglioramento della prestazione, ma anche avere esito negativo con un decremento della performance. Infatti, quando gli atleti non riescono a stabilire un corretto equilibrio tra stress e recupero può verificarsi un *overreaching* non funzionale. L'*overreaching* viene definito da Meeusen e colleghi (2013) come “un accumulo di stress da allenamento e/o non allenamento con conseguente diminuzione a breve termine della capacità di prestazione con o senza segni e sintomi fisiologici e psicologici correlati di disadattamento, in cui il ripristino della capacità di prestazione può richiedere da diversi giorni a diverse settimane” (p. 187). I ricercatori distinguono l'*overreaching* dall'*overtraining*, che invece viene definito come “un accumulo di stress da allenamento e/o non allenamento con conseguente diminuzione a lungo termine della capacità di prestazione con o senza segni e sintomi fisiologici e psicologici correlati di disadattamento in cui il ripristino della capacità di prestazione può richiedere diverse settimane o mesi” (p. 187). La differenza, come si può notare, è basata sulla variabile temporale ma non è condivisa da tutti i ricercatori. Ad esempio, Weinberg e Gould (2014) sostengono l'esistenza solamente dell'*overtraining*. In letteratura mancano anche dei criteri definitivi e condivisi per la diagnosi dell'*overtraining*, che rimane tuttora poco studiata. Tuttavia, ci sono degli indicatori chiaramente riconoscibili che possono indurre un sospetto di *overtraining*. Tra questi quello più evidente è un calo inspiegabile delle prestazioni: l'atleta è in grado di iniziare una normale sequenza di allenamento o una gara mantenendo i ritmi a cui è abituato, ma non è in grado di completare il carico di allenamento assegnato o di gareggiare come al solito (Meeusen et al., 2013). Non si tratta solo di un problema a livello di prestazione, poiché l'*overtraining* influenza la vita quotidiana e il benessere dell'atleta in modo invasivo. Si è riscontrato infatti che i disturbi del sonno vengono spesso segnalati come uno dei tanti sintomi di *overreaching* oppure *overtraining* (Meeusen et al., 2013). L'entità di queste alterazioni del sonno però è piuttosto modesta poiché comporta una riduzione dell'efficienza del sonno di circa il 5% e una diminuzione della durata del sonno di circa 30 minuti (Walsh et al., 2021). Campbell e colleghi (2021) hanno condotto un interessante studio coinvolgendo 24 velocisti adolescenti di atletica per comprendere il ruolo del sonno nell'*overtraining*. La scelta del campione non era casuale: i ricercatori spiegano che, come già noto in letteratura, i più giovani hanno bisogno di una maggiore quantità di sonno, ma a causa di diversi fattori, manifestano spesso disturbi del sonno, dormono poco e male. I ricercatori hanno ipotizzato che gli atleti che si sono adattati al programma di allenamento avrebbero manifestato una SE e un TST significativamente migliori rispetto agli atleti che invece non erano riusciti ad adattarsi. Questi ultimi avrebbero manifestato un maggiore livello di affaticamento e un sonno compromesso. Campbell e colleghi (2021) hanno deciso di utilizzare non solo l'attigrafia ma anche questionari, oltre

a rilevare le risposte neuroendocrine e immunologiche. I dati sono stati raccolti in diversi momenti: i ricercatori hanno registrato la SE e il TST degli atleti con gli attigrafi durante una settimana di allenamenti e all'inizio della fase competitiva per un minimo di cinque notti, includendo il fine settimana. Hanno dunque costruito una baseline (T1) attraverso i dati di SE e TST in una normale settimana di preparazione, uniti alla somministrazione del *Profile of Mood State* (POMS) e ai prelievi per le risposte immunologiche e neuroendocrine, rilevati il primo giorno dell'inizio del ciclo di allenamenti. Campbell et al. (2021) hanno raccolto i dati anche dopo 16 settimane di preparazione (T2), 6 settimane prima della gara (T3) e 16 settimane dopo la gara (T4). I ricercatori hanno considerato che un aumento del carico di allenamento, inteso in termini sia di volume che di quantità, avrebbe sottoposto gli atleti a una condizione di *overreaching* e alla necessità di mettere in atto gli opportuni adattamenti psicofisiologici (Meeusen et al., 2013). Il sonno, secondo Campbell et al. (2021), è una componente fondamentale per il recupero mentale e fisico: un eccessivo carico di allenamento unito a un sonno non ristoratore potrebbe aumentare la percezione di affaticamento da parte degli atleti. Inoltre, i ricercatori hanno ipotizzato che potrebbe esserci una correlazione positiva tra le misure della SE e del TST e la prestazione all'inizio della fase di competizione. La correlazione tra il carico di allenamento e la fatica con la prestazione sarebbe invece negativa. Infine, la terza ipotesi è che vi possa essere all'inizio della fase competitiva (T4) un effetto del sonno sull'allenamento moderato dalla percezione di affaticamento. I ricercatori hanno trovato che, nella fase competitiva (T4), gli atleti che si erano meglio adattati mostravano TST ed SE maggiori rispetto ai velocisti che non si erano adattati ai nuovi carichi di allenamento. Inoltre, maggiori volumi di allenamento nelle fasi precedenti erano correlati a un decremento della performance: secondo Campbell e colleghi (2021) questo è dovuto a una minore SE e a una maggiore percezione di affaticamento, che possono portare a un peggioramento delle prestazioni. Il sonno sarebbe dunque un indicatore di *overtraining* durante la fase di competizione. Si tratta di uno studio molto interessante, poiché prende in considerazione atleti adolescenti praticanti una specialità che non rientra tra le prove di resistenza. Tra i limiti da considerare, come si può comprendere, è presente la bassa numerosità campionaria, che rende poco generalizzabili i risultati ottenuti. Inoltre, è importante ricordare che l'*overtraining* è una sindrome piuttosto difficile da diagnosticare, poiché vanno considerati una serie di biomarcatori biologici, psicologici, immunologici etc.

Così come gli allenamenti mattutini anche le competizioni svolte la sera possono compromettere alcuni aspetti rilevanti del sonno degli atleti. O'Donnell e colleghi (2018) hanno studiato dieci atlete di netball di età compresa tra i 23 e i 29 anni, con lo scopo valutare il livello di cortisolo salivare e i marcatori di stress durante la competizione e l'allenamento, determinandone poi i successivi effetti sugli indici di sonno. Le atlete sono state monitorate in tre occasioni: a) Partita di

netball (MATCH); b) Simulazione di una partita (TRAIN); c) Giorno di recupero (CONTROL). I ricercatori hanno prelevato i campioni di saliva prima della partita o della simulazione (17:15), dopo (19:30) e in serata (22:00). Il monitoraggio è stato fatto tramite l'attigrafia da polso, valutando alcuni parametri come il tempo totale trascorso a letto, il tempo totale di sonno (TST), l'efficienza (SE), la latenza, l'ora di inizio del sonno e l'ora di veglia. I livelli di cortisolo erano significativamente più alti immediatamente dopo MATCH rispetto a TRAIN e CONTROL e alle 22:00. C'è stata una riduzione significativa del TST e della SE dopo la competizione rispetto alla condizione TRAIN. Inoltre, rispetto ai giorni di allenamento e di riposo, dopo la competizione sono stati trovati livelli di cortisolo più alti, una quantità di sonno minore e una peggiore qualità del sonno. In una revisione sistematica recente, Roberts e colleghi (2021) affermano che gareggiando in orario serale o notturno gli atleti manifestano un calo del TST e della SE rispetto ai livelli della notte prima della competizione e quella immediatamente successiva. Vitale e colleghi (2019a) hanno valutato 24 atleti e atlete di pallavolo élite di età media intorno ai 26 anni, con lo scopo di indagare la qualità del sonno e il recupero percepito prima e dopo una partita svolta la sera. I ricercatori hanno utilizzato scale di valutazione soggettiva e l'attigrafia. In particolare, hanno ipotizzato che ci potesse essere una peggiore qualità del sonno e un minore recupero percepito nelle notti immediatamente prima (PRE) e dopo la partita (POST 1) rispetto a quelli registrati nella seconda notte dopo la gara (POST 2). I dati raccolti con gli attigrafi mostrano che la notte successiva alla partita il volume del sonno, il TST e il tempo trascorso a letto erano inferiori rispetto alle altre due condizioni. Nella POST 1, inoltre, sono stati registrati maggiori movimenti durante il sonno, mentre l'indice di frammentazione era significativamente più basso, così come il tempo trascorso. La SE era maggiore nella POST 2. Per quanto riguarda invece le misure soggettive, gli atleti hanno percepito un minore recupero nella fase POST 1 rispetto a PRE e POST 2. I ricercatori hanno dunque riscontrato una quantità minore e un peggioramento nella qualità del sonno la notte immediatamente successiva alla competizione sia tramite le misure attigrafiche che soggettive. Contrariamente alle aspettative, i parametri registrati nella fase PRE e POST 2 sono decisamente migliori rispetto a quelli della POST 1, ad eccezione della SE. I ricercatori ritengono dunque che gli atleti non manifestino un sonno peggiore nella fase precompetitiva a causa dell'ansia o di un tono dell'umore alterato. Lastella e colleghi (2019) hanno trovato dati simili studiando un piccolo campione di calciatori australiani. In questa ricerca si nota come i giocatori abbiano ottenuto la maggior quantità di sonno la notte immediatamente prima della competizione rispetto a qualsiasi altro giorno, compresi i giorni di riposo. I ricercatori spiegano questo dato con il fatto che la maggior parte delle volte i calciatori giocavano la sera o al pomeriggio, avendo a disposizione più ore per dormire al mattino. Questo dato è contrario all'insieme di fattori specifici dello sport che Walsh e colleghi (2021) hanno individuato come potenzialmente disturbanti il sonno

degli atleti. Infatti, gli autori hanno annoverato tra questi anche la notte prima della gara. Sono presenti diversi studi che hanno trovato dati contrari a quelli di Vitale et al. (2019a) e Lastella et al. (2019). Ad esempio, Lastella e colleghi (2014a), studiando 21 ciclisti, hanno trovato una durata del sonno significativamente minore la notte prima della corsa rispetto al basale, misurato tramite un monitoraggio attigrafico di 11 giorni. In questo caso il dato può essere spiegato dal fatto che i ciclisti hanno iniziato la competizione molto presto al mattino. I risultati, dunque, sarebbero simili a quelli ottenuti dagli studi che si sono focalizzati sugli effetti dell'allenamento mattutino sul sonno degli atleti (Sargent et al., 2014; Merfeld et al., 2022). Bisogna evidenziare che un limite dal punto di vista metodologico dello studio di Vitale e colleghi (2019), rispetto a quello di Lastella et al. (2014), è che non è stata misurata una baseline. La motivazione, fornita direttamente dagli autori, è la differenza nelle abitudini e nelle routine nel periodo pre e post competizione rispetto a una settimana di allenamenti quotidiani. Dumontier et al., (2018) hanno riscontrato che la sera prima di una competizione le ginnaste tendono a manifestare un TST minore rispetto a quello medio registrato durante il periodo di preparazione. Una recente metanalisi di Miles e colleghi (2022) focalizzata sull'indagine del sonno delle atlete élite ha messo in luce come siano presenti una quantità e una qualità soddisfacenti del sonno durante i periodi lontani dalle competizioni e abituali. Tuttavia, le atlete sperimentano disturbi del sonno prima e dopo le competizioni, evidente nella riduzione del TST. I ricercatori sostengono che questo può essere spiegato da un'eccessiva attivazione prima di dormire dovuta a maggiori livelli di ansia: in questo modo il sonno verrebbe percepito soggettivamente come meno ristoratore. In un altro studio Juliff e colleghi (2015) hanno esaminato un campione di 283 atleti australiani d'élite. Dai due questionari somministrati emerge che il 64% degli atleti riferisce di aver dormito peggio del solito nelle notti prima di una competizione o partita importante negli ultimi 12 mesi. Nel complesso, la maggior parte degli atleti ha indicato di avere problemi ad addormentarsi (82,1%) a causa di pensieri sulla competizione/gioco (83,5%). Gli atleti riferivano, oltre a pensieri sulla competizione, anche importanti livelli di nervosismo. Gran parte degli atleti sosteneva inoltre che questi problemi non interferissero con la prestazione, ma lamentavano spesso un aumento della sonnolenza diurna. Un limite di questo studio è la mancanza di dati oggettivi misurati tramite l'attigrafia: i ricercatori si sono dunque concentrati solo sulle misure soggettive, acquisite tramite questionari. Dati simili sono stati riscontrati in uno studio precedente di Erlacher e colleghi (2011) su atleti tedeschi. I ricercatori, a differenza di Juliff e colleghi (2015), hanno però riscontrato delle differenze tra atleti di sport individuali e di squadra. Essi, infatti, hanno osservato una maggiore segnalazione di scarso sonno negli atleti di sport individuali rispetto a coloro che praticavano sport di squadra. Erlacher et al. (2011) spiegano questa differenza con la possibilità che i membri delle squadre percepiscano una minore pressione e ansia sperimentate perché non sono gli

unici responsabili dei propri risultati. Infine, in una revisione sistematica e metanalisi recente, Roberts e colleghi (2019) hanno trovato che il TST era 60 minuti inferiore la notte della competizione rispetto alle precedenti e 80 minuti in meno quando gli atleti si trovavano a gareggiare o giocare dopo le 18:00. L'SE invece era leggermente più bassa la notte di gara, soprattutto se gli atleti partecipavano alla competizione in orario notturno.

Un altro fattore specifico dello sport che può compromettere la qualità e la quantità del sonno negli atleti sono i viaggi. Spesso gli atleti devono spostarsi per partecipare alle competizioni: i viaggi possono durare poche ore così come comportare trasferimenti lunghi in paesi molto lontani, che li portano a dormire in posti diversi da quelli domestici. Un primo effetto rilevante riscontrato in generale negli esseri umani è l'effetto della prima notte (Tamaki et al., 2016). Infatti, la prima notte trascorsa in un posto nuovo risulta piuttosto disturbata, compromettendo la percezione di un sonno ristoratore. In particolare, secondo Tamaki e colleghi (2016), l'effetto della prima notte (FNE) sarebbe un disturbo del sonno tipico di tutti gli esseri umani, dato dal fatto che un emisfero resta più vigile dell'altro per monitorare un ambiente sconosciuto durante il sonno. Il grado di asimmetria era significativamente correlato con la latenza di inizio del sonno, che riflette il grado di difficoltà ad addormentarsi. L'asimmetria interemisferica si verifica nel *Default-Mode Network* (DMN). Di conseguenza, quando si studia la prima notte trascorsa in trasferta è lecito aspettarsi che gli atleti facciano fatica ad addormentarsi, mostrando tempi di latenza del sonno più dilatati. Oltre a questo, anche il tipo di viaggio è una variabile che può influire sulla quantità e qualità del sonno degli atleti, poiché può indurre diversi effetti. Infatti, il viaggio può indurre affaticamento, associato soprattutto ai viaggi ad alta frequenza, oppure il *jet lag* che è legato allo spostamento del fuso orario. I sintomi dell'affaticamento da viaggio e del *jet lag* possono presentarsi in modo simile, ma sono causati da aspetti diversi del viaggio (Walsh et al., 2021) e presentano caratteristiche differenti.

L'affaticamento del viaggio è associato all'interruzione e alle esigenze del viaggio, come prendere l'aereo e dormire poco prima e può rappresentare un problema duraturo negli atleti. Esso, ad esempio, può presentarsi nelle stagioni sportive in cui è richiesto di spostarsi molto spesso in trasferta, come nel caso degli sport di squadra. In generale, esso si verifica quando ci sono variazioni minime o assenti nei fusi orari ovvero nella condizione di viaggi a corto raggio, che non hanno una durata maggiore alle cinque ore. Esso può essere il risultato di dover stare in uno spazio ristretto per un lungo periodo di tempo, con movimenti limitati e l'esposizione all'aria secca che potrebbe causare disidratazione (Lastella et al., 2019). L'affaticamento da viaggio può essere acuto dopo un lungo viaggio individuale, o cronico, come conseguenza di viaggi ripetitivi all'interno di una stagione (Janse van Rensburg et al., 2021). Esso tende ad essere caratterizzato da stanchezza persistente, malattie

ricorrenti, cambiamenti nel comportamento e nell'umore e perdita di motivazione (Samuels, 2012). In base al modello multifattoriale adattato da Janse van Rensburg e colleghi (2021) la fatica da viaggio è influenzata da fattori sia interni (fisici, fisiologici e psicologici) che esterni (programma di allenamenti e competizioni, ambiente, alimentazione e idratazione). Tra i fattori che possono contribuire allo sviluppo dell'affaticamento da viaggio rientrano il tempo di viaggio, che può essere mattino, pomeriggio o sera, la frequenza con cui l'atleta deve viaggiare e la durata della stagione. Sebbene la distanza o la durata del viaggio possano essere i fattori centrali nel determinare l'entità dell'affaticamento, sarebbe opportuno includere nella programmazione una finestra di recupero per riprendersi dal viaggio e prepararsi all'allenamento o alla competizione (Samuels, 2012). In particolare, Roberts e colleghi (2021) sostengono che i viaggi in aereo risultano particolarmente disturbanti per gli atleti. Infatti, i ricercatori hanno trovato che sia gli orari di partenza mattutini che quelli serali compromettono il sonno degli atleti, diminuendo sia il TST che la SE. Ad esempio, Fowler e colleghi (2015) hanno condotto uno studio su 16 giocatori di calcio australiani professionisti, di età compresa tra i 25 e i 29 anni. Lo studio ha esaminato gli effetti del viaggio aereo di dieci ore in direzione nord: gli atleti dovevano giocare una serie di partite in Giappone. I giocatori hanno riferito alti livelli di affaticamento, attribuibili a un volo mattutino: esso, infatti, ha ridotto il TST la notte prima della partenza. I giocatori si erano svegliati alle 04:00 per essere in aeroporto alle 06:00 e partire alle 08:00. Si tratta di orari in cui solitamente gli atleti sono abituati a dormire. Probabilmente, a seguito della riduzione del TST, i calciatori potrebbero aver percepito il sonno come poco ristoratore e non aver recuperato a sufficienza. Non è possibile, in tal caso, parlare di *jet lag* poiché i giocatori hanno attraversato un solo fuso orario. Fowler e colleghi (2015), oltre a sottolineare l'importanza di valutare i piani di viaggio e le conseguenze che essi possono avere sull'affaticamento degli atleti, sconsigliano le partenze al mattino presto e alla sera tardi o di notte. Anche Lastella e colleghi (2019) hanno studiato sette giocatori che avrebbero partecipato alla Champions League asiatica. I ricercatori hanno valutato l'impatto delle partite diurne e notturne, trovando che, nel secondo caso, i giocatori andavano a dormire più tardi, trascorrevano meno tempo a letto e dormivano due ore e mezza in meno rispetto a una normale giornata di allenamento. Inoltre, come accennato in precedenza, i giocatori dormivano di più la notte prima della partita. I giocatori hanno fatto spostamenti minimi di fuso orario, ma l'imbarco su più voli e il percorso totale di 20.422 km in un periodo di sei giorni con l'aggiunta di due partite ufficiali ha avuto effetti significativi sul sonno. I tempi del volo per il Giappone hanno interrotto il comportamento sonno/veglia dei giocatori di calcio. Durante i voli, i giocatori hanno iniziato a dormire meno e ad addormentarsi molto più tardi, oltre a riferire una qualità del sonno inferiore rispetto a quando dormivano in casa ad Adelaide o in trasferta a Hiroshima. Per compensare questa perdita di sonno, i giocatori hanno prolungato il sonno la prima notte dopo l'arrivo

a Hiroshima e la prima dopo il ritorno ad Adelaide. Tuttavia, mentre Fowler e colleghi (2015) non hanno riscontrato alcuna relazione tra sonno e prestazioni durante le partite in casa e in trasferta, Lastella et al. (2019) non hanno preso in considerazione l'influenza dei viaggi e del conseguente affaticamento sulle prestazioni. Altri studi non hanno riscontrato differenze significative nella quantità e qualità del sonno prima e dopo i viaggi aerei a corto raggio. Ad esempio, Fowler e colleghi (2014) hanno studiato sei giocatori di calcio professionisti australiani di età compresa tra i 20 e i 26 anni. I calciatori hanno svolto 12 partite, di cui sei in casa e sei in trasferta. I dati sulla qualità e la quantità del sonno, l'idratazione e la fatica percepita sono stati raccolti due giorni prima, il giorno stesso e due giorni dopo ogni partita. Inoltre, i ricercatori hanno valutato anche i parametri tecnici e tattici non solo della performance di squadra, ma anche la prestazione individuale dei partecipanti coinvolti nello studio. I ricercatori hanno trovato che durante i viaggi aerei a corto raggio è presente una lieve riduzione della saturazione dell'ossigeno, che però non ha compromesso la prestazione degli atleti. In casa i calciatori hanno segnato più goal e ne hanno subito meno, oltre ad aver tirato di più in porta e dall'angolo. Fowler e colleghi (2014) sostengono che altri fattori, comprese le variabili situazionali come, ad esempio, il luogo della partita (casa o trasferta), possano avere un maggiore peso nel determinare l'esito della partita. Goumas (2014), ad esempio, ha trovato che i team tendono a ottenere risultati migliori in casa che in trasferta in A-League. In sintesi, Fowler e colleghi (2014) non hanno trovato un'influenza significativa del viaggio aereo a corto raggio né sul risultato delle partite né sul recupero. Non sono state riscontrate differenze nemmeno nelle misure attigrafiche. Tuttavia, gli autori sottolineano come sia estremamente difficile isolare gli effetti del viaggio, poiché richiede il controllo di numerose variabili confondenti. McGuckin e colleghi (2012) hanno tentato di isolare questa variabile studiando 12 rugbisti professionisti australiani durante due partite in trasferta e due in casa. I ricercatori hanno voluto indagare l'influenza di viaggi a corto raggio nazionali su diverse variabili della performance degli atleti. I giocatori non hanno mostrato cambiamenti significativi nei test di forza e potenza, ma riferivano un maggiore affaticamento delle gambe la mattina della partita in casa rispetto a quando si trovavano in trasferta. Inoltre, hanno riferito livelli più alti di stress in trasferta e hanno mostrato una ridotta vigilanza. Infine, i rugbisti hanno adottato tattiche e strategie diverse quando giocavano in trasferta rispetto a quando si trovavano in casa. Nel primo caso assumevano un atteggiamento più difensivo, nel secondo più propositivo all'attacco. La differenza potrebbe essere data sia dall'effetto di vantaggio nel giocare in casa, ampiamente trattato in letteratura, sia dall'affaticamento da viaggio. I risultati rimangono tuttora piuttosto controversi, anche a causa della già evidenziata difficoltà nello studio di questo fenomeno e dei limiti metodologici di questi studi. Infatti, c'è da dire che oltre alle possibili variabili interferenti non controllabili dai ricercatori, bisogna considerare anche che gli studi presentati hanno coinvolto campioni molto piccoli

e specifici. In letteratura la maggior parte degli studi ha preso in esame atleti professionisti impegnati prevalentemente negli sport di squadra. È difficile generalizzare questi risultati.

Il *jet lag* è un'interruzione della fase circadiana che può verificarsi quando un individuo subisce un'alterazione dei segnali esterni che sincronizzano l'orologio biologico e guidano la ritmicità circadiana biologica (Leatherwood & Dragoo, 2012). Esso è dunque causato da una desincronizzazione tra i ritmi circadiani individuali e i ritmi dettati dalle nuove richieste ambientali (Devoto, 2011). Questa sindrome è caratterizzata da malessere psicofisico: il viaggiatore non può dormire quando lo desidera e, di conseguenza, lamenta insonnia e sonnolenza diurna. L'effetto scompare non appena la persona riesce a riallineare i propri ritmi. La severità dei sintomi da *jet lag* è proporzionale al numero di fusi orari attraversati: maggiori saranno i fusi attraversati maggior malessere verrà sperimentato dalla persona (Devoto, 2011). Inoltre, anche la direzione del viaggio transmeridiano produce effetti diversi. Devoto (2011) fa notare che dopo un viaggio verso ovest il bisogno di sonno si manifesta troppo presto rispetto all'orario locale, mentre si osserva la tendenza opposta se la direzione di viaggio è verso est. Di conseguenza, dopo un viaggio a ovest il viaggiatore sarà probabilmente stanco e sonnolento la sera, mentre a est manifesterà con più probabilità uno stato di insonnia nelle ore serali. Ci sono diverse evidenze che indicano come gli effetti del *jet lag* dopo un viaggio verso est abbiano un impatto maggiore sulle prestazioni degli atleti. In una revisione della letteratura, Leatherwood e Dragoo (2012) sostengono che i viaggiatori che volano in direzione est tendono a manifestare sintomi più marcati di *jet lag* che persistono più a lungo, a causa della capacità del corpo di adattarsi più rapidamente in base al ritardo di fase. In sostanza, dato che i voli in direzione est "accorciano la giornata" mentre i voli a ovest "la allungano" e, poiché è più facile rimanere alzati fino a tardi che andare a letto presto, risulta più semplice adattarsi al *jet lag* dopo un viaggio a est (Eichner, 2020). Lo stesso ricercatore sottolinea però che il *jet lag* è altamente soggettivo e individuale. Fowler e colleghi (2017) hanno valutato gli effetti del viaggio aereo transmeridiano a lungo raggio verso est sul *jet lag* soggettivo, sul sonno e sul benessere in 22 calciatori professionisti australiani prima della Coppa del Mondo FIFA 2014 in Brasile. I dati sono stati raccolti dai giocatori prima e dopo il viaggio internazionale da Sydney, in Australia, a Vitoria, in Brasile. In totale ci sono stati tre voli, 19 ore e 14.695 km di viaggio verso est attraverso 11 fusi orari. Le misure di carico di allenamento e benessere percepito dagli atleti sono state ottenute nella settimana precedente e in quella successiva al viaggio, mentre le misure soggettive di sonno e *jet lag* sono state raccolte il giorno prima del viaggio, il giorno di arrivo e per i cinque giorni successivi al viaggio. I giocatori sono stati monitorati tramite misure auto-riferite e il diario del sonno. Essi hanno riferito di aver dormito meno durante il viaggio e la notte immediatamente successiva all'arrivo. Sono stati segnalati peggiori livelli di funzionalità, maggiore affaticamento e minore benessere il primo giorno dopo il

viaggio. I sintomi percepiti del *jet lag* erano quasi tornati ai valori basali entro il quinto giorno. Questo dato va contro la convenzione per cui si ritiene che il ritmo di adattamento richieda circa un giorno per ognuno dei fusi oltrepassati (Devoto, 2011). Inoltre, la minore durata del sonno può essere spiegata dall'interruzione del sonno in quanto i tempi delle soste, i pasti e i cambiamenti nell'illuminazione della cabina possono aver impedito agli atleti di dormire. I minori livelli di benessere potrebbero aver compromesso la capacità dei giocatori di far fronte ai programmi di allenamento e delle competizioni. Questo studio, sebbene sia significativo in ottica di comprensione degli effetti dei viaggi internazionali a lungo raggio, presenta limiti importanti. In primo luogo, a livello metodologico non sono stati utilizzati strumenti che potessero produrre misure oggettive, come l'attigrafia o la polisonnografia. In secondo luogo, i ricercatori non hanno valutato gli effetti diretti sulla performance sportiva, sugli esiti delle partite e sulla qualità di allenamento e competizioni. Non è possibile sapere se l'elevato *jet lag* percepito abbia avuto un effetto sulla qualità dell'allenamento. Infine, non sono stati registrati i sonnellini. Lemmer e colleghi (2002) hanno riscontrato che i sintomi del *jet lag* dopo il volo in direzione ovest erano più pronunciati nei primi tre giorni successivi al volo, mentre i sintomi dopo il volo verso est erano più gravi e persistevano fino a 7 giorni dopo l'arrivo.

Devoto (2011) fa notare che il *jet lag* può influenzare in modo diretto il rendimento degli atleti, compromettendone la performance in gara, oppure in modo indiretto, agendo sulla qualità degli allenamenti precedenti alla competizione e aumentando la probabilità di infortunio. Ad esempio, un interessante studio di Roy e Forest (2017) ha esaminato 5 anni di partite della stagione regolare nella National Basketball Association (NBA), National Hockey League (NHL) e National Football League (NFL), ovvero i tre massimi campionati nordamericani. I ricercatori hanno valutato la percentuale di vittorie della squadra ospite in base alla direzione del viaggio (ovest, est e stesso fuso orario) e al tempo di gioco (giochi diurni e serali). In questi campionati professionistici i cambi di fuso orario avvengono su scala ridotta (tre fusi orari o meno), ma sono frequenti (a volte due o tre fusi orari in 1 settimana). I risultati mostrano un netto svantaggio per le squadre che si spostano verso ovest quando le partite sono in programma la sera e una maggiore probabilità di vincere nelle partite del pomeriggio. Questo dato viene spiegato dal fatto che queste squadre devono giocare in un momento in cui dovrebbero riposare e prepararsi a dormire, mentre quelle che viaggiano verso est devono gareggiare in un momento più vicino al loro picco di prestazioni. I dati sono in linea con quanto riscontrato da Smith e colleghi (2013) in uno studio precedente: rivedendo i risultati degli ultimi 40 anni di partite di calcio professionistiche i ricercatori hanno riscontrato che gli atleti che giocavano vicino al picco circadiano delle prestazioni dimostravano un significativo vantaggio atletico rispetto a quelli che giocano in altri momenti. Il disegno di ricerca presenta però un limite importante, ovvero

l'impossibilità di misurare la polisonnografia o i ritmi di temperatura/melatonina per definire la fase circadiana. Lastella e colleghi (2014b) hanno valutato anche gli effetti del viaggio transmeridiano e dell'altitudine sul sonno di 16 atleti di calcio maschile australiani, membri della squadra nazionale australiana under 20. I ricercatori hanno osservato dunque l'effetto combinato di questi due fattori. In particolare, Sargent e colleghi (2013) hanno trovato in uno studio precedente che i disturbi del sonno negli atleti diminuiscono con la quantità di tempo trascorso in quota in assenza di *jet lag*. Lastella e colleghi (2014b) hanno valutato tramite attigrafia da polso e diari del sonno il TST, la SE, il punteggio medio di attività e la qualità soggettiva del sonno. La quantità di sonno ottenuta dai giocatori era maggiore al livello del mare e minore dopo il viaggio transmeridiano e a bassa quota. L'esposizione a bassa quota ha facilitato l'adeguamento al nuovo fuso orario e alla quota moderata. La quantità di sonno ottenuta dai calciatori si è stabilizzata dopo 5-6 giorni a bassa quota. La qualità del sonno riferita era migliore quando gli atleti si trovavano al livello del mare.

Le soluzioni per sopperire alle problematiche che derivano dall'affaticamento da viaggio o dal *jet lag* sono molteplici. Alcune prevedono la somministrazione di farmaci come, ad esempio, le benzodiazepine (Leatherwood & Dragoo, 2012) o la più conosciuta melatonina. Quest'ultima, infatti, se assunta in orario pomeridiano o la mattina presto contribuisce far avanzare l'orologio circadiano, se presa poco prima di addormentarsi o al mattino anticipa l'orologio (Eastman et al., 2005; Revell et al., 2006). Alcune di queste sostanze non sono però tollerate dal Comitato Internazionale Olimpico, per cui, come sottolinea Devoto (2011), sarebbe preferibile utilizzare strategie non farmacologiche. La ricercatrice propone, ad esempio, sottolinea l'importanza dell'esposizione alla luce, in particolare della fototerapia, nell'attenuare i sintomi del *jet lag*. La luce, in questo caso, è intensa e simile a quella solare. Ad esempio, dopo un viaggio transmeridiano verso est, sarebbe opportuna un'esposizione alla luce intensa all'inizio della "notte soggettiva": è consigliabile, dunque, non esporsi alla luce al mattino, ma piuttosto nelle ore pomeridiane. Per i viaggiatori verso ovest invece è necessario evitare di esporsi alla luce nelle ore notturne. L'efficacia di questa tecnica rimane però piuttosto controversa. Thompson e colleghi (2013), ad esempio, hanno provato a testare l'efficacia di un intervento con la luce su 22 calciatrici prima di un volo dagli Stati Uniti all'Europa. I ricercatori non hanno trovato benefici significativi riferiti dalle giocatrici sull'attenuazione dei sintomi del *jet lag*. Miller e colleghi (2021) hanno provato a esaminare gli effetti di un programma di adattamento circadiano nei giocatori di cricket maschi dopo un cambio di fuso orario di 8,5 ore verso est. Ai partecipanti al gruppo di intervento è stato fornito un programma cartaceo in cui veniva indicato quando cercare o evitare la luce durante gli otto giorni successivi all'arrivo. I ricercatori, anche in questo caso, non hanno riscontrato effetti significativi nel tasso di adattamento del gruppo sperimentale rispetto a quello di controllo. Oltre alle strategie post volo, è opportuno valutare anche alcune soluzioni prima del volo e

durante il viaggio. Come già anticipato, la scelta dell'orario in cui partire rispetto alla direzione di viaggio è fondamentale per ridurre l'affaticamento da viaggio o il *jet lag*. Oltre a questo, gli allenatori potrebbero aiutare gli atleti adottando routine di allenamento modificate con volume e intensità ridotti e, alcuni giorni prima della partenza, adeguare l'allenamento al fuso orario di destinazione (Samuels, 2012). Infine, durante il viaggio è opportuno adottare alcuni accorgimenti per creare un ambiente confortevole. Sarebbe indicato portare cuscini e supporti, oltre a tappi per le orecchie per favorire il riposo, mentre l'utilizzo di dispositivi elettronici dovrebbe essere ridotto al minimo. dovrebbero essere ridotte al minimo (Samuels, 2012). Il sonno durante il volo, secondo Jonasdottir e colleghi (2022), è influenzato da quanto si è abituati a dormire a casa. In particolare, i ricercatori hanno trovato che le persone che manifestano un sonno insufficiente, in genere, dormono di più durante il viaggio che a casa. Al contrario, le persone che dormono in media più di 7,5 ore a casa in genere dormono meno quando viaggiano. Per quanto riguarda il confort durante il viaggio, Lalor e colleghi (2022) hanno trovato che viaggiare in classe business ha aiutato a preservare maggiormente la qualità e quantità di sonno di 11 atlete di cricket. I ricercatori hanno cercato di comprendere se viaggiare in condizioni di maggiore comodità in business class potesse in qualche modo influenzare gli effetti del jet lag sulle atlete. Le giocatrici hanno viaggiato in direzione ovest dall'Australia in India, partendo da Melbourne alle 3:30 e arrivando alle 20:10 ora locale, con due ore di scalo a Dubai. I ricercatori hanno riscontrato che le giocatrici con SE maggiore durante il viaggio riferivano un minore livello di affaticamento durante il periodo della Coppa del Mondo. Anche in questo caso i ricercatori hanno trovato una minore durata del sonno dopo le partite di cricket, in linea con quanto riscontrato da Vitale e colleghi (2019) nello studio descritto in precedenza. I ricercatori concludono che le condizioni di viaggio possono migliorare la qualità e quantità del sonno durante il periodo dei tornei.

1.2.1.2 Fattori non specifici per lo sport

Come accennato in precedenza, il sonno degli atleti può subire l'influenza non solo di fattori specifici per lo sport, di cui è stata offerta una panoramica nel sottoparagrafo precedente, ma anche legati alla vita quotidiana dell'atleta. In generale, a seconda dell'età e del periodo di vita dell'atleta, gli impegni e lo stile di vita della persona saranno diversi: gli atleti più giovani e universitari devono concordare gli impegni accademici e scolastici con la pratica sportiva e i tempi di riposo, i più grandi devono invece considerare le esigenze lavorative e familiari.

Per quanto riguarda gli studenti-atleti, Mah e colleghi (2011) avevano riscontrato delle difficoltà a rispettare il protocollo di estensione del sonno nei giocatori di pallacanestro. I ricercatori avevano ipotizzato che ciò potesse essere dovuto alla difficoltà di conciliare i tempi dedicati al riposo

con le richieste accademiche. In una ricerca Merfeld e colleghi (2022) hanno approfondito anche le ragioni per cui è difficile, nella popolazione degli studenti-atleti, modificare routine del sonno poco efficaci. Gli impegni accademici, gli eventi sociali e le attività extrascolastiche possono avere la priorità sul sonno: essi sarebbero dei predittori dell'elevata presenza di disturbi del sonno e una quantità di sonno insufficiente degli studenti-atleti (Walsh et al., 2021). Dato che la maggior parte delle sessioni di allenamento e delle lezioni mattutine sono spesso obbligatorie, gli studenti-atleti possono scegliere di sacrificare il sonno per impegnarsi in attività sociali, uscendo la sera e/o rientrando tardi. Infine, gli studenti-atleti sono sottoposti a un grande carico di stress, determinato da molteplici fattori accademici, finanziari, sociali e legati alla condizione fisica (Lopes Dos Santos et al., 2020). Merfeld e colleghi (2022) fanno notare che questo stress aggiuntivo può anche contribuire alla mancanza di sonno e può essere un sottoprodotto dell'intenso allenamento fisico. Esso potrebbe essere alimentato dalla mancanza di sonno stessa, creando un circolo vizioso difficile da rompere. I ricercatori sostengono che potrebbe esserci una relazione bidirezionale tra sonno e livelli di stress. Questo non significa però che gli interventi di estensione del sonno siano poco efficaci: Mah e colleghi (2011) hanno ottenuto miglioramenti significativi non solo su alcune abilità specifiche per il basket come la precisione del tiro, ma anche un aumento del vigore, una diminuzione della percezione soggettiva di affaticamento e un miglioramento delle valutazioni complessive del benessere fisico e mentale durante gli allenamenti e le partite. Si tratta di aspetti significativi per le prestazioni e il rendimento sportivo, oltre che il benessere quotidiano dell'atleta. I ricercatori sono riusciti a estendere il sonno degli atleti a circa 10 ore per una durata di 5-7 settimane. Dato che si trattava di studenti-atleti che, oltre a giocare in NCAA, studiavano e frequentavano attivamente i corsi universitari, il programma proposto era flessibile anche alle necessità accademiche. Il problema è stato solo parzialmente risolto, poiché alcuni atleti che dovevano svolgere degli esami in date diverse rispetto ai compagni hanno abbandonato lo studio poiché non riuscivano a conciliare l'estensione del sonno con le richieste accademiche. Si tratta di un limite importante sul quale sarebbe necessario riflettere in vista di ulteriori interventi. Una soluzione per ottenere maggiori benefici potrebbe essere l'aggiunta di una serie di interventi educativi, volti a rendere consapevoli gli atleti su come ottenere una buona quantità e qualità del sonno. Ad esempio, Swinbourne e colleghi (2018) hanno proposto a giocatori di rugby un programma di estensione del sonno di 3 settimane, combinato a indicazioni precise di igiene nel sonno. I partecipanti sono stati istruiti a cercare di ottenere dieci ore di sonno a notte e hanno ricevuto dei consigli su sulla pianificazione del sonno e dei sonnellini strategici, oltre a controllare i fattori dell'ambiente del sonno come la luce, il rumore e la temperatura della camera da letto. Il monitoraggio è stato fatto tramite attigrafia e questionari self-report. Oltre a questi strumenti è stata analizzata anche la quantità del cortisolo, ormone legato allo stress, tramite il campionamento

della saliva e i tempi di reazione (TR). Questo intervento svolto in fase pre-stagionale ha portato i rugbisti a migliorare il tempo totale (TST) e la qualità del sonno, con cambiamenti benefici nell'espressione dell'ormone dello stress e nelle prestazioni del tempo di reazione. Brauer e colleghi (2019) fanno notare però che i programmi di estensione del sonno come quelli proposti da Mah et al., (2011) e Swinbourne et al., (2018) presentano dei limiti importanti. Infatti, l'aumento del tempo trascorso a letto pone gli atleti a maggior rischio di problemi di igiene del sonno, come l'utilizzo del telefono, un aumento della latenza del sonno e una ridotta efficienza del sonno. Un altro metodo per estendere il sonno degli atleti è prevedere nelle loro routine giornaliere uno o più sonnellini diurni. Si tratterebbe di una soluzione ideale per aumentare qualità e quantità del sonno soprattutto nei periodi di allenamento intensivi. I sonnellini, comunemente chiamati “*nap*”, possono essere definiti come brevi periodi di sonno collocati durante la giornata e della durata compresa generalmente tra i 30 e i 90 minuti (Cerasuolo et al, 2019). Lastella e colleghi (2021) hanno condotto una revisione focalizzata sul *napping* praticato dagli atleti, allo scopo di esplorare gli effetti di questo comportamento sulle prestazioni cognitive e fisiche. I ricercatori hanno trovato che la durata del pisolino era simile tra i giorni di allenamento (43 ± 28 min) e di gara (44 ± 24 min) e che era significativamente più breve nei giorni di riposo (6 ± 10 min). Per quanto riguarda le prestazioni fisiche, la maggior parte degli studi ha mostrato un miglioramento della performance da parte degli atleti che facevano un pisolino durante il giorno. I benefici risultano più evidenti per gli atleti che presentano problematiche del sonno come l'insonnia. Inoltre, Bouchris e colleghi (2020) hanno cercato di comprendere come la durata del *nap* potesse influenzare la prestazione in diversi test fisici e cognitivi in 14 giocatori dilettanti di età media intorno ai 20 anni e praticanti tre sport di squadra diversi, ovvero rugby, pallamano e calcio. I ricercatori hanno trovato che un sonnellino di 90 minuti migliorava maggiormente la prestazione dei giocatori in un test di massima contrazione isometrica volontaria rispetto a uno di 40 minuti. Gli aumenti delle prestazioni indotti dai sonnellini sono stati spiegati da una diminuzione della sonnolenza riferita, dello sforzo percepito e del dolore muscolare, che sono correlati al miglioramento degli stati d'animo e al recupero percepito. Gli stessi ricercatori hanno trovato dei benefici anche nelle prestazioni cognitive, in particolare in alcuni test di attenzione, come quello di cancellazione delle cifre, mentre Waterhouse e colleghi (2007), in un'altra ricerca, hanno rilevato un miglioramento nei tempi di sprint e maggiore prontezza. Tuttavia, questi studi pur essendo interessanti non hanno incluso prove specifiche per lo sport praticato dagli atleti o non sono stati condotti su popolazioni di atleti, come nel caso della ricerca di Waterhouse et al (2007). In molti casi, così come riscontrato da Lastella e colleghi (2021), si tratta di studi poco ecologici che non prendono in considerazione gli effetti sulle abilità sport-specifiche. Questo limite viene superato dallo studio sviluppato di recente da Daaloul e al. (2019), che hanno studiato 13 atleti di karate di età media di 23 anni per verificare gli effetti di un

sonnellino post-pranzo di 30 minuti sulle prestazioni. I partecipanti sono stati sottoposti a una serie di prove fisiche, fra le quali una specifica per il karate, e cognitive, come un test di rotazione mentale e di reazione semplice. I ricercatori non hanno trovato effetti significativi del sonnellino sulle prestazioni fisiche, ma benefici importanti sulla vigilanza e sulle prestazioni ai test cognitivi. Dopo una privazione parziale del sonno, il pisolino ha ripristinato la vigilanza soggettiva e il decremento delle prestazioni causato dalla perdita di sonno nella maggior parte dei test, tra i quali quello specifico per il karate. Alcuni studi hanno trovato che il sonnellino ha anche degli effetti positivi sul tono dell'umore degli atleti: i *nap* sono delle attività piacevoli e molte persone riportano benefici psicologici notevoli che non dipendono dagli effetti fisiologici (Cerasuolo et al., 2019). Nella ricerca di Burchis e colleghi (2020), ad esempio, è emerso che i punteggi di tensione, depressione, vigore, affaticamento e disturbi dell'umore totali, valutati tramite la versione francese del questionario *Profile of Mood State* (POMS), sono migliorati sia dopo un pisolino di 40 minuti che 90 minuti rispetto alla condizione in cui il sonnellino non era presente. Lastella e colleghi (2021) suggeriscono che il momento ottimale per fare un *nap* è durante il periodo massimo di sonnolenza circadiana, che si verifica a metà pomeriggio tra le 13:00 e le 16:00). In tal caso, il sonnellino non interferirebbe con il sonno notturno, poiché non ne prolungherebbe la latenza.

Bolin (2019) ha analizzato gli effetti della privazione del sonno sull'umore e le prestazioni sportive di studenti-atleti che vivono all'interno dei college e le possibili soluzioni che si possono adottare. Egli sostiene infatti che gli interventi volti a educare gli atleti a modificare le proprie abitudini e a seguire delle buone norme di igiene del sonno siano efficaci, ma anche che richiedono un periodo lungo di adattamento e implementazione del cambiamento. Per risultati più rapidi, gli atleti universitari ricorrono spesso a farmaci da banco o prescritti per aumentare la vigilanza o favorire il sonno. Gli atleti utilizzano una serie di sostanze per sentirsi più vigili e svegli, soprattutto se hanno dormito poco e male. Tra le sostanze maggiormente usate è presente la caffeina: essa, infatti, blocca i recettori dell'adenosina, che si accumula nel liquido cerebrospinale durante la veglia e favorisce l'inizio del sonno. Assunta a fine giornata, la caffeina può causare insonnia prevenendo l'inizio del sonno. In una recente revisione sistematica Gomes de Souza e colleghi (2022) hanno cercato di mettere in luce i rischi e i benefici dell'uso della caffeina da parte degli atleti di diversi sport. La revisione ha preso in considerazione 25 studi e un campione di 421 atleti e atlete. In linea con quanto I ricercatori sottolineano che l'uso eccessivo di caffeina può avere diversi effetti collaterali, come l'insonnia, la tachicardia, il mal di testa. Gomes de Souza e colleghi (2022) hanno analizzato anche gli effetti dell'assunzione di quantità diverse di caffeina sui parametri del sonno. Sono stati riscontrati effetti collaterali di grande entità con dosi elevate di caffeina per l'inizio, la durata e l'efficienza del sonno (SE). Dosi moderate di caffeina compromettono la qualità del sonno, la sensazione di

freschezza al risveglio e nella latenza del sonno. I ricercatori hanno trovato un moderato peggioramento significativo nell'inizio del sonno con quantità moderate di caffeina. Riassumendo, l'abuso di caffeina induce gli atleti a dormire peggio e meno, ad addormentarsi più tardi e a svegliarsi senza avere la sensazione di sentirsi freschi e risposati al mattino. Nonostante ciò, l'utilizzo di caffeina è ancora ampiamente diffuso tra gli atleti: si tratta di una sostanza che non è presente nella lista delle sostanze dopanti proibite stilata e aggiornata dalla *World Anti Doping Agency* (WADA). Gli atleti consumano caffeina regolarmente nella loro vita quotidiana, poiché essa si trova in molti integratori alimentari e cibi in commercio. In particolare, molti atleti sono abituati a bere bevande energetiche, ricche di carboidrati e altre sostanze come la caffeina, soprattutto prima e durante le competizioni e gli allenamenti. Infatti, Souza et al. (2017) sottolineano che le bevande energetiche contenenti caffeina sono attualmente utilizzate come aiuti ergogenici per migliorare le prestazioni fisiche in un'ampia varietà di discipline sportive. I ricercatori hanno trovato che l'assunzione di caffeina può portare alcuni benefici per la performance, in particolare nelle prove di forza muscolare, resistenza, salto e azioni specifiche per lo sport. Tuttavia, non tutti gli studi sono concordi nello stabilire un vantaggio nella prestazione per l'assunzione di caffeina. In particolare, gli autori fanno notare che spesso questa sostanza viene mischiata ad altre, come la taurina. Le analisi hanno mostrato infatti che l'aumento del dosaggio di taurina nelle bevande energetiche era associato significativamente con l'andamento delle prestazioni. In tal caso, dunque, l'effetto delle bevande energetiche sulla prestazione non è dovuta alla sola caffeina, ma piuttosto alla combinazione di diverse sostanze. Infatti, i ricercatori hanno trovato un effetto specifico della taurina. L'assunzione di caffeina può verificarsi anche durante le competizioni: studiando la concentrazione di questo stimolante nei campioni di urine di atleti spagnoli raccolti dalla WADA durante delle competizioni ufficiali in Spagna è aumentata progressivamente dal 2004 al 2015 (Aguilar-Navarro et al., 2019). I ricercatori hanno evidenziato che gli atleti che tendevano a consumare grosse quantità di caffeina erano quelli che praticavano il ciclismo, l'atletica e il canottaggio. Questo effetto potrebbe essere spiegato dal fatto che la caffeina, pur essendo uno stimolante, è stato rimosso dalla lista delle sostanze proibite della WADA nel 2004. L'incremento nella consumazione di caffeina dal 2004 al 2015 è apparso particolarmente evidente per alcuni sport acquatici, boxe, judo, sollevamento pesi e atletica leggera. In un'altra revisione Southward e colleghi (2018) hanno riscontrato che la caffeina ha un piccolo effetto positivo sulle prestazioni delle prove a tempo di resistenza. Clark e Landolt (2017) hanno invece indagato gli effetti della caffeina sul sonno in una revisione sistematica, in cui hanno riscontrato che l'aumento dell'assunzione di caffeina aumenta il tempo impiegato per addormentarsi (SOL) e diminuisce la durata del sonno, l'efficienza del sonno (SE) e la qualità del sonno percepita. Tuttavia, come sottolineano Walsh e colleghi (2021) esistono pochi studi randomizzati e controllati sulla nutrizione

e sul sonno degli atleti. Le limitazioni includono il tipo, i tempi e i dosaggi dei macronutrienti e di altri interventi nutrizionali somministrati, gli strumenti variabili con cui la quantità e la qualità del sonno vengono misurati. Inoltre, non sono presenti dati significativi sulla popolazione femminile e sugli atleti non occidentali (Bolin, 2019; Clark & Landolt, 2017; Walsh et al., 2021).

Un'altra sostanza ampiamente assunta dagli atleti è l'alcool: si tratta di una sostanza di utilizzo comune, esattamente come la caffeina. Molti atleti non sono consapevoli degli effetti che l'assunzione, soprattutto massiccia, di alcool può provocare sulla salute e dell'impatto che esso può avere sulle prestazioni sportive e il recupero. Barnes (2016), attraverso una revisione, ha cercato di riassumere i risultati più significativi sul consumo di alcool nella popolazione sportiva maschile. Gli studi inclusi nella revisione riguardano prevalentemente atleti americani o europei e rivelano che, in generale, la popolazione universitaria nel suo insieme mostra tassi di consumo pericoloso di alcol maggiori rispetto alla popolazione generale. La percentuale di utilizzo di alcool si alza ulteriormente quando gli studenti sono anche coinvolti in qualche attività sportiva: essi non solo bevono alcolici più regolarmente, ma hanno anche una maggiore tendenza a bere per ubriacarsi. La cultura del bere che sembra essere radicata nella vita degli studenti universitari occidentali. In particolare, si nota una tendenza a una maggiore assunzione di alcool per gli atleti che giocano in sport di squadra di contatto, come rugby e calcio. La maggior parte degli atleti consuma quantità eccessive di alcolici nelle ore immediatamente successive alla partita. Nel rugby, tradizionalmente, è previsto un momento chiamato "terzo tempo" in cui i giocatori e lo staff trascorrono delle ore successive alla partita consumando cibi e bevande insieme. Infatti, Du Preez e colleghi (2017) hanno trovato che i tassi di consumo di alcool dei giocatori di rugby erano decisamente più alti rispetto a quelli degli atleti di altri sport e della popolazione non sportiva. Prentice e colleghi (2015) hanno condotto una ricerca su 19 giovani giocatori di rugby cercando di indagare gli effetti del consumo di una grande quantità di alcool sulle prestazioni fisiche nei due giorni successivi l'assunzione. Inoltre, i ricercatori hanno ipotizzato anche che la frequente perdita di sonno combinata con consumo di alcool possa alterare le prestazioni del giorno dopo, ma non quelle di due giorni dopo. Lo studio è stato condotto due settimane dopo la stagione di rugby: i dati sono stati registrati il giovedì (fase PRE), la domenica (POST1) e il lunedì mattina (POST2). Ai partecipanti è stato richiesto di uscire normalmente il sabato sera, senza limitarsi nella quantità di bevande che desideravano consumare. I partecipanti hanno riportato una media di tre ore di sonno totale nella notte in cui sono usciti: si tratta di meno della metà delle normali ore di sonno riportate nelle serate precedenti e successive. Non è chiaro se questa perdita di sonno sia dovuta agli effetti dell'alcool sulla qualità del sonno o ad altri motivi. Il consumo episodico abbondante di alcool e la riduzione delle ore di sonno associate si traduce in una minore produzione di energia della parte inferiore del corpo, ma non in altre misure delle prestazioni

anaerobiche la mattina dopo una sessione di bevute. Il consumo di alcol può essere associato a una diminuzione della qualità e della durata del sonno, sia direttamente attraverso l'impatto dell'alcol sul processo del sonno sia indirettamente come risultato del rimanere svegli più a lungo mentre si beve durante la notte (Barnes, 2016).

1.2.3 Restrizione e deprivazione del sonno negli atleti

Lucidi e colleghi (2019) sostengono che in generale una deprivazione del sonno, anche se di poche ore, possa aumentare la produzione di cortisolo e ostacoli la produzione di glicogeno. Questi processi potrebbero indurre un eccessivo affaticamento e alterare i processi di recupero, durante i quali si verifica una super-compensazione che consente un recupero di una quantità di risorse superiore rispetto ai livelli iniziali. Questo è possibile solamente quando il corpo ha la possibilità di riposare. La mancanza di sonno agisce come uno stressor aggiuntivo all'allenamento e ostacola i processi di recupero. Un effetto significativo nella deprivazione del sonno riportato dagli atleti è l'aumento della percezione di fatica, che si accompagna a sensazioni negative e alla minore capacità di sopportare i carichi di allenamento, soprattutto quando le sessioni comportano lavori ripetuti ad intensità sub-massimale (Reilly & Edwards, 2007). Fullagar e colleghi (2015) in una review sostengono che la riduzione della quantità e qualità del sonno in generale può indurre uno sbilanciamento del Sistema Nervoso Autonomo (SNA) simulando i sintomi della sindrome da *overtraining* descritta in precedenza. Inoltre, la perdita del sonno potrebbe influire anche sul funzionamento del sistema immunitario, aumentando lo stato infiammatorio attraverso il rilascio di citochine. La riduzione della durata del sonno, in effetti, si associa a una maggiore richiesta metabolica e a una maggiore concentrazione di catecolamina (Francesconi et al., 1978). Fullagar e colleghi (2015) distinguono la restrizione del sonno (SR) dalla deprivazione del sonno (SD). La prima può essere definita come l'alterazione del ciclo sonno-veglia: questo può accadere quando ci si addormenta più tardi o ci si sveglia prima rispetto agli orari a cui si è abituati. La seconda invece si riferisce alla mancanza di sonno per un periodo di tempo considerevole, quando non si dorme per una o più notti. I ricercatori distinguono quindi gli effetti della restrizione del sonno da quelli della deprivazione.

Per quanto riguarda la SR i risultati sono piuttosto contrastanti: infatti, alcune ricerche hanno trovato una compromissione nelle prestazioni in alcuni test di velocità, esplosività e resistenza, altri invece no. Fullagar e colleghi (2015) hanno ipotizzato che una possibile ragione di questa discrepanza è che molti studi che non riportano alcun effetto di SR sulla prestazione hanno campioni di dimensioni inferiori a dieci partecipanti. Ne consegue che i risultati sono poco generalizzabili a causa della

numerosità campionaria. Ad esempio, Reilly e Piercy (1994) hanno esaminato gli effetti della privazione parziale del sonno su otto giovani atleti maschi di età compresa tra i 18 e i 24 anni. I ricercatori hanno sottoposto il gruppo sperimentale a una restrizione del sonno pari a tre ore per notte per tre giorni. Osservando le prestazioni su compiti di sollevamento pesi massimali e sub-massimali, i ricercatori hanno notato un decremento delle performance soprattutto sub-massimali. Uno studio recente di Mah e colleghi (2019) ha valutato gli effetti della restrizione del sonno sulle prestazioni massime di salto e sulla variabilità della coordinazione articolare degli arti inferiori nei ciclisti. In particolare, i ricercatori hanno coinvolto undici ciclisti americani d'élite, di età media di 29 anni. I partecipanti hanno dormito quattro ore a notte per tre notti e sono stati misurati sia attraverso l'autovalutazione che l'attigrafia. Le misure pre e post-intervento erano un salto verticale massimo. A seguito della restrizione del sonno, si è notato un decremento di 1,95 cm dell'altezza del salto. Inoltre, la perdita di sonno ha aumentato significativamente la variabilità della coordinazione dell'articolazione dell'anca e del ginocchio.

Smithies e colleghi (2021) sostengono che sia più facile che un atleta o una persona che svolge un lavoro che richiede la capacità di svolgere compiti complessi e cognitivamente impegnativi in circostanze imprevedibili si trovi in una condizione di SR piuttosto che di SD. Di conseguenza, è fondamentale conoscere l'influenza della SR anche sulle prestazioni cognitive. Atleti, piloti, controllori del traffico aereo e chirurghi sono solo alcuni esempi di professionisti che mostrano prestazioni cognitive migliorate rispetto alla popolazione generale non solo nel contesto della loro area di competenza, ma anche attraverso test di laboratorio (Voss et al., 2010). Lowe e colleghi (2017) hanno proposto una revisione metanalitica su studi che hanno indagato gli effetti della SR sulle prestazioni cognitive. Gli studi inclusi nella revisione non prendevano in considerazione particolari popolazioni come quelle degli atleti, ma forniscono alcuni dati importanti. I ricercatori hanno trovato che la restrizione del sonno ha effetti negativi sul funzionamento neurocognitivo, in particolare nei domini dell'attenzione sostenuta e delle funzioni esecutive. Tuttavia, stati osservati degli effetti nulli all'interno di altri domini come il *problem solving*, il *multitasking* e i processi decisionali. Inoltre, sembra che l'effetto della SR sia più evidente negli individui più anziani rispetto ai giovani e che sia dunque moderato dall'età. L'entità dell'effetto aumenta progressivamente durante i giorni cumulativi di sonno limitato. Al contrario, l'esecuzione di abilità specifiche per lo sport, la forza submassimale e la potenza muscolare e anaerobica sembrano diminuire dopo SR. Tra le risposte fisiologiche all'esercizio in seguito a SR di circa 3 ore è possibile trovare l'aumento della frequenza cardiaca, della ventilazione minuto e della concentrazione plasmatica di lattato durante l'esercizio submassimale e massimale (Mougin et al., 1991). Lucidi e colleghi (2019), così come Fullagar et al. (2015) sottolineano come i risultati siano particolarmente contraddittori ed equivoci ma che vi sia una

maggior sensibilità delle abilità sport-specifiche alla riduzione del sonno. Inoltre, i ricercatori riportano una tendenza a mantenere una buona prestazione negli sport che richiedono sforzi fisici massimi e abilità motorie grossolane e una maggior compromissione delle prestazioni negli sport in cui sono richieste precisione e accuratezza nell'esecuzione del gesto tecnico. Nel caso del tennis, ad esempio, la prestazione richiede abilità motorie fini e processi cognitivi piuttosto complessi: i giocatori devono essere capaci di eseguire con precisione numerose tipologie di colpi che richiedono una grande coordinazione occhio-mano oltre a scegliere velocemente che colpo eseguire di volta in volta. Vitale e colleghi (2022), ad esempio, hanno condotto uno studio su 12 giovani tennisti maschi junior. I ricercatori hanno assegnato 6 tennisti al gruppo sperimentale, che veniva sottoposto a una restrizione del sonno di 5 ore il giorno prima dei test, e 6 al gruppo di controllo, che invece manteneva le proprie abitudini sonno-veglia. I risultati mostrano che il gruppo sperimentale mostrava una diminuzione significativa della precisione nell'esecuzione di una serie di gesti tecnici specifici, come il servizio, il tiro dritto e il rovescio crosscourt. I risultati sono in linea con quanto trovato da Reyner e Horne (2013) che, studiando i tennisti e le tenniste, hanno trovato che una riduzione del sonno di circa un terzo del tempo peggiora le prestazioni nel servizio. Recentemente sono stati condotti studi interessanti anche sul golf: questo sport richiede numerose abilità come la coordinazione, l'equilibrio e la forza che sono alla base di numerosi gesti tecnici. Nishida e colleghi (2022) si sono focalizzati sul "put" che è un'abilità chiave nel golf perché rappresenta la metà del numero totale di colpi di golf per partita. I ricercatori, a differenza di Zrnkova e Harmon (2021) che si sono limitate a studiare la relazione tra SR e prestazioni dei golfisti collegiali attraverso le percezioni auto-riferite degli atleti, hanno provato a introdurre anche delle misure oggettive del sonno. Lo studio ha coinvolto un campione di 11 giocatori giapponesi di golf collegiali maschi: la condizione SR prevedeva una riduzione del sonno a circa 4-5 ore la notte prima del test di *putting*, la NS una notte di sonno normale. Il test prevedeva la ripetizione di 10 colpi put alle 7:00, 11:00 e 15:00. I ricercatori hanno utilizzato un monitoraggio da polso, valutando diversi parametri del sonno ovvero il TST, l'SE, l'SL, l'SWS e il tempo di risveglio. I risultati delle analisi mostrano una relazione significativa tra gli errori di disallineamento nel gesto tecnico del *put* e la condizione SR rispetto alla condizione NS. I partecipanti che dormivano meno e si trovavano in una condizione di SR commettevano più errori di disallineamento ma non di raggiungimento della distanza. Tuttavia, la sonnolenza soggettiva non era direttamente associata all'accuratezza in nessuna delle condizioni del sonno, ma era maggior nella condizione SR rispetto alla condizione NS. Lastella e colleghi (2021) sostengono che gli atleti utilizzino spesso il *napping* in previsione o in risposta sia della restrizione che della deprivazione del sonno. Come sottolineato in precedenza, il *nap* dopo pranzo può avere degli effetti positivi significativi sulle prestazioni fisiche e cognitive degli atleti, ma anche sulla percezione di stanchezza

e sul tono dell'umore (Boucheris et al., 2020; Daaloul e al., 2019; Lastella et al., 2021; Waterhouse et al., 2007).

La privazione del sonno (SD) è una condizione estrema, in cui il sonno viene totalmente eliminato per giorni. Riontino e Cavallero (2019) distinguono la privazione totale del sonno a lungo termine (oltre le 45 ore) e a breve termine (sotto le 45 ore). Trattandosi di eventi rari nella vita dell'atleta sano che non soffre di patologie come l'insonnia, la letteratura è piuttosto scarsa e i risultati ambigui. Senza tenere conto della differenza nelle due tipologie di privazione totale individuata da Riontino e Cavallero (2019) verrà proposto un ragionamento generico sui principali risultati ottenuti, volti a indagare gli effetti della SD su prestazioni fisiche, cognitive e specifiche per lo sport. In generale, pur rimanendo ambigui, i risultati di diversi studi mostrano una compromissione di alcune prestazioni atletiche e cognitive a seguito di SD. Ad esempio, Temesi e colleghi (2013), sostengono che la SD è associata a una riduzione delle capacità cognitive, delle performance nelle prove di resistenza e che contribuisca ad aumentare la valutazione soggettiva dello sforzo percepito. In altre parole, la SD indurrebbe l'atleta a riferire maggiori livelli di affaticamento da sforzo prolungato (RPE) e a una certa intensità. Temesi e colleghi (2013) hanno notato anche un calo delle prestazioni in un test di esercizio prolungato sub-massimale di corsa in bicicletta: il risultato non può essere spiegato dall'affaticamento centrale, poiché la funzione neuromuscolare non era influenzata dall'SD. I ricercatori hanno notato che una SD di una notte ha avuto un effetto significativo su alcune misure cognitive, come i tempi di reazione, che risultano prolungati nel gruppo sperimentale rispetto al controllo. Il dato risulta interessante alla luce del fatto che tempi di reazione rallentati possono costituire un fattore di rischio per l'atleta, poiché contribuiscono al manifestarsi di infortuni (Mah et al., 2011). La privazione del sonno impedisce al corpo degli atleti di riparare le microlesioni di legamenti e muscoli, attraverso il rilascio ridotto di ormoni specifici secreti durante il sonno (Chandrasekaran et al., 2020). Inoltre, il numero di risposte omesse era decisamente più alto per i soggetti assegnati al gruppo SD. Questo dato è in linea con quanto sostenuto da Riontino e Cavallero (2019), i quali sottolineano come la stanchezza dovuta a una privazione del sonno di 24 ore possa produrre un rallentamento dei tempi di reazione e fluttuazioni dell'attenzione, che inducono il partecipante a commettere un maggior numero di omissioni (*lapses*). Il tempo accumulato di veglia predice il numero di *lapses*. Nello sport questo tipo di errori si traduce, ad esempio, in un mancato passaggio della palla a un compagno di squadra che può determinare il risultato della partita. In un'altra ricerca Skein e colleghi (2011) hanno trovato tempi medi di sprint più lenti e ridotta concentrazione di glicogeno muscolare, forza volontaria e attivazione durante le estensioni isometriche massime del ginocchio su 10 atleti di vari sport di squadra dopo 30 ore di SD. In uno studio precedente, Symons e colleghi (1988) non hanno trovato effetti significativi dell'SD su test di

forza isometrica e isocinetica massima degli arti superiori e inferiori del corpo. Blumert et al. (2007) hanno esaminato gli effetti di 24 ore di privazione del sonno in 9 sollevatori di pesi a livello di college statunitensi, non trovando differenze in nessuno dei compiti di prestazione. Le prestazioni di forza non sembrerebbero particolarmente colpite dalla SD, al contrario di quelle di resistenza: Martin (1981), ad esempio, ha trovato che una SD di 36 ore riduce dell'11% il tempo in cui un soggetto è in grado di correre su un tapis roulant all'80% del suo consumo di ossigeno massimo. In sintesi, pur essendoci dati contrastanti dell'influenza della SD sulle prestazioni atletiche, Thun e colleghi (2015) sostengono nella loro rassegna che le attività che richiedono un'elevata potenza a breve termine sembrano in gran parte inalterate, mentre le prestazioni di resistenza sembrano diminuire dopo la privazione del sonno. Gli effetti psicologici della SD potrebbero, secondo Martin (1981), contribuire alla diminuzione della tolleranza all'esercizio intenso e prolungato. Tuttavia, lo stato dell'umore, come valutato dal profilo degli stati dell'umore, era significativamente alterato, con confusione, vigore, affaticamento e disturbi dell'umore totali, tutti influenzati negativamente dalla privazione del sonno. Così come obiettato da Thun e colleghi (2015) e Fullagar et al. (2015), gli studi illustrati presentano diversi limiti a partire dal campione testato: la numerosità campionaria, infatti, risulta piuttosto bassa in gran parte delle ricerche, soprattutto quella di Blumert e colleghi (2007) e di Skein et al. (2011) e, a volte, i soggetti coinvolti negli studi non erano nemmeno atleti (Riontino & Cavallero, 2019; Temesi et al., 2013). Fullagar e colleghi (2015) fanno notare che anche l'attrezzatura utilizzata per le misurazioni potrebbe aver indotto errori di misurazione, essendo piuttosto arretrata o poco precisa (Martin, 1981; Symons et al., 1988) rispetto agli strumenti sviluppati di recente.

Chandrasekaran e colleghi (2020) hanno provato a fare una rassegna allo scopo di riassumere le ultime evidenze sull'influenza della SD sulla prestazione degli atleti. La SD sembrerebbe favorire la scoordinazione neuromotoria e la perdita di equilibrio, soprattutto negli sport che richiedono tempi di reazione rapidi e agilità. Oltre ai deficit di attenzione dovuti alla SD, i ricercatori sottolineano come il sonno sia fondamentale anche per migliorare le capacità di apprendimento e l'acquisizione di abilità sportive. In particolare, la SD sembra influenzare negativamente funzioni neurocognitive come la memoria visiva e uditiva. Secondo questi ricercatori l'interferenza con i sistemi di memoria sarebbe cruciale, poiché l'atleta non sarebbe in grado di svolgere attività fondamentali per la pratica sportiva, come l'apprendimento di nuove abilità e gesti tecnici e la pianificazione di strategie e tattiche di gioco. La SD ostacolerebbe il consolidamento in memoria di quanto appreso. Questi dati sono in linea con la letteratura che ha indagato le funzioni del sonno nelle popolazioni sane e cliniche ma non di atleti e che ne ha riconosciuto il ruolo attivo nel consolidamento delle memorie (Ficca & Conte, 2019). L'effetto sarebbe evidente soprattutto per la memoria dichiarativa e procedurale (Sara, 2017) ma anche emotiva (Tempesta et al., 2019). Kaida e colleghi (2015) hanno osservato che la capacità

di codificare immagini emotive era compromessa solo dopo la deprivazione totale del sonno ma non dopo una deprivazione selettiva del sonno REM. L'impatto della SD si verifica, nelle popolazioni sane, sia a livello di memoria emotiva contestuale, che implica il recupero di specifici dettagli associati a uno stimolo, sia non contestuale, che prevede il solo riconoscimento di uno stimolo al quale il soggetto è già stato esposto in precedenza (Tempesta et al., 2016). Tuttavia, gli stimoli negativi sembrano meno sensibili alla deprivazione.

1.2.4 Ritmi circadiani e cronotipo degli atleti

Fino ad ora sono stati discussi i principali aspetti del sonno dell'atleta e i fattori che possono comprometterne la qualità e quantità, oltre agli effetti che SR ed SD possono produrre sulla prestazione sportiva. Inoltre, è stato fatto un accenno al concetto di ritmi circadiani e a come essi siano sensibili all'attraversamento dei fusi orari. In questi casi, infatti, si manifesta una condizione clinica chiamata *jet lag* che implica un adattamento improvviso a nuovi orari di luce e buio e comportano una difficoltà a mantenere ritmi di sonno e veglia coerenti con quelli del luogo (Lucidi et al., 2019). L'effetto del *jet lag* è, in generale, di una compromissione dei ritmi circadiani non andrebbe trascurata né dagli atleti né dagli allenatori. In precedenza Drust e colleghi (2005), in linea con quanto sostenuto successivamente da Devoto (2011), hanno trovato che le prestazioni sportive risentono dei ritmi circadiani: studiando i record mondiali, i ricercatori si sono accorti che le prestazioni che richiedono forza muscolare e capacità aerobica come le prove di velocità sono migliori nel pomeriggio o alla sera, mentre gli sport che richiedono strategie di gioco complesse, attenzione sostenuta, uso della memoria e processi decisionali vedono i propri picchi di prestazione durante la prima parte della giornata. Le prestazioni che richiedono più abilità tecniche possono raggiungere un picco un po' prima nel corso della giornata rispetto alle abilità che richiedono più potenza (Thun et al., 2015). Questo effetto sembrerebbe legato alla variazione della temperatura corporea durante la giornata. La temperatura corporea, infatti, è generalmente considerata il principale indicatore endogeno del ritmo circadiano innato degli individui e sembrerebbe associata alle prestazioni atletiche. Vitale e Weydahl (2017), in un'altra rassegna, sottolineano che questa ipotesi non è mai stata nettamente confermata da nessuno studio. I due ricercatori suggeriscono di considerare maggiormente come marker psicofisiologico il cortisolo: esso raggiunge il picco, in condizioni normali, durante la mattinata. Di conseguenza, è lecito supporre che la maggior parte delle prestazioni fisiche raggiunga un picco nella seconda parte della giornata. Thun e colleghi (2015) fanno notare che ci sono dei problemi metodologici alla base dello studio dell'attività circadiana e di come essa influenzi le prestazioni. Infatti, non è facile isolare le abilità motorie specifiche che

compongono la prestazione, soprattutto negli sport che comportano abilità tecniche complesse. Inoltre, alcuni sport svolti in un ambiente aperto possono risentire di alcune variabili climatiche che costituiscono fattori di confusione per la ricerca, mentre gli sport di combattimento non sono stati studiati.

Un aspetto che non è stato approfondito è il cronotipo, inteso come l'espressione della ritmicità circadiana in un individuo (Vitale & Weydahl, 2017). Si tratta, secondo i ricercatori, di una predisposizione caratteristica di un individuo verso la mattina o la sera. La tipologia circadiana può essere descritta come un continuum, ai cui estremi sono presenti i mattutini, detti “allodole”, e i serotini, detti “gufi” (Natale & Cicogna, 2002). Tra i due estremi si collocano invece gli intermedi, che rappresentano circa il 70% della popolazione (Tonetti & Fabbri, 2019). I mattutini, in generale, preferiscono andare a dormire e alzarsi presto, risultando più attivi nelle prime ore del giorno, mentre i serotini manifestano preferenze opposte e un’attivazione maggiore nel tardo pomeriggio e sera. Queste preferenze, nella popolazione normale, variano in funzione di alcuni fattori come il genere e l’età. Le donne e le persone anziane mostrano una forte predisposizione alla mattina rispetto agli uomini e agli individui più giovani (Adan et al., 2012). Carskadon e colleghi (1993), ad esempio, hanno rilevato un passaggio dalla prevalente tipologia mattutina a quella serotina negli adolescenti di 12-13 anni, legata soprattutto ai processi di maturazione puberale e ai cambiamenti del sonno che si verificano negli adolescenti (si veda sottoparagrafo 1.1.1). Risultati simili sono stati trovati in un’indagine condotta da Giannotti e colleghi (2002), che ha coinvolto 6631 adolescenti italiani, di età compresa tra 14,1 e 18,6 anni. I ricercatori hanno trovato che la tendenza verso la tipologia serotina è correlata all’aumento dell’età e che la preferenza serale aumenta significativamente il rischio di scarso rendimento scolastico. I serotini riferivano anche maggiore sonnolenza diurna ed erano maggiormente abituati a includere nelle loro routine quotidiane un *nap*. Non mancano dati in contrasto con quanto appena sostenuto: Randler e colleghi (2017), ad esempio, hanno trovato uno spostamento verso la tipologia serotina già a 9-10 anni. I dati, secondo questi ricercatori, potrebbero non essere accurati poiché i questionari sono stati compilati dai genitori dei ragazzi coinvolti negli studi. La letteratura è piuttosto concorde sul fatto che i diversi sistemi cognitivi mostrino una minore o maggiore efficienza durante le 24 ore. In particolare, bisogna tenere conto della sincronia tra il momento del giorno in cui viene richiesto lo svolgimento di un compito e il picco di *alertness* di ciascun cronotipo (Tonetti & Fabbri, 2019). La prestazione sarà migliore se il momento del giorno in cui viene proposto il compito corrisponde a quello in cui la persona si sente più attiva. Questo viene dimostrato, ad esempio, da Lara e colleghi (2014) che hanno testato mattutini e serotini con il compito SART alle 8:00 e alle 20:30. I ricercatori hanno notato una performance inibitoria migliore alle 8:00 per i mattutini, i cui livelli di vigilanza calavano durante la giornata, mentre per i serotini era

esattamente l'opposto. Non tutte le performance cognitive, tuttavia, sono sensibili alle diverse tipologie di cronotipo. Ad esempio, Natale e colleghi (2003) hanno invece riscontrato delle differenze tra serotini e mattutini in compiti di ragionamento verbale ma non spaziale. Questo dato suggerisce, secondo i ricercatori, che l'emisfero destro manifesta un'attivazione diurna simile per entrambi i cronotipi, mentre quello sinistro sarebbe più attivo la mattina per i mattutini e la sera per i serotini.

Vitale e Weydhal (2017) hanno ipotizzato che il cronotipo di un individuo potrebbe influenzare le prestazioni sportive, specialmente se eseguite molto presto o tardi nella giornata. Alcuni studi inclusi nella revisione sistematica hanno rilevato che i tipi M (mattutini) percepivano uno sforzo minore durante l'esecuzione di un'attività fisica a ritmo autonomo o submassimale al mattino, mentre i tipi E (serotini) e i tipi N (intesi come individui non mattutini o serotini) mostravano valori di fatica più elevati nella prima parte della giornata. Sembra che la tipologia M sia maggiormente diffusa tra gli atleti rispetto ai non-atleti. Bender e colleghi (2018), ad esempio, hanno confrontato 63 atleti d'élite canadesi praticanti sport invernali e hanno trovato una maggiore prevalenza, rispetto agli 83 controlli, della tipologia M. Secondo questi ricercatori un disallineamento dei tempi di sonno con la preferenza circadiana potrebbe contribuire a una qualità del sonno peggiore negli atleti d'élite. Lastella e colleghi (2016) sostengono anche che la tipologia di cronotipo possa influenzare la scelta da parte dell'atleta di continuare o meno a praticare quella specifica attività sportiva. Gli autori hanno ipotizzato che gli atleti possono auto-selezionarsi in sport con tempi di allenamento allineati al loro cronotipo, ottenendo una maggiore probabilità di eccellere in quello sport. Come si può vedere, il cronotipo risulta una variabile fondamentale per diversi aspetti inerenti alle prestazioni sportive. Tuttavia, la relazione che lega cronotipo e performance è di tipo bidirezionale, poiché anche la tipologia di attività sportiva praticata dall'atleta può influenzarne la ritmicità circadiana. Vitale e colleghi (2019b) hanno studiato i ritmi circadiani dell'attività di riposo (RAR), fondamentali per il ciclo sonno-veglia, ipotizzandone delle caratteristiche differenti a seconda della disciplina sportiva. I partecipanti coinvolti nello studio erano atleti maschi e femmine, di età media di 25,6 anni e praticanti tre discipline diverse, ovvero pallavolo, triathlon e calcio. Per quanto riguarda i pallavolisti si tratta di professionisti che militavano nel campionato di Serie A italiano e si allenavano due volte al giorno: il programma prevedeva una seduta di pesi e preparazione fisica al mattino dalle 9:00 alle 11:30 e una sessione di allenamento tecnico e tattico al pomeriggio, dalle 15:00 alle 18:00. Gli atleti di triathlon affrontavano competizioni internazionali allenandosi tre volte al giorno, con due sessioni consecutive alla mattina dalle 8:30 alle 12:00 e una al pomeriggio dalle 15:00 alle 17:00. Le sedute prevedevano a rotazione le tre discipline del triathlon, ovvero corsa, ciclismo e nuoto, e un allenamento con i pesi. Infine, i calciatori dilettanti erano per la maggior parte studenti universitari o lavoratori: durante la fase antecedente alla stagione di campionato si allenavano dalle 20:30 alle 22:30

ogni giorno, includendo esercizi di preparazione fisica, tecnica e tattica. Si tratta dunque di tre tipologie di discipline che impongono tempi e volumi diversi di allenamento. Lo studio, condotto tramite misure attigrafiche, mostra dei risultati interessanti, poiché i RAR differiscono a seconda delle discipline sportive. Si è osservato, ad esempio, che l'acrofase (Φ) avviene significativamente più tardi per i giocatori di calcio (18:28) rispetto a quelli di pallavolo (16:24) e i triatleti (15:20). La *Midline Estimating Statistic of Rhythm* (MESOR) era significativamente più alta nei triatleti rispetto ai pallavolisti e ai calciatori, così come l'ampiezza A. I ricercatori sostengono che la maggiore durata e intensità degli allenamenti mattutini dei triatleti può spiegare l'anticipo dell'acrofase e la maggiore ampiezza della MESOR e della ampiezza A. In sintesi, diverse discipline sportive richiedono programmi di allenamento, carichi di allenamento e intensità diversi che si traducono in diversi RAR.

1.2.5 Studi sui ritmi circadiani e il sonno negli atleti di judo

Il judo è nato come arte marziale giapponese nell'Ottocento, ad opera dello storico fondatore Jigoro Kano. Il judo è diventato ufficialmente sport olimpico a partire dalle Olimpiadi di Tokyo nel 1964. Esistono due specialità, ovvero lo "*shiai*" che indica il combattimento vero e proprio e il "*kata*" (letteralmente "forma") che è l'esecuzione di una serie di tecniche e di difese codificate. Quest'ultimo può essere considerato la forma più tradizionale del judo, ma non è disciplina olimpica. Il regolamento attuale prevede che ogni incontro duri 4 minuti, ai quali viene aggiunto un tempo supplementare (*golden score*) qualora non vi sia alcun punteggio. Esso può essere conseguito attraverso le tecniche di proiezione o quelle di controllo. Le tecniche di controllo vengono eseguite nelle fasi di lotta a terra (*ne waza*) e comprendono le immobilizzazioni, i soffocamenti e le leve articolari, permesse solo sul gomito. Inoltre, il regolamento prevede il conseguimento di due tipi di punteggio, ovvero il *wazari* e l'*ippon*. Il primo viene assegnato quando l'avversario cade sul fianco e tocca il tatami con una spalla, oppure quando l'immobilizzazione viene mantenuta per un tempo di 10 secondi. Due *wazari* compongono un *ippon* e l'incontro è considerato concluso. L'*ippon* invece può essere assegnato in diverse situazioni ovvero la somma di tre sanzioni (*shido*), un'immobilizzazione di 15 secondi, la resa dell'avversario a un soffocamento o una leva articolare nelle fasi di *ne waza*, una proiezione che faccia cadere l'avversario di schiena. Durante l'incontro possono essere assegnati anche eventuali richiami (*shido*) per diversi motivi come la poca propensione ad attaccare o un falso attacco, ovvero una tecnica che non produce squilibrio. Alcuni *shido* portano alla squalifica diretta (*hansoku make*): si tratta di azioni che possono essere valutate come antisportive o pericolose per la salute dei due atleti o di uno dei due.

La federazione italiana ufficiale, riconosciuta dal CONI, è la FIJLKAM, acronimo di Federazione Italiana Judo Lotta Karate Arti Marziali, fondata nel 1902. Il centro tecnico presso cui si svolgono i ritiri delle squadre nazionali è il Centro Olimpico Matteo Pellicone che si trova a Ostia (RM). A partire da quest'anno la Federazione ha creato per la disciplina del judo dei Centri Tecnici Federali (CTF) in Piemonte, Veneto, Emilia Romagna, Lazio, Campania e Sicilia, allo scopo di radunare periodicamente gli atleti di alto livello. Attualmente, a livello competitivo, è prevista una suddivisione per sesso, età e peso. In Italia, oltre ai campionati italiani riservati alle categorie giovanili (Under 15/18/21), è presente un Campionato Assoluto (Under 36) e una finale di Coppa Italia, riservata solo agli atleti civili. Nel calendario federale troviamo anche delle prove di Grand Prix (Under 18/21/36) e di Trofeo Italia (Under 15) che rappresentano dei circuiti di gare sul territorio nazionale. Gli atleti che soddisfano determinati requisiti possono gareggiare anche a livello internazionale, partecipando alle Coppe Europee, Coppe del Mondo, Grand Prix, Grand Slam fino ad arrivare ai Campionati Continentali e Mondiali. Le competizioni si svolgono in una sola giornata: solitamente gli atleti effettuano la prova di controllo del peso la sera prima della competizione, intorno alle 19:00, e gareggiano il giorno successivo. Normalmente gli atleti cominciano i primi incontri intorno alle 8:00-9:00 del mattino, dove vengono svolte le fasi eliminatorie, e terminano nel pomeriggio con i blocchi finali. Ultimamente in Italia, a causa delle nuove normative stabilite alla luce della pandemia da COVID-19, vengono suddivisi in blocchi orari a seconda del peso e dell'età. Le competizioni possono essere concluse anche in serata. In Italia ci sono due grandi categorie di atleti: i professionisti, ovvero coloro che vincono un concorso pubblico bandito dai Gruppi Sportivi Militari, e i dilettanti, che non si arruolano e, nella loro vita quotidiana, frequentano le lezioni scolastiche o universitarie oppure lavorano.

Dopo questo breve excursus volto a fornire una panoramica di che cosa sia il judo e come sia organizzato in Italia, è possibile fare una breve rassegna degli studi che hanno preso in considerazione il sonno e i ritmi circadiani dei judoka. Il corpus di ricerche risulta particolarmente scarso: pochi studi, infatti, hanno indagato la qualità e la quantità del sonno dei judoka e gli effetti di SR o SD sulle prestazioni. Di recente Souissi e colleghi (2022) hanno studiato 14 atleti élite per vedere se una SR di 4 ore avesse un effetto sulle prestazioni in tre test posturali. I ricercatori hanno confrontato i risultati dei test in tre condizioni: 1) Notte normale (RN); 2) SR all'inizio (gli atleti andavano a dormire alle 3:00 e si svegliavano alle 7:00); 3) SR alla fine (gli atleti andavano a dormire alle 22:30 e si svegliavano alle 3:00). Ad eccezione del test *Weight-Bearing Squat*, le altre due prove si sono rivelate sensibili alla SR, dato che le prestazioni degli atleti erano peggiorate. La SR, secondo i ricercatori, compromette il controllo posturale statico degli atleti. Un protocollo simile è stato utilizzato per valutare gli effetti della privazione parziale del sonno sulle prestazioni massime a breve termine dei

judoka al mattino e al pomeriggio del giorno successivo la SR. Anche in questo caso Souissi e colleghi (2013) hanno verificato gli effetti della SR di 4 ore all'inizio (SDB) o alla fine della notte (SDE). I partecipanti coinvolti erano 12 judoka maschi di età media 18,6 anni e con almeno 10 anni di esperienza nei campionati nazionali. I partecipanti sono stati testati in laboratorio, dove sono stati sottoposti alle tre condizioni (RN, SDB, SDE) in ordine casuale e a distanza di una settimana l'una dall'altra. I ricercatori hanno scelto tre prove ovvero la forza di presa massima per la mano dominante (HG), la massima contrazione volontaria (MVC) e il test *Wingate*, che venivano svolte il giorno successivo alla notte in laboratorio alle 9:00 del mattino e alle 16:00 del pomeriggio. Prima delle prove veniva eseguito un breve riscaldamento, composto da 5 minuti di corsa a ritmo basso e 5 minuti di ripetizione di tecniche senza (*Uchi Komi*) e con (*Nage Komi*) la proiezione. Subito dopo le prove veniva svolto un combattimento della durata di 5 minuti con un compagno di squadra della stessa età e categoria di peso, simulando le condizioni di gara. Le prove venivano quindi ripetute e veniva aggiunta anche la valutazione dello sforzo percepito (RPE) tramite la scala di Borg (1982). I risultati mostrano che la RPE era significativamente più alta nella condizione SDE rispetto alla RN e alla SDB. Inoltre, essa era più alta per le prove svolte alle 16:00 nella condizione SDE rispetto a quelle fatte al mattino. In sostanza, i partecipanti sostenevano di aver fatto più fatica a completare le prove nel pomeriggio dopo una notte SDE. Le prove HG e MVC erano sensibili all'ora del giorno: in particolare, si nota un decremento significativo della prestazione alla mattina nella condizione RN. La forza e la potenza muscolare sono diminuite significativamente da prima a dopo il combattimento sia al mattino che al pomeriggio. I ricercatori concludono che la privazione parziale del sonno la notte prima solo nella condizione SDE produce un calo della performance di forza solo nel pomeriggio ma non al mattino. In uno studio simile Chtourou e colleghi (2013) hanno trovato che la potenza e la forza muscolare del judoka sembrano essere significativamente più elevate nel pomeriggio rispetto al mattino. Chtourou et al. (2018), in uno studio successivo condotto su 14 judoka maschi, non hanno trovato differenze nelle prestazioni di sprint ripetuto e di salto e nemmeno nei corrispettivi indici di fatica. Anche l'umore degli atleti non sembra risentire dell'ora del giorno, in linea con quanto riscontrato da Ouergui et al. (2022). Chtourou e colleghi (2018) spiegano questi risultati con l'abitudine, da parte degli atleti, di allenarsi alla mattina presto. Ouergui e colleghi (2022) hanno riscontrato, in linea con Souissi et al. (2022), delle prestazioni in test isometrici migliori il pomeriggio rispetto alla mattina. Inoltre, l'RPE era maggiore per le prove svolte il pomeriggio rispetto a quelle mattutine. Questo dato risulta contrario rispetto a quanto trovato da Souissi e colleghi (2013), poiché essi nella condizione di sonno normale (RN) non avevano trovato differenze significative. Ouergui et al. (2022) hanno anche valutato le prestazioni in compiti sport specifici come lo *Special Judo Fitness Test* (SJFT): questa prova comprende tre periodi di attività di judo, solitamente di 15 o 30 secondi, in

cui viene chiesto all'atleta eseguire la tecnica *Ippon Seoi Nage*, intervallati da sessioni di recupero di 10 secondi (Eken et al., 2022). Il test richiede la partecipazione di tre atleti: uno deve svolgere il massimo numero di proiezioni e gli altri due invece cadono e si rialzano più velocemente possibile. La frequenza cardiaca (FC) viene rilevata immediatamente dopo il test e un minuto dopo per determinare il profilo di recupero della FC. Il test simula gli effetti di un combattimento di judo sui judoka, poiché è influenzato dal metabolismo anaerobico e aerobico. Nello studio di Ouergui et al. (2022) le prestazioni nell'SJFT non erano dipendenti dall'ora del giorno, contrariamente a quanto trovato da Eken e colleghi (2022). Questi ultimi, in particolare, hanno trovato che le prestazioni nell'SJFT di 10 giovani atlete erano migliori il pomeriggio rispetto al mattino e che quindi il test potesse essere sensibile all'ora del giorno. Tuttavia, è bene specificare che Eken et al. (2022) hanno testato i soggetti dopo aver svolto tre tipi di riscaldamento diversi e che questa potrebbe essere una variabile interferente. Non si può dire con certezza se il miglioramento della prestazione nell'SJFT possa essere dovuto all'ora del giorno oppure al tipo di riscaldamento svolto. Anche in questo caso si può notare che gli studi presentati sono stati condotti su campioni piccoli e non vengono tenuti in considerazione alcuni aspetti fondamentali come il cronotipo. La letteratura volta a indagare la variabilità delle prestazioni fisiche, cognitive e sport-specifiche si presenta esigua, così come già notato da Thun e colleghi (2015).

CAPITOLO 2: LA RICERCA

Alla luce dei risultati sperimentali illustrati nel capitolo precedente, è stato sviluppato un disegno di ricerca volto a indagare la relazione tra sonno e prestazione sportiva in atleti praticanti il judo. Lo scopo di questo capitolo è dunque presentare in modo preciso e puntuale tutte le fasi della ricerca, a partire dal reclutamento dei partecipanti fino ad arrivare alle evidenze sperimentali riscontrate. Verranno poi illustrate le modalità di raccolta e di elaborazione dei dati. Risulta fondamentale proporre una descrizione dettagliata non solo del campione e degli strumenti scelti per la ricerca, come i questionari e gli attigrafi, ma anche sviluppare una discussione ampia volta a evidenziare i risultati principali e confrontarli con quanto ottenuto da altri ricercatori. Nella parte finale verranno esposte le conclusioni che possono essere tratte dalla ricerca e i principali limiti della stessa.

2.1 Partecipanti e procedure

2.1.1 Partecipanti

La ricerca ha coinvolto 12 atleti ($N = 12$, 7 maschi, 4 femmine e 1 che non ha specificato il proprio genere) con età compresa tra i 18 e i 29 anni. L'età media dei partecipanti è di 19.92 anni ($SD = 3.029$). La maggior parte dei soggetti sono studenti delle scuole superiori o universitari e 3 sono lavoratori dipendenti. I partecipanti sono tutti di madrelingua italiana e nati in provincia di Treviso, Venezia e Pordenone e nei comuni limitrofi. Il campione è composto da atleti praticanti il judo a livello agonistico a livello nazionale, che partecipano a tappe del circuito Gran Prix e ai campionati nazionali (per una breve descrizione delle competizioni si veda il paragrafo 1.2.4). Il campione è stato reclutato in base alla disponibilità degli atleti e all'età minima di 18 anni.

Tutti gli atleti sono iscritti e si allenano nella A.S.D Polisportiva Tamai sezione Judo Libertas (PN). La società propone per gli agonisti 2 allenamenti settimanali di judo che si tengono il lunedì e il venerdì dalle 19:15 alle 20:45 e 2 di preparazione fisica, il martedì e il giovedì ad orari variabili. Le sedute di pesi e preparazione atletica vengono svolte a gruppi, in base alle necessità lavorative e scolastiche degli atleti e per la gestione degli spazi. Inoltre, gli atleti fanno parte del circuito Sistema Judo Pordenone, un'iniziativa che coinvolge tutte le società sportive della provincia di Pordenone organizzando ogni mercoledì un allenamento congiunto ad Azzano Decimo (PN) dalle 19:30 alle 21:00. Prima di iniziare la ricerca tutti gli atleti hanno firmato il modulo di consenso informato. Inoltre, contestualmente alla richiesta di consenso scritto, è stato spiegato loro il protocollo di ricerca

e sono stati forniti i link dei questionari e gli attigrafi. Agli atleti è stato chiesto di compilare puntualmente i questionari e di tenere al polso il braccialetto per tutta la durata della giornata, ad eccezione delle sedute di allenamento, e di non modificare le proprie abitudini.

2.1.2 Metodologia e procedure

Dopo aver firmato il consenso informato, gli atleti sono stati suddivisi in 3 gruppi per la raccolta dei dati, svolta tra il 18/03/2022 e l'8/04/2022. Il Gruppo 1 era composto da 5 atleti che hanno ricevuto gli attigrafi il 18/03/2022 e li hanno riconsegnati il 25/03/2022, così come il Gruppo 2 (25/03/2022 – 1/04/2022) mentre il Gruppo 3 da 2 atleti (1/04/2022 – 8/04/2022). Gli attigrafi sono stati consegnati dopo l'allenamento serale del giorno di inizio della raccolta dati per ogni gruppo. Dopo aver compilato una scheda demografica, agli atleti è stato richiesto di completare ogni giorno un questionario pre e post allenamento e un diario del sonno. Infine, i partecipanti dovevano compilare il questionario RESTQ-36 al termine della raccolta e riconsegnare gli attigrafi. I questionari sono stati forniti tramite link di Google Moduli all'interno dei gruppi Whatsapp, creati appositamente per la ricerca. In questo modo, gli atleti potevano rispondere alle domande direttamente dal proprio *smartphone*.

La maggioranza degli atleti ha partecipato a una competizione durante la settimana di raccolta dei dati. In particolare, il Gruppo 1 ha preso parte alla tappa di Gran Prix Under 21 Trofeo Internazionale Alpe Adria svoltosi a Lignano Sabbiadoro (UD) il 20/03/2022, mentre 3 atleti del Gruppo 2 hanno svolto le Qualificazioni per la Finale di Coppa Italia A2 a San Vito al Tagliamento (PN) il 27/03/2022. Un solo atleta del Gruppo 1 ha dormito in un hotel vicino alla sede di gara mentre gli altri sono rimasti nelle proprie abitazioni. Infine, gli atleti del Gruppo 3 non hanno preso parte ad alcuna competizione poiché si trovavano in fase di recupero da un infortunio.

2.1.3 Strumenti

2.1.3.1 Attigrafi

Le caratteristiche del sonno sono state misurate utilizzando l'attigrafo da polso MotionWatch 8 (CamNtech, Cambridge, UK) rappresentato in Figura 2.1. Questo attigrafo, che viene indossato nel polso della mano non dominante, registra i movimenti attraverso un accelerometro tri-assiale e fornisce informazioni sul numero di movimenti in un determinato periodo. Inoltre, l'attigrafo è fornito di un pulsante marca eventi. Ai partecipanti è stato chiesto di premere questo pulsante ogni volta che si coricavano per dormire e al risveglio, e quando toglievano il dispositivo per qualsiasi motivo. I

dati raccolti dall'attigrafo sono stati poi analizzati tramite il software MotionWare 1.3.33 (CamNtech, Cambridge, UK).

:



Figura 2. 1 Attigrafo da polso modello MotionWatch 8 (CamNtech, Cambridge, UK; Figura 2.2)

Prima di procedere all'analisi dei dati, tutti i tracciati sono stati ispezionati visivamente e i periodi di sonno sono stati controllati visivamente e aggiustati manualmente nel caso di mancanza di marca-evento o quando necessario. La registrazione dei movimenti e lo scoring del tracciato di sonno è stata effettuata in epoche da 60s un algoritmo validato (Elbaz et al., 2012). L'algoritmo restituisce diverse misure del sonno. Nel presente lavoro sono stati considerati i seguenti parametri:

- Orario di letto (hh:mm): l'orario in cui il partecipante si mette a letto per dormire
- Orario di risveglio (hh:mm): l'orario in cui il partecipante si risveglia al mattino
- Tempo totale di letto (TIB): tempo totale trascorso a letto (ore);
- Durata di sonno: tempo totale trascorso a dormire (ore);
- Latenza di addormentamento (SOL): tempo di addormentamento (minuti);
- Wake After Sleep Onset (WASO): tempo trascorso in veglia dopo essersi addormentati (minuti);
- Efficienza del sonno: valore percentuale del tempo trascorso a letto dormendo, dato dal rapporto tra tempo totale di sonno e tempo passato a letto: $TST/TIB \times 100$

- *Fragmentation index*: grado di frammentazione del sonno, indica quanto spesso il sonno viene interrotto dalla veglia.

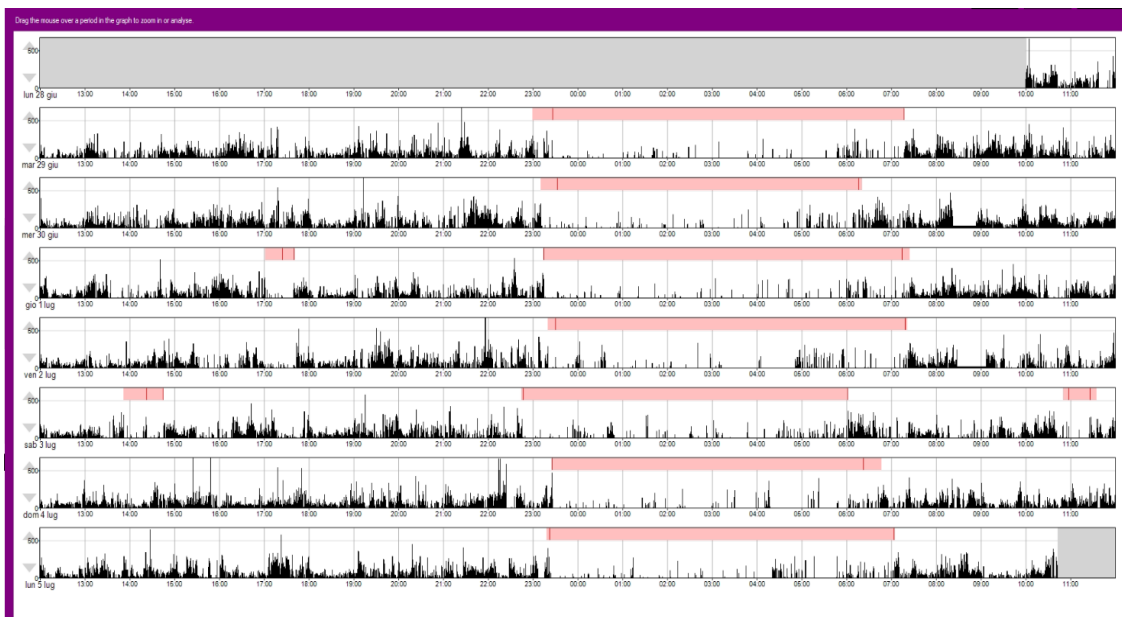


Figura 2. 2 Esempio di tracciato attigrafico. Le sezioni evidenziate in rosa rappresentano i periodi di sonno, gli istogrammi neri il livello di attività motoria, e le parti in grigie i dati mancanti

2.1.3.2 Questionari

Oltre alle misure attigrafiche, agli atleti è stato richiesto di compilare giornalmente alcuni questionari self report, compilabili attraverso una serie di *link* di Google moduli. All’inizio della ricerca gli atleti, dopo aver dato il proprio consenso scritto alla partecipazione allo studio, hanno compilato una scheda demografica, all’interno della quale venivano richieste informazioni generali su età, genere e data di nascita. Inoltre, si chiedeva di quantificare il consumo settimanale di caffè e di alcolici. Nella scheda demografica sono presenti anche i seguenti questionari e scale:

- *Epworth Sleepiness Scale* (ESS, versione italiana di Vignatelli et al., 2003): si tratta di una scala composta da 8 *items* per la valutazione soggettiva della propensione al sonno in situazioni di vita quotidiana. Esso viene identificato come un indicatore affidabile della sonnolenza diurna.
- *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI, versione italiana di Curcio et al., 2012): si tratta di un questionario composto da 19 *items* che permette la valutazione globale del ciclo sonno-veglia nell’ultimo mese. Il punteggio dell’indice va da 0, che indica una buona qualità del sonno, a 21 che invece denota importanti problemi di sonno. Tonetti e Natale (2019b) sottolineano l’importanza di questi strumenti per gli interventi di

screening e di prevenzione secondaria. Il questionario valuta sette domini di difficoltà del sonno che derivano da studi clinici, ovvero: qualità del sonno, latenza del sonno, durata del sonno, efficienza abituale del sonno, disturbi del sonno, uso di sonniferi e disfunzione diurna. Esso, quindi, restituisce singolo indicatore della qualità globale del sonno. Curcio e colleghi (2012) sottolineano che il punteggio del PSQI consente di distinguere i pazienti con diversi disturbi del sonno dai controlli sani. Inoltre, gli autori individuano come *cut off* per la presenza di disturbi del sonno rilevanti un punteggio totale di 5 nel PSQI, in linea con quanto trovato da Buysse e colleghi (1989) nella versione in inglese.

- *Depression Anxiety Stress Scales* (DASS-21, versione italiana di Bottesi et al., 2015): questionario autovalutativo composto da 21 *items*. Esso nasce come versione ridotta del DASS originale, composto da 42 *items* (Lovibond & Lovibond, 1995). Il compito del soggetto testato è indicare la frequenza con cui, nell'ultima settimana, si sono manifestate diverse situazioni. Il partecipante deve esprimere un punteggio su una scala da 0 (= non mi è mai accaduto) a 3 (= mi è capitato quasi sempre). Il DASS è nato dalla necessità di distinguere nel modo più chiaro possibile i sintomi di ansia e depressione. È stata poi aggiunta una terza sottoscala etichettata come "stress" e che è caratterizzata da irritabilità, agitazione, difficoltà a rilassarsi e tensione nervosa.
- *Sport Motivation Scale* (SMS-28): questa scala, sviluppata per la prima volta dal Pelletier e colleghi (1995), valuta la motivazione delle persone ad impegnarsi nelle attività sportive. La versione utilizzata è una traduzione, dato che esiste attualmente una validazione italiana preliminare di Candela e colleghi (2014). La scala valuta 7 tipi di motivazione: motivazione intrinseca verso conoscenza, risultato e stimolo, come pure estrinseca, regolamenti introiettati e riconosciuti e la mancanza di motivazione. Essa contiene 28 affermazioni (4 *items* per ognuna delle 7 sotto-scale) alle quali il soggetto deve rispondere in base al proprio grado di accordo, indicando un punteggio su una scala da 1 (= pienamente in disaccordo) a 5 (= pienamente d'accordo).
- *Reduced Morning-Eveningness Questionnaire* (r-MEQ, versione italiana di Natale, 1999): si tratta di una scala composta da 5 domande tratte dal MEQ (versione italiana di Mecacci & Zani, 1983), di cui 2 a risposta chiusa e 3 a risposta aperta. Il questionario permette di individuare il cronotipo del soggetto attribuendo un punteggio da 4 a 35, che categorizza i partecipanti in serotini (<11), intermedi (11-18) e mattutini (>18). Questo strumento viene considerato come una misura di pura mattutinità, poiché le domande sono riferite ad attività che si svolgono al mattino (Tonetti & Fabbri, 2019).

Inoltre, in base a uno studio condotto da Tonetti e Natale (2019a) su un ampio campione di soggetti di età compresa tra i 18 e i 30 anni, l'r-MEQ sarebbe particolarmente efficace nell'individuazione di profili cronotipici estremi, corrispondenti ai mattutini e serotini (per una trattazione completa si veda il paragrafo 1.2.4).

Infine, i partecipanti hanno compilato il questionario *Recovery Stress Questionnaire for Athletes -36 Sport* (RESTQ-36 Sport) composto da 36 affermazioni che si riferiscono a possibili descrizioni dello stato di benessere fisico o psicologico o a una serie di attività durante gli ultimi 3 giorni e notti. Il partecipante deve rispondere indicando un punteggio su scala Likert da 0 (= mai) a 6 (= sempre) in base alla frequenza con cui si è trovato nelle situazioni descritte. Si tratta dunque di una misura di autovalutazione finalizzata al monitoraggio dell'equilibrio tra stress e recupero, aiutando a comprendere se l'atleta è mentalmente e/o fisicamente stressato e se è in grado di mettere in atto delle strategie per ripristinare il proprio equilibrio interno (Di Fronso et al., 2021). Il questionario originale ideato da Kellman e Kallus (2001) prevede 76 *items* ma, data la frequenza di somministrazione e il tempo impiegato per il completamento, i ricercatori hanno ridotto progressivamente il numero di *items* a 36 (Kallus & Kellman, 2016). Di Fronso e colleghi (2021) sottolineano che non è presente una versione italiana validata del RESTQ-36 Sport. Di conseguenza, si è scelto di utilizzare la traduzione da essi fornita. La versione italiana a 33 *items* si trova a una fase iniziale di convalida.

2.2 Analisi statistiche

I dati delle variabili di stato, e del sonno sono riportate come $\text{media} \pm \text{deviazione standard}$.

I confronti principali tra diverse notti o diversi momenti (es. variabili di stato pre-post allenamento) sono stati effettuati utilizzando del t-test per campioni appaiati. Per queste analisi è stato riportato il valore di t di Student, il valore di p e la dimensione dell'effetto calcolata tramite d di Cohen. Nel caso di variabili ordinali, invece del test di Student è stato usato il test di Wilcoxon e riportato il valore W e il valore di *biserial-rank correlation* come dimensione dell'effetto. L'analisi sui cambiamenti tra notti post-gara e notti post-allenamento è stata effettuata usando dei modelli misti lineari (LMM) con la variabile oggetto di studio (es. durata del sonno) come variabile dipendente, il tipo di evento (gara o allenamento) come fattore fisso e i partecipanti come fattore random.

Sono state condotte correlazioni esplorative tra parametri del sonno e parametri soggettivi o legati agli allenamenti usando il test *r* di Pearson in caso di variabili continue o di Spearman in caso di variabili ordinali.

Per tutte le analisi, un valore di $p < .05$ è stato considerato come valore significativo.

2.3 Risultati

2.3.1 partecipanti: dati relativi alla scheda demografica

Le principali caratteristiche demografiche, psicologiche, e soggettive legate al ritmo sonno-veglia sono riportate in Tabella 2.1.

Tabella 2. 1 Media e deviazione standard delle variabili principali dello studio

	Media	SD
Età (anni)	19.685	2.949
Genere (F/M/NR)	4/7/1	
Consumo di caffeina (unità)	8.500	8.152
Consumo di alcol (unità)	1.250	2.137
DASS-21		
<i>Stress</i>	6.500	3.451
<i>Depression</i>	6.750	5.512
<i>Anxiety</i>	2.917	3.423
<i>Total Score</i>	15.750	9.507
PSQI		
<i>Orario di letto (hh:mm)</i>	23:22	00:37
<i>Orario di risveglio (hh:mm)</i>	06:38	00:28
<i>Tempo totale di letto (h)</i>	7.354	0.833
<i>Latenza di sonno (min)</i>	16.542	20.097
<i>Efficienza del sonno (%)</i>	95.923	11.967
<i>Total Score</i>	5.000	2.374
MEQr	15.750	3.049
ESS	8.250	3.957
SMS-28		
<i>Motivazione intrinseca-conoscenza</i>	13.917	4.582
<i>Motivazione intrinseca-termini</i>	13.667	5.297
<i>Motivazione intrinseca-stimolazione</i>	14.333	4.559
<i>Motivazione estrinseca - riconosciuta</i>	13.333	4.459
<i>Motivazione estrinseca - introiettata</i>	12.583	4.461
<i>Motivazione estrinseca - regolamento</i>	8.917	3.232
<i>Mancanza motivazione</i>	7.750	3.251

Note. NR: preferisce non rispondere; SD: deviazione standard; PSQI: Pittsburg Sleep Quality Index; rMEQ: Morningness-Eveningness Questionnaire reduced version; BDI-II: DASS: Depression Anxiety Stress Scales; SMS: Sport Motivation Scale

Analizzando le schede demografiche degli atleti emergono alcune correlazioni interessanti. Infatti, è stata riscontrata una correlazione significativa tra consumo di caffè ed esito della gara ($r=.801$, $p=.017$). Il maggiore consumo di caffè risulta associato ad una peggiore prestazione. Il consumo di alcol risulta correlato all'ansia ($r=.786$, $p=.002$) ma non ad altre variabili psicologiche né a parametri del sonno. Per una trattazione sui rischi del consumo di caffeina e alcol si veda il sottoparagrafo 1.2.1.2.

Il cronotipo degli atleti in base MEQr è mediamente di tipo intermedio e non correla né con l'esito della gara, né con l'RPE, né con le scale del questionario RESTQ-36, compilato da 8 atleti su 12. La media e la deviazione standard delle scale sono state rappresentate in Tabella 2.2.

Tabella 2. 2 Media e deviazione standard delle principali scale del RESTQ-36

	Media	SD
Autoefficacia	2.542	1.221
Realizzazione personale	2.750	0.792
Buona forma fisica	2.875	0.958
Infortunio	2.375	1.315
Esaurimento emotivo	1.750	1.050
Pause disturbate	0.792	0.775
Qualità del sonno	2.833	1.222
Benessere generale	3.167	0.909
Soddisfazione interpersonale	3.375	1.706
Stress sociale	1.542	1.690
Stress generale	2.333	1.563
Stanchezza	3.000	1.709

2.3.2 Caratteristiche oggettive del sonno

Nella Tabella 2.3 sono riportati i principali parametri del sonno misurati tramite attigrafia e mediati nell'arco della settimana di registrazione, includendo sia giornate di riposo che post-allenamento e post-gara.

Tabella 2. 3 Media e deviazione standard dei principali parametri attigrafici del sonno.

	Media	SD
Orario di Letto (hh:mm)	23:30	00:39
Orario di Risveglio (hh:mm)	07:10	00:37
Tempo Totale di Letto (min)	7.725	0.608
Durata di sonno	5.957	0.695
Latenza del sonno (min)	11.000	10.583
WASO (min)	95.083	32.103
Efficienza del Sonno (%)	77.317	6.519
Frammentazione del Sonno	28.717	10.580

WASO= wake after sleep onset (durata dei risvegli durante la notte).

Osservando i valori registrati si può notare che gli atleti tendono a svegliarsi presto la mattina: questo dato non sorprende, poiché si tratta di soggetti che al mattino vanno a scuola, all'università o sul posto di lavoro. Inoltre, risulta importante notare che la durata del sonno è mediamente al di sotto delle 6 ore: questo significa che, pur passando molto tempo a letto, gli atleti dormono effettivamente poco. Il dato risulta in contrasto con quanto consigliato dalla *National Sleep Foundation*, che sostiene che gli adolescenti hanno bisogno di circa 8-10 ore di sonno a notte per funzionare al meglio, mentre consiglia per gli adulti tra i 18 e i 64 anni 7-9 ore di sonno (Hirshkowitz et al., 2015). Il mancato raggiungimento di un riposo sufficiente può provocare sonnolenza diurna e necessità di fare dei sonnellini durante la giornata. La tendenza degli adolescenti a dormire per poche ore può essere attribuita, secondo Moore e Meltzer (2008) all'interazione tra diversi fattori biologici (Lang et al., 2016) ed estrinseci, come lo svolgimento dei compiti a casa, l'orario di inizio delle lezioni scolastiche l'utilizzo del cellulare e, più in generale, di apparecchi elettronici durante le ore serali e notturne (Bartel et al., 2019; Fossum et al., 2014; Punamaki et al., 2007). Per una trattazione completa della letteratura inerente ai cambiamenti del sonno negli adolescenti si veda il sottoparagrafo 1.1.1. La tendenza a dormire poco rimane stabile anche negli studenti universitari di età compresa tra i 18 e i 24 anni (Lund et al., 2010). Si tratta infatti di una popolazione soggetta a un forte di rischio di accumulo di perdita di sonno, a causa non solo della necessità di molte ore di studio e della frequenza alle lezioni, ma anche della tendenza a condurre una vita sociale notturna e a consumare caffeina e alcolici, oltre alle condizioni abitative non sempre confortevoli (Cellini et al., 2020). Una recente ricerca condotta da Cellini e colleghi (2020) ha cercato di esplorare le caratteristiche del sonno di un campione di studenti universitari italiani di età media di 23,89 anni. In base all'indagine esplorativa gli studenti passavano circa 7 ore e 31 minuti a letto durante i giorni della settimana e 7 ore e 46 minuti nel fine settimana. Tuttavia, il tempo in cui gli studenti effettivamente dormono è limitato

mediamente a 6 ore e 56 minuti. Anche in questo caso, dunque, la durata del sonno è minore rispetto a quella raccomandata dalla *National Sleep Foundation* ma risulta comunque superiore a quella degli atleti coinvolti nella ricerca (si veda Tabella 2.2). All'interno delle raccomandazioni più recenti fornite dalla *National Sleep Foundation*, Ohayon e colleghi (2017) hanno sottolineato che gli indicatori di una buona qualità del sonno sono una latenza ≤ 20 minuti, WASO ≤ 40 minuti ed SE $\geq 85\%$. Cellini e colleghi (2020) hanno riscontrato che un terzo del campione non ha raggiunto la SE raccomandata a causa di un WASO medio maggiore di 40 minuti. Osservando i dati rappresentati nella Tabella 2.3 si può notare che anche per gli atleti il WASO è mediamente elevato e l'SE è di circa il 77%. Sia il campione di studenti universitari analizzati da Cellini et al. (2020) sia il piccolo campione di atleti preso in considerazione in questa ricerca mostrano una scarsa qualità del sonno. In particolare, sembra che gli atleti dormano poco e meno degli studenti, ma che la qualità sia bassa per entrambi.

Inoltre, esplorando la relazione tra le sottoscale della DASS-21 (Tabella 2.1) e le caratteristiche soggettive e oggettive del sonno degli atleti, abbiamo osservato un'associazione tra elevati livelli di stress e peggior qualità del sonno percepita ($r=.632$, $p=.027$), anche se lo stress non risulta associato ad altri parametri attigrafici (mediati nella settimana).

Alti livelli di depressione invece risultano associati ad un ridotto tempo di letto ($r=-.579$, $p=.048$), and una maggior veglia infrasonno ($r=.713$, $p=.009$) e frammentazione del sonno ($r=.674$, $p=.016$) e di conseguenza ad una minore efficienza del sonno ($r=-.628$, $p=.029$), rappresentata in Figura 2.3.

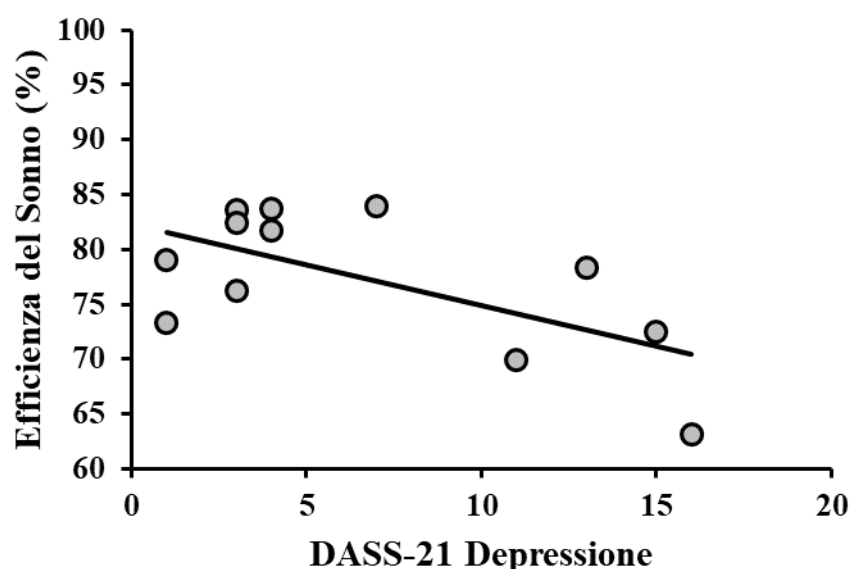


Figura 2. 3 Associazione tra sottoscala della depressione della DASS-21 ed efficienza del sonno (SE)

2.3.3 Dati rilevati nelle giornate di allenamenti

Prima e dopo gli allenamenti gli atleti compilavano una scheda valutante il loro livello di sonnolenza, stanchezza, rilassatezza, e motivazione. A fine allenamento gli atleti riportavano anche la durata dell'allenamento e lo sforzo percepito durante esso. In media i partecipanti hanno svolto allenamenti da 89.43 ± 18.42 minuti, e riportato uno sforzo medio di 13.74 ± 2.50 , che nella scala di Borg viene interpretato come *“un esercizio un po' pesante ma si può continuare”*.

L'analisi su queste variabili di stato pre e post allenamento, mediate per tutti gli allenamenti, ha mostrato come a fine allenamento i partecipanti fossero più stanchi ($t_{29} = -3.747, p < .001, d = -0.684$), più sonnolenti ($t_{29} = -5.392, p < .001, d = 0.984$) e rilassati ($t_{29} = 1.542, p = .134, d = 0.281$), e meno motivati ($t_{29} = 1.613, p = .118, d = 0.294$). Andando ad esplorare la relazione tra queste variabili di stato e la percezione dello sforzo per l'allenamento, solo il livello di stanchezza post-allenamento è significativamente associato con l'RPE ($r = .648, p < .001$).

Sono state esplorate possibili associazioni tra durata degli allenamenti e RPE, e i vari parametri notturni del sonno post-allenamento. Tuttavia, le analisi non mostrano alcuna associazione rispetto ai dati attigrafici. Risulta interessante notare come la durata degli allenamenti sia associata negativamente alla percezione di sonno riposante ($r = -.361, p = .042$) e soddisfacente la mattina dopo ($r = -.407, p = .021$).

2.3.4 Dati relativi alla notte prima e dopo la gara

Otto atleti hanno partecipato a una competizione durante la settimana di raccolta dei dati. In particolare, il Gruppo 1 ha partecipato al Gran Prix Under 21 a Lignano Sabbiadoro (UD) il 20/03/2022, mentre 3 atleti del Gruppo 2 hanno svolto le Qualificazioni per la Finale di Coppa Italia A2 a San Vito al Tagliamento (PN) il 27/03/2022. Un solo atleta del Gruppo 1 ha dormito in un hotel vicino alla sede di gara mentre gli altri sono rimasti nelle proprie abitazioni. Per quanto concerne i risultati, all'interno del Gruppo 1 un solo soggetto ha ottenuto una medaglia di bronzo, uno un quinto posto e due settimi posti. Nel Gruppo 2 invece due soggetti su tre si sono qualificati per la Finale.

Bisogna specificare che tra gli 8 partecipanti alle rispettive competizioni, 2 atleti non hanno indossato l'attigrafo la sera prima della gara. La seguente analisi, svolta su 6 partecipanti, è da considerarsi esplorativa. I dati delle analisi sono rappresentati all'interno della Tabella 2.4.

Confrontando le due notti, gli atleti non hanno mostrato differenze né nei parametri attigrafici presi in esame né nelle valutazioni soggettive riportate nel diario del sonno. Inoltre, non si sono osservate differenze significative per quanto riguarda la stanchezza percepita alla sera, e la sensazione di riposo e soddisfazione rispetto al proprio sonno riportate al mattino.

Esplorando la relazione tra esito di gara e parametri del sonno la sera prima della gara, non sono emerse associazioni significative.

Tabella 2. 4 Media e deviazione standard dei principali parametri attigrafici e del diario del sonno nella notte precedente e successiva ad una gara.

	Pre	Post	W	p	ES
Orario di Letto (hh:mm)	23:05±00:37	23:12±00:39	8.0	0.688	-0.238
Orario di Risveglio (hh:mm)	06:53±00:20	06:20±00:11	11.0	0.418	0.467
Tempo Totale di Letto (min)	7.811±1.260	7.147±0.736	14.0	0.563	0.333
Durata di sonno	6.394±1.126	5.711±0.589	15.0	0.438	0.429
Latenza del sonno (min)	14.833±4.500	19.625±15.500	11.5	0.916	0.095
WASO (min)	70.167±24.145	71.667±12.644	9.0	0.844	-0.143
Efficienza del Sonno (%)	81.950±7.357	79.950±3.199	16.0	0.313	0.524
Frammentazione del Sonno	21.183±11.474	21.250±5.095	10.0	1.000	-0.048
Stanchezza percepita (sera)	5.492±0.976	5.714±0.951	9.0	0.824	-0.143
Riposo percepito (Mattino)	2.714±1.254	2.286±0.488	18.5	0.482	0.321
Soddisfazione sonno (Mattino)	2.429±1.512	1.857±0.900	15.5	0.330	0.476

WASO= wake after sleep onset (durata dei risvegli durante la notte). ES: effect size.

2.3.5 Notti post-gara e notti post-allenamento

I modelli misti sulle variabili attigrafiche non hanno mostrato alcuna differenza significativa tra notti post-gara e notti post-allenamento. Invece l'analisi sui dati soggettivi ha mostrato una differenza significativa nella stanchezza percepita ($F_{1,47.8}=7.94$, $p=.007$), che risulta maggiore nel post-gara che nel post-allenamento.

Tabella 2. 5 Media e deviazione standard dei principali parametri attigrafici e del diario del sonno nella notte successiva ad una gara e ad un allenamento.

	Post-gara	Post-allenamento
Orario di Letto (hh:mm)	23:20±00:53	23:25±00:50
Orario di Risveglio (hh:mm)	06:29±01:03	07:12±00:54
Tempo Totale di Letto (min)	7.160±0.750	7.773±1.129
Durata di sonno	5.558±0.581	5.982±0.991
Latenza del sonno (min)	19.625±16.552	11.115±18.984
WASO (min)	89.147±32.784	89.147±24.196
Efficienza del Sonno (%)	77.813±5.541	77.119±7.360
Frammentazione del Sonno	6.490±1.023	7.217±0.954
Stanchezza percepita (sera)	6.000±0.756	4.784±1.172
Riposo percepito (Mattino)	2.125±0.641	2.294±1.270
Soddisfazione sonno (Mattino)	1.750±0.886	2.333±1.178

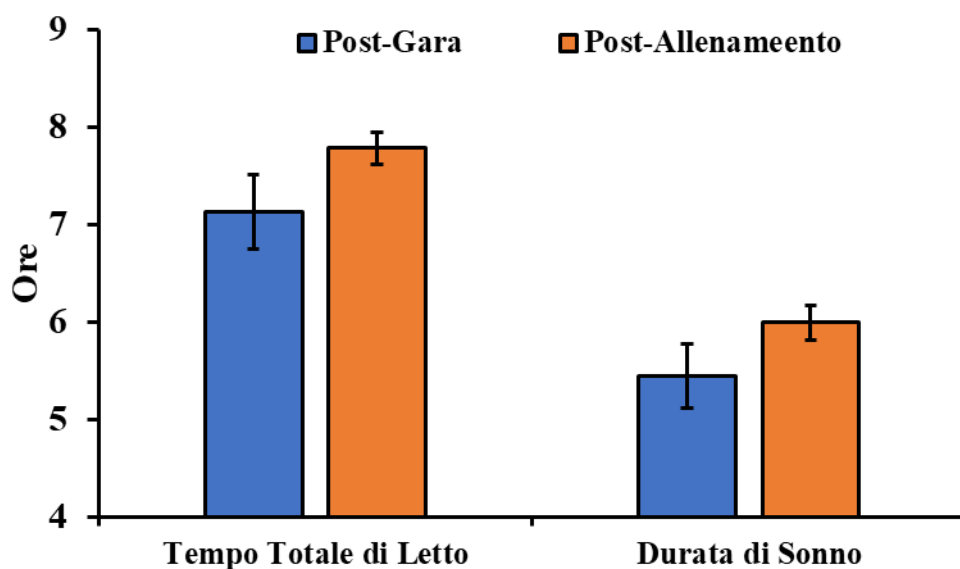


Figura 2. 4 Tempo totale di letto e durata del sonno la notte post-gara e post allenamento

2.3.6 Sonnellini diurni

Nella Figura 2.5 è stata rappresentata la frequenza dei sonnellini diurni nell'arco della settimana di raccolta dati. Si può notare che su 12 atleti 9 di essi hanno riportato di aver effettuato almeno un sonnellino pomeridiano nella settimana di valutazione. In generale gli atleti hanno riportato un numero limitato di sonnellini diurni (19 in totale), la maggior parte dei quali si è svolta la domenica, giornata delle gare (Figura 2.5). Interessante notare come il sabato non siano presenti sonnellini.

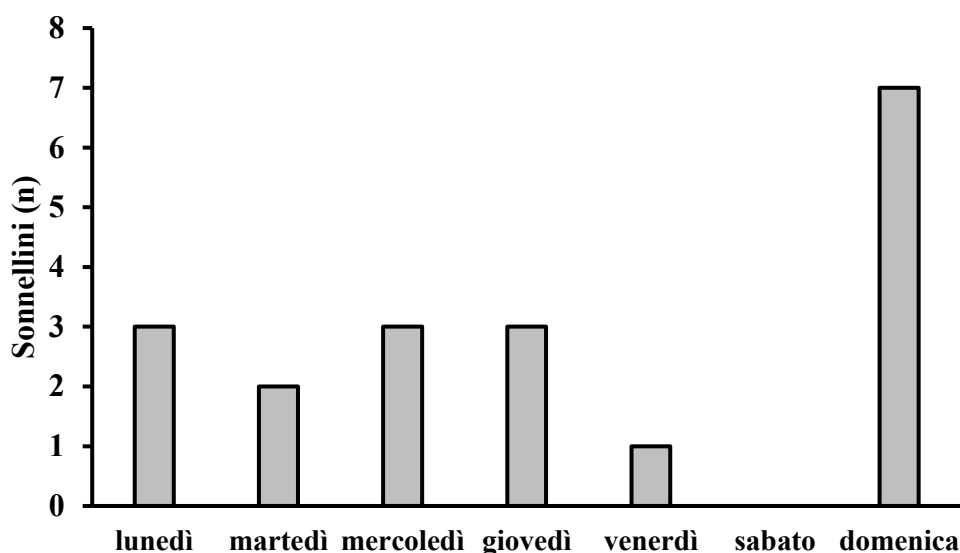


Figura 2. 5 Frequenza di sonnellini diurni nell'arco della settimana

Questi sonnellini avevano una durata variabile tra i 15 e i 90 minuti, e sono stati mediamente lunghi (43.06 ± 24.14 min). La durata dei sonnellini era associata ad un orario di letto ($r = -.562, p = .036$) la sera precedente e di risveglio la mattina stessa ($r = -.497, p = .071$) anticipati, ovvero prima andavano a letto e si svegliavano gli atleti, più lunga era la durata del riposo pomeridiano. Tuttavia, la durata dei sonnellini non era associata ad alcun parametro del sonno nella notte post-sonnellino. Se vengono confrontate le notti post-sonnellino con le notti di giornate senza sonnellino, si osserva come, seppure con orari di letto e di risveglio simili, gli atleti dormissero peggio dopo i sonnellini ($SE\% = 74.52 \pm 7.86$ vs $78.72 \pm 7.27, t_{19} = 2.058, p = .043, d = .566$).

Secondo alcune ricerche l'utilizzo dei sonnellini può essere una strategia efficace per migliorare alcune abilità. A differenza dei protocolli di estensione del sonno proposti in diversi studi (Mah et al., 2011; Swinbourne et al., 2018), l'inserimento di sonnellini diurni nella routine giornaliera depotrebbe essere meno invasiva e più allineata con le necessità degli atleti, oltre che predisporli in misura minore a problemi nell'igiene del sonno (Brauer et al., 2019). Osservando i dati raccolti sul campione, gli atleti dormono peggio la notte successiva al giorno in cui hanno fatto uno o più sonnellini. Questo aspetto può essere dedotto dal fatto che la SE si abbassa in modo significativo. Il *napping*, in tal caso, avrebbe compromesso la qualità del sonno degli atleti nella notte immediatamente successiva. Lo stesso effetto è stato riscontrato in uno studio precedente di Nedelec e colleghi (2015) In base alla rassegna di Lastella e colleghi (2021), gli atleti tenderebbero a fare dei sonnellini mediamente lunghi nei giorni di allenamento (43 ± 28 min) e di gara (44 ± 24 min). Confrontando i dati raccolti sul campione di 12 judoka e la rassegna di Lastella et al. (2021) si può

notare che la durata media dei sonnellini è piuttosto simile. Inoltre, osservando la Figura 2.5, è possibile accorgersi di come la frequenza di sonnellini sia più alta la domenica rispetto all'intera settimana. Una tendenza simile è stata osservata anche da Cellini e colleghi (2020) su studenti universitari di età media leggermente maggiore a quella dei soggetti inclusi nel campione studiato. Cellini et al. (2020) spiegano la mancata abitudine a svolgere sonnellini diurni da parte degli studenti universitari con la mancanza di tempo per rispettare gli orari delle lezioni o altre attività sociali. Il campione di judoka è composto in prevalenza da studenti-atleti sottoposti a un grande carico di stress, determinato da diversi fattori accademici, finanziari, sociali e legati alla condizione fisica (Lopes Dos Santos, 2020). Il problema della mancanza di tempo per fare i sonnellini diurni a causa delle attività sociali o degli orari delle lezioni e di studio potrebbe dunque coinvolgere non solo gli studenti universitari ma anche gli studenti-atleti più giovani, frequentanti le scuole superiori. Inoltre, in base alle linee della *National Sleep Association* di Ohayon e colleghi (2017), la mancanza di sonnellini diurni durante la settimana nei giovani dai 18 ai 25 anni sarebbe un indicatore di buona qualità del sonno. In tal caso, sia il campione di atleti analizzato non manifesterebbe una buona qualità del sonno. Al contrario, soltanto il 13.42% degli studenti universitari italiani studiati da Cellini e colleghi (2020) farebbe 3 o più sonnellini diurni.

2.4 Discussione

Alla luce delle evidenze riscontrate in letteratura e approfondite all'interno del Capitolo 1, è stata realizzata una ricerca su un piccolo campione di atleti di judo ($N = 12$). Nel Capitolo 2 è stato descritto il disegno di ricerca, le caratteristiche demografiche degli atleti e sono state riportate le analisi inerenti alla quantità e qualità del sonno durante una settimana di allenamenti e, nel caso di 8 atleti, anche di gara. I dati raccolti hanno restituito alcuni risultati interessanti che risulta opportuno discutere. Innanzitutto, in linea con quanto osservato nelle ricerche precedenti, la quantità di sonno degli atleti risulta insufficiente in base alle linee guida della *National Sleep Foundation* (Ohayon et al., 2017). Gli atleti passavano molto tempo a letto ma dormivano meno di 6 ore a notte. Si tratta dunque di una tendenza non solo degli atleti ma anche degli studenti delle scuole superiori (Short et al., 2013) e universitari (Cellini et al., 2020; Lang et al., 2016).

La qualità del sonno del campione analizzato risulta piuttosto bassa. In particolare, osservando i parametri attigrafici risulta evidente un elevato WASO che porta a una diminuzione dell'SE a circa il 77%. Il valore è piuttosto basso se confrontato con quanto consigliato da Ohayon e colleghi (2017), ovvero un'SE di almeno 85%. Avendo riscontrato una bassa quantità e qualità del sonno risulterebbe opportuno comprendere se fosse possibile migliorare l'igiene del sonno di questi atleti. Secondo molti

ricercatori il riposo e il recupero rappresentano due aspetti essenziali della preparazione della performance sportiva. Una possibile soluzione al sonno insufficiente potrebbe essere l'inserimento di sonnellini diurni nella routine giornaliera. Nonostante il riscontro positivo su diversi test fisici e cognitivi (Bouchris et al., 2020; Waterhouse et al., 2007) l'efficacia dei sonnellini rimane controversa. Analizzando i sonnellini svolti dal campione si nota che la maggior parte di essi è stata svolta la domenica. Inoltre, in linea con quanto riscontrato da Nedelec e colleghi (2015), gli atleti dormivano peggio se durante la giornata facevano un sonnellino. A titolo speculativo si potrebbe ipotizzare che in realtà i sonnellini si inseriscano in una routine del sonno disfunzionale e che compensino solo in parte un accumulo di sonno insufficiente. Gli atleti, non dormendo a sufficienza, entrerebbero così in un circolo vizioso che impedisce loro di recuperare. Ovviamente questa ipotesi andrebbe testata a livello sperimentale.

Inoltre, risulta importante considerare che la durata degli allenamenti è associata negativamente alla percezione di sonno riposante e soddisfacente la mattina dopo: più gli atleti si allenavano, meno si sentivano riposati al risveglio del giorno dopo. Lo sforzo quantificato in base alla scala di Borg era medio. In base a questi dati non sembra che gli atleti si trovassero in una condizione di *overtraining*, ma la durata dell'allenamento sembra influire sulla percezione di un sonno ristoratore. Tuttavia, non ci sono associazioni tra la durata degli allenamenti e i parametri attigrafici. Il dato potrebbe essere spiegato considerando che la valutazione retrospettiva del sonno da parte degli atleti potrebbe tenere conto maggiormente della qualità percepita della veglia successiva, così come ipotizzato da Cerasuolo e colleghi (2019).

Considerando i dati raccolti per i 6 atleti che hanno portato l'attigrafo sia nelle notti pre allenamento che la notte pre gara, non si osservano differenze statisticamente significative, in contrasto con quanto riscontrato da altri ricercatori (Juliff et al., 2015; Lastella et al., 2014a). La quantità di sonno risulta inferiore alle 6 ore. Questo dato può essere spiegato con il fatto che tutti gli atleti hanno combattuto la domenica, di conseguenza il lunedì dovevano svegliarsi presto per andare a scuola, all'università o al lavoro. La qualità del sonno, così come riportato in precedenza, rimane mediamente bassa, con un SE intorno al 77% e un WASO elevato.

Risulta opportuno prendere in considerazione alcune correlazioni tra sottoscale della DASS-21, illustrate in Tabella 2.1 nel sottoparagrafo 2.3.2 e le caratteristiche soggettive e oggettive del sonno degli atleti. In particolare, è presente un'associazione tra elevati livelli di stress e peggiore qualità del sonno percepita, anche se lo stress non risulta associato ad altri parametri attigrafici. Sembra dunque che maggiori sono i livelli di stress percepiti dagli atleti, peggiore sia la qualità del sonno. Lo stress potrebbe essere stato indotto dai carichi di allenamento che andrebbero

specificatamente valutati. Gli atleti, infatti, percepiscono uno sforzo medio ma la durata dell'allenamento ha un impatto sulla percezione del sonno come ristoratore. In sostanza, si potrebbe supporre che, essendo sottoposti a un programma di allenamento a lunga durata ma richiedente uno sforzo percepito come medio, gli atleti percepiscano un maggiore stress, associato a sua volta un peggioramento della qualità del sonno. Inoltre, alti livelli di depressione sono risultati associati ad un ridotto tempo di letto, a una maggior veglia infrasonno e a un grado di frammentazione del sonno elevato. Un alto punteggio nella scala di depressione della DASS-21 era associato a un minor tempo trascorso a letto e a un sonno frammentato e interrotto da tempi di veglia piuttosto lunghi. Il livello di SE, di conseguenza, risultava piuttosto basso.

Infine, osservando i dati relativi agli esiti della competizione a cui hanno partecipato gli atleti sono emersi ulteriori dati in interessanti. Infatti, non sono state riscontrate associazioni tra i parametri del sonno la sera prima della gara e l'esito della competizione. Al contrario, un maggiore consumo di caffè risulta associato ad una peggiore prestazione ma non ai parametri del sonno. Il dato risulta interessante poiché è in contrasto con quanto riscontrato da Clark e Landolt (2017) e Gomes de Souza et al. (2022). Inoltre, bisogna specificare che alcuni studi hanno mostrato un miglioramento nella prestazione sportiva grazie a un elevato consumo di caffeina (Souza et al., 2017), tanto da indurre la WADA a vietarne il consumo eccessivo e ad inserirla tra gli stimolanti vietati. Nel caso degli atleti analizzati, che non si trovano chiaramente in una condizione di *doping*, l'effetto è stato contrario. In effetti, Walsh e colleghi (2021) hanno sottolineato i difetti metodologici di alcuni degli studi volti a indagare gli effetti della caffeina. Tra le problematiche riscontrate dai ricercatori è presente anche la modalità di assunzione della caffeina: essa, infatti, è contenuta anche in molte bevande energetiche che combinano diverse sostanze stimolanti. Risulta dunque difficile stabilire un effetto diretto della caffeina sulla prestazione sportiva e la questione rimane controversa. Infine, il consumo di alcol risulta correlato all'ansia ma non ad altre variabili psicologiche né a parametri del sonno.

LIMITI

Infine, risulta opportuno sottolineare alcuni limiti della ricerca condotta, allo scopo di offrire dei possibili spunti di miglioramento e di lavoro futuro.

In primo luogo, così come per gli studi analizzati e discussi nel Capitolo 1, è bene considerare che la numerosità campionaria è piuttosto bassa e pari a 12 soggetti. Risulta dunque limitata la possibilità di generalizzare i dati ottenuti. Questa problematica è stata riscontrata anche da altri autori che hanno condotto ricerche precedenti. Infatti, la maggior parte degli studi che hanno analizzato non solo variabili soggettive tramite questionari ma anche i parametri oggettivi del sonno tramite attigrafia, hanno coinvolto campioni mediamente di 15 soggetti. Inoltre, i dati attigrafici raccolti la sera pre gara sono riferibili a 6 soggetti, corrispondenti alla metà del campione. Questo ha portato a costruire un database incompleto.

In secondo luogo, è opportuno specificare che, a parte in alcuni casi, non sono stati utilizzati questionari validati specifici per la popolazione sportiva e non sono state indagate in modo approfondito alcune variabili di personalità. Inoltre, alcune misure *self report* come la SMS-28 non sono ancora state validate in lingua italiana, per cui si è optato per l'utilizzo di una buona traduzione.

Infine, è presente una letteratura piuttosto scarsa sulla relazione tra il sonno e la prestazione specifica per il judo. Questa disciplina, al contrario di altri sport come la pallacanestro, il calcio o la pallavolo, non è stata oggetto di interesse di molti ricercatori. Questa ricerca, seppure con diversi limiti, potrebbe essere un primo passo per cominciare a esplorare e studiare gli effetti del sonno sugli sport di combattimento.

BIBLIOGRAFIA

- Adan, A., Archer, S. N., Hidalgo, M. P., Di Milia, L., Natale, V., & Randler, C. (2012). Circadian typology: a comprehensive review. *Chronobiology International*, 29(9), 1153-1175.
- Aguilar-Navarro, M., Muñoz, G., Salinero, J. J., Muñoz-Guerra, J., Fernández-Álvarez, M., Plata, M. D. M., & Del Coso, J. (2019). Urine caffeine concentration in doping control samples from 2004 to 2015. *Nutrients*, 11(2), 286.
- Aloulou, A., Duforez, F., Léger, D., De Larochelambert, Q., & Nedelec, M. (2021). The relationships between training load, type of sport, and sleep among high-level adolescent athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(6), 890-899.
- Andrade, A., Bevilacqua, G. G., Coimbra, D. R., Pereira, F. S., & Brandt, R. (2016). Sleep quality, mood and performance: a study of elite Brazilian volleyball athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(4), 601-605.
- Arnett, J. J. (2000). Emerging adulthood: A theory of development from the late teens through the twenties. *American Psychologist*, 55(5), 469-480.
- Arnett, J. J., Kloep, M., Hendry, L. B., & Tanner, J. L. (2011). *Debating emerging adulthood: Stage or process?*. New York, NY: Oxford University Press.
- Atoui, S., Chevance, G., Romain, A. J., Kingsbury, C., Lachance, J. P., & Bernard, P. (2021). Daily associations between sleep and physical activity: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 57, 101426.
- Bachis, M. P., Pisano, V., & Guicciardi, M. (2003). Esercizio fisico e salute nei diabetici di tipo 2. Una ricerca empirica sui costrutti di autoefficacia e concetto di Sé fisico. In M. Guicciardi (a cura di), *Psicologia e sport. Metodi e tecniche di ricerca*. (pp. 247-272). Milano: Guerini
- Barnes, M. J. (2014). Alcohol: impact on sports performance and recovery in male athletes. *Sports Medicine*, 44(7), 909-919
- Baron, K. G., Reid, K. J., & Zee, P. C. (2013). Exercise to improve sleep in insomnia: exploration of the bidirectional effects. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 9(8), 819-824.
- Bartel, K., Scheeren, R., & Gradisar, M. (2019). Altering adolescents' pre-bedtime phone use to achieve better sleep health. *Health Communication*, 34(4), 456-462.

Bender, A. M., Van Dongen, H. P., & Samuels, C. H. (2018). Sleep quality and chronotype differences between elite athletes and non-athlete controls. *Clocks & Sleep*, 1(1), 3-12.

Biasin, C. (2019). Emeging adulthood: la “fatica” di diventare adulti. In Cornacchia, M., & Tramma, S (a cura di). *Vulnerabilità in età adulta. Uno sguardo pedagogico*. (pp. 83-102). Roma: Carocci.

Blumert, P. A., Crum, A. J., Ernsting, M., Volek, J. S., Hollander, D. B., Haff, E. E., & Haff, G. G. (2007). The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of nationalcaliber male collegiate weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1146-1154.

Bolin, D. J. (2019). Sleep deprivation and its contribution to mood and performance deterioration in college athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 18(8), 305-310.

Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, 1(3), 195-204.

Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377–381.

Bottesi, G., Ghisi, M., Altoè, G., Conforti, E., Melli, G., & Sica, C. (2015). The Italian version of the Depression Anxiety Stress Scales-21: Factor structure and psychometric properties on community and clinical samples. *Comprehensive Psychiatry*, 60, 170-181.

Boukhris, O., Trabelsi, K., Ammar, A., Abdessalem, R., Hsouna, H., Glenn, J. M., ... & Chtourou, H. (2020). A 90 min daytime nap opportunity is better than 40 min for cognitive and physical performance. *InternationalJjournal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 4650.

Brand, S., Gerber, M., Beck, J., Hatzinger, M., Pühse, U. W. E., & Holsboer-Trachsler, E. (2010a). Exercising, sleep-EEG patterns, and psychological functioning are related among adolescents. *The World Journal of Biological Psychiatry*, 11(2), 129-140.

Brand, S., Gerber, M., Beck, J., Hatzinger, M., Pühse, U., & Holsboer-Trachsler, E. (2010b). High exercise levels are related to favorable sleep patterns and psychological functioning in adolescents: a comparison of athletes and controls. *Journal of Adolescent Health*, 46(2), 133-141.

Brauer, A. A., Athey, A. B., Ross, M. J., & Grandner, M. A. (2019). Sleep and health among collegiate student athletes. *Chest*, 156(6), 1234-1245.

Bromley, L. E., Booth III, J. N., Kilkus, J. M., Imperial, J. G., & Penev, P. D. (2012). Sleep restriction decreases the physical activity of adults at risk for type 2 diabetes. *Sleep*, 35(7), 977-984.

Buysse, D. J., Reynolds III, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213.

Caliandro, R., Streng, A. A., van Kerkhof, L. W., van der Horst, G. T., & Chaves, I. (2021). Social jetlag and related risks for human health: A timely review. *Nutrients*, 13(12), 4543.

Campbell, E. H., Poudevigne, M., McFarlane, S., Dilworth, L., & Irving, R. (2021). Evidence That Sleep Is an Indicator of Overtraining during the Competition Phase of Adolescent Sprinters. *Journal of Sports Medicine*, 2021, 6694547.

Candela, F., Zucchetti, G., & Villosio, C. (2014). Preliminary validation of the Italian version of the original sport motivation scale. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9(1), 136-147.

Carskadon, M. A., Acebo, C., Richardson, G. S., Tate, B. A., & Seifer, R. (1997). An approach to studying circadian rhythms of adolescent humans. *Journal of Biological Rhythms*, 12(3), 278-289.

Carskadon, M. A., Vieira, C., & Acebo, C. (1993). Association between puberty and delayed phase preference. *Sleep*, 16(3), 258-262.

Carter, J. R., Gervais, B. M., Adomeit, J. L., & Greenlund, I. M. (2020). Subjective and objective sleep differ in male and female collegiate athletes. *Sleep Health*, 6(5), 623-628.

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

Cellini, N., Menghini, L., Mercurio, M., Vanzetti, V., Bergamo, D., & Sarlo, M. (2020). Sleep quality and quantity in Italian University students: an actigraphic study. *Chronobiology International*, 37(11), 1538–1551.

Cerasuolo, M., Annunziata, M., Barbato, G., Conte F., & Ficca, G. (2019). Fenomenologia del sonno: principi generali. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del Sonno* (pp. 3-26). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Chandrasekaran, B., Fernandes, S., & Davis, F. (2020). Science of sleep and sports performance—a scoping review. *Science & Sports*, 35(1), 3-11.

Chtourou, H., Aloui, A., Hammouda, O., Chaouachi, A., Chamari, K., & Souissi, N. (2013). The effect of time-of-day and judo match on short-term maximal performances in judokas. *Biological Rhythm Research*, 44(5), 797-806.

Chtourou, H., Engel, F. A., Fakhfakh, H., Fakhfakh, H., Hammouda, O., Ammar, A., ... & Sperlich, B. (2018). Diurnal variation of short-term repetitive maximal performance and psychological variables in elite judo athletes. *Frontiers in Physiology*, 9, 1499.

Clark, I., & Landolt, H. P. (2017). Coffee, caffeine, and sleep: A systematic review of epidemiological studies and randomized controlled trials. *Sleep Medicine Reviews*, 31, 70-78.

Claudino, J. G., J 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., & P 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.

Colrain, I. M., & Baker, F. C. (2011). Changes in sleep as a function of adolescent development. *Neuropsychology review*, 21(1), 5-21.

Cornacchia, M., & Tramma, S. (2019). *Vulnerabilità in età adulta. Uno sguardo pedagogico*. Roma: Carocci.

Crum, A. J., & Langer, E. J. (2007). Mind-set matters: exercise and the placebo effect. *Psychological Science*, 18(2), 165-171.

Curcio, G., Tempesta, D., Scarlata, S., Marzano, C., Moroni, F., Rossini, P. M., Ferrara, M., & De Gennaro, L. (2013). Validity of the Italian version of the Pittsburgh sleep quality index (PSQI). *Neurological sciences*, 34(4), 511-519.

Daaloul, H., Souissi, N., & 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.

Devoto, A. (2011). L'intervento non-farmacologico sui disturbi del sonno in ambito sportivo. In F. Lucidi (Ed.), *SportivaMente: temi di psicologia dello sport* (pp. 401-426). Milano: LED

De Zambotti, M., Cellini, N., Goldstone, A., Colrain, I. M., & Baker, F. C. (2019). Wearable sleep technology in clinical and research settings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(7), 1538.

Di Fronso, S., Robazza, C., Montesano, C., & Bertollo, M. (2021). Initial Validation of a 33-Item Recovery-Stress Questionnaire for Italian Athletes. *The Open Sports Sciences Journal*, 14(1), 43-50.

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

Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., & Reilly, T. (2005). Circadian rhythms in sports performance -- an update. *Chronobiology International*, 22(1), 21-44.

Du Preez, E. J., Graham, K. S., Gan, T. Y., Moses, B., Ball, C., & Kuah, D. E. (2017). Depression, anxiety, and alcohol use in elite rugby league players over a competitive season. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(6), 530-535.

Dumortier, J., Mariman, A., Boone, J., Delesie, L., Tobback, E., Vogelaers, D., & Bourgois, J. G. (2018). Sleep, training load and performance in elite female gymnasts. *European Journal of Sport Science*, 18(2), 151-161.

Eastman, C. I., Gazda, C. J., Burgess, H. J., Crowley, S. J., & Fogg, L. F. (2005). Advancing circadian rhythms before eastward flight: a strategy to prevent or reduce jet lag. *Sleep*, 28(1), 33-44.

Eken, Ö., Clemente, F. M., & Nobari, H. (2022). Judo specific fitness test performance variation from morning to evening: specific warm-ups impacts performance and its diurnal amplitude in female judokas. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1), 1-13.

Erlacher, D., Ehrlenspiel, F., Adegbesan, O. A., & Galal El-Din, H. (2011). Sleep habits in German athletes before important competitions or games. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 859-866.

Ficca, G., & Conte, C. (2019). Sonno, apprendimento e memoria. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del Sonno* (pp. 197-217). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Ficca, G. & Fabbri, M. (2019). *Psicologia del Sonno*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore

Fischer, D., Lombardi, D. A., Marucci-Wellman, H., & Roenneberg, T. (2017). Chronotypes in the US—influence of age and sex. *PloS One*, 12(6), e0178782.

Flausino, N. H., Da Silva Prado, J. M., de Queiroz, S. S., Tufik, S., & de Mello, M. T. (2012). Physical exercise performed before bedtime improves the sleep pattern of healthy young good sleepers. *Psychophysiology*, 49(2), 186-192.

Folkard, S., & Barton, J. (1993). Does the 'forbidden zone' for sleep onset influence morning shift sleep duration?. *Ergonomics*, 36(1-3), 85-91.

Fossum, I. N., Nordnes, L. T., Storemark, S. S., Bjorvatn, B., & Pallesen, S. (2014). The association between use of electronic media in bed before going to sleep and insomnia symptoms, daytime sleepiness, morningness, and chronotype. *Behavioral Sleep Medicine*, 12(5), 343-357.

Foti, K. E., Eaton, D. K., Lowry, R., & McKnight-Ely, L. R. (2011). Sufficient sleep, physical activity, and sedentary behaviors. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(6), 596-602.

Fowler, P., Duffield, R., Howle, K., Waterson, A., & Vaile, J. (2015). Effects of northbound long-haul international air travel on sleep quantity and subjective jet lag and wellness in professional Australian soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 648–654.

Fowler, P., Duffield, R., & Vaile, J. (2014). Effects of domestic air travel on technical and tactical performance and recovery in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 378-386.

Fowler, P. M., McCall, A., Jones, M., & Duffield, R. (2017). Effects of long-haul transmeridian travel on player preparedness: case study of a national team at the 2014 FIFA World Cup. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 322-327.

Francesconi, R. P., Stokes, J. W., Banderet, L. E., & Kowal, D. M. (1978). Sleep deprivation and sustained operations: Effects on indices of stress. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 49(11), 1271-1274.

Fullagar, H. H., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A. J., & Meyer, T. (2015). Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161-186.

Giannotti, F., Cortesi, F., Sebastiani, T., & Ottaviano, S. (2002). Circadian preference, sleep and daytime behaviour in adolescence. *Journal of Sleep Research*, 11(3), 191-199.

De Souza, J. G., Del Coso, J., Fonseca, F. S., Silva, B., de Souza, D. B., da Silva Gianoni, R. L., Filip-Stachnik, A., Serrão, J. C., & Claudino, J. G. (2022). Risk or benefit? Side effects of caffeine supplementation in sport: a systematic review. *European Journal of Nutrition*, 10.1007/s00394-022-02874-3.

Elbaz, M., Yaou, K., Metlaine, A., Martoni, M., and Leger, D. (2012). Validation of a new actigraph motion watch versus polysomnography on 70 healthy and suspected sleep-disordered subjects. *Journal of Sleep Research*, 21, 218–218.

Goumas, C. (2014). Home advantage in Australian soccer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(1), 119-123.

Guicciardi, M. (2011). Attività fisica, correlati psicologici e salute. In F. Lucidi (Ed.), *SportivaMente: Temi di Psicologia dello Sport* (pp. 225-257). Milano: LED

Haller, N., Hübler, E., Stöggl, T., & Simon, P. (2022). Evidence-Based Recovery in Soccer—Low-Effort Approaches for Practitioners. *Journal of Human Kinetics*, 82(1), 75-99.

Hamlin, M. J., Deuchrass, R. W., Olsen, P. D., Choukri, M. A., Marshall, H. C., Lizamore, C. A., Leong, C., & Elliot, C. A. (2021). The Effect of Sleep Quality and Quantity on Athlete's Health and Perceived Training Quality. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 705650.

Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Adams Hillard, P. 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. (2015). National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report. *Sleep Health*, 1(4), 233–243

Hurdiel, R., Watier, T., Honn, K., Pezé, T., Zunquin, G., & Theunynck, D. (2017). Effects of a 12-week physical activities programme on sleep in female university students. *Research in Sports medicine (Print)*, 25(2), 191–196.

Janse van Rensburg, D. C., Jansen van Rensburg, A., Fowler, P. M., Bender, A. M., Stevens, D., Sullivan, K. O., Fullagar, H., Alonso, J. M., Biggins, M., Claassen-Smithers, A., Collins, R., Dohi, M., Driller, M. W., Dunican, I. C., Gupta, L., Halson, S. L., Lastella, M., Miles, K. H., Nedelec, M., Page, T., Roach, G., Sargent, C., Singh, M., Vincent, G. E., Vitale, J. & Botha, T. (2021). Managing Travel Fatigue and Jet Lag in Athletes: A Review and Consensus Statement. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(10), 2029–2050.

Jonasdottir, S. S., Bagrow, J., & Lehmann, S. (2022). Sleep during travel balances individual sleep needs. *Nature Human Behaviour*, 6(5), 691-699.

Juliff, L. E., Halson, S. L., & Peiffer, J. J. (2015). Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(1), 13-18.

Kaida, K., Niki, K., & Born, J. (2015). Role of sleep for encoding of emotional memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 121, 72-79.

Kalak, N., Gerber, M., Kirov, R., Mikoteit, T., Yordanova, J., Pühse, U., ... & Brand, S. (2012). Daily morning running for 3 weeks improved sleep and psychological functioning in healthy adolescents compared with controls. *Journal of Adolescent Health*, 51(6), 615-622.

Kellmann M. (2002). *Preventing Underperformance in Athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240–245.

Kallus, K. W., & Kellmann, M. (2016). *The recovery-stress questionnaires: user manual*. Frankfurt, Germany: Pearson.

Kellmann, M., and Kallus, K. W. (2001). *Recovery-Stress Questionnaire for Athletes: User Manual*. Champaign, IL: Human Kinetics

Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 38(3), 427-449.

Kubitz, K. A., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., & Han, M. (1996). The effects of acute and chronic exercise on sleep. *Sports Medicine*, 21(4), 277-291.

Lalor, B. J., Tran, J., Halson, S. L., Kemp, J. G., & Cormack, S. J. (2021). Business class travel preserves sleep quality and quantity and minimizes jet lag during the ICC Women's T20 World Cup. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(10), 1490-1501.

Lang, C., Kalak, N., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2016). The relationship between physical activity and sleep from mid adolescence to early adulthood. A systematic review of methodological approaches and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 32-45.

Lara, T., Madrid, J. A., & Correa, Á. (2014). The vigilance decrement in executive function is attenuated when individual chronotypes perform at their optimal time of day. *PloS One*, 9(2), e88820.

Lastella, M., Halson, S. L., Vitale, J. A., Memon, A. R., & Vincent, G. E. (2021). To nap or not to nap? A systematic review evaluating napping behavior in athletes and the impact on various measures of athletic performance. *Nature and Science of Sleep*, 13, 841.

Lastella, M., Lovell, G. P., & Sargent, C. (2014a). Athletes' precompetitive sleep behaviour and its relationship with subsequent precompetitive mood and performance. *European Journal of Sport Science*, 14 Suppl 1, S123-S130.

Lastella, M., Roach, G. D., Halson, S. L., Gore, C. J., Garvican-Lewis, L. A., & Sargent, C. (2014b). The effects of transmeridian travel and altitude on sleep: preparation for football competition. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(3), 718.

Lastella, M., Roach, G. D., Halson, S. L., & Sargent, C. (2015). Sleep/wake behaviours of elite athletes from individual and team sports. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 94-100.

Lastella, M., Roach, G. D., Halson, S. L., & Sargent, C. (2016). The chronotype of elite athletes. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 219-225.

Lastella, M., Roach, G. D., & Sargent, C. (2019). Travel fatigue and sleep/wake behaviors of professional soccer players during international competition. *Sleep Health*, 5(2), 141-147.

Lavie, P. (1986). Ultrashort sleep-waking schedule. III. 'Gates' and 'forbidden zones' for sleep. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 63(5), 414-425.

Leeder, J., Glaister, M., Pizzoferro, K., Dawson, J., & Pedlar, C. (2012). Sleep duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy. *Journal of sports sciences*, 30(6), 541-545.

Lemmer, B., Kern, R. I., Nold, G., & Lohrer, H. (2002). Jet lag in athletes after eastward and westward time-zone transition. *Chronobiology International*, 19(4), 743-764.

Lopes Dos Santos, M., Uftring, M., Stahl, C. A., Lockie, R. G., Alvar, B., Mann, J. B., & Dawes, J. J. (2020). Stress in academic and athletic performance in collegiate athletes: A narrative review of sources and monitoring strategies. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 42.

Lovibond, P. F., & Lovibond, S. H. (1995). The structure of negative emotional states: Comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories. *Behaviour Research and Therapy*, 33(3), 335-343.

Lowe, C. J., Safati, A., & Hall, P. A. (2017). The neurocognitive consequences of sleep restriction: a meta-analytic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 586-604.

Lucidi, F. (Ed.). (2011). *SportivaMente: Temi di Psicologia dello Sport*. Milano: LED, Ed. Univ. di Lettere Economia Diritto.

Lucidi, F., Devoto, A., & Mallia, L. (2019). Il sonno e i suoi effetti sulla performance nella vita quotidiana. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del Sonno* (pp. 369-394). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Lund, H. G., Reider, B. D., Whiting, A. B., & Prichard, J. R. (2010). Sleep patterns and predictors of disturbed sleep in a large population of college students. *Journal of Adolescent Health, 46*(2), 124-132.

Mah, C. D., Mah, K. E., Kezirian, E. J., & Dement, W. C. (2011). The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep, 34*(7), 943-950.

Mah, C. D., Sparks, A. J., Samaan, M. A., Souza, R. B., & Luke, A. (2019). Sleep restriction impairs maximal jump performance and joint coordination in elite athletes. *Journal of Sports Sciences, 37*(17), 1981-1988.

Martin, B. J. (1981). Effect of sleep deprivation on tolerance of prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 47*(4), 345-354.

Martoni, M. & Natale, V. (2019). Alterazioni del ciclo sonno-veglia. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del Sonno* (pp. 353-365). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Master, L., Nye, R. T., Lee, S., Nahmod, N. G., Mariani, S., Hale, L., & Buxton, O. M. (2019). Bidirectional, daily temporal associations between sleep and physical activity in adolescents. *Scientific Reports, 9*(1), 1-14.

McGuckin, T. A., Sinclair, W. H., Sealey, R. M., & Bowman, P. (2014). The effects of air travel on performance measures of elite Australian rugby league players. *European Journal of Sport Science, 14 Suppl 1*, S116-S122.

Mead, M. P., Baron, K., Sorby, M., & Irish, L. A. (2019). Daily associations between sleep and physical activity. *International journal of behavioral medicine, 26*(5), 562-568

Mecacci, L., & Zani, A. (1983). Morningness-eveningness preferences and sleep-waking diary data of morning and evening types in student and worker samples. *Ergonomics, 26*(12), 1147-1153.

Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A., European College of Sport Science, & American College of Sports

Medicine (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186–205

Mendelson, M., Borowik, A., Michallet, A. S., Perrin, C., Monneret, D., Faure, P., ... & Flore, P. (2016). Sleep quality, sleep duration and physical activity in obese adolescents: effects of exercise training. *Pediatric Obesity*, 11(1), 26-32.

Merfeld, B., Mancosky, A., Luedke, J., Griesmer, S., Erickson, J., Carvalho, V., & Jagim, A. R. (2022). The Impact of Early Morning Training Sessions on Total Sleep Time in Collegiate Athletes. *International Journal of Exercise Science*, 15(6), 423-433.

Miles, K. H., Clark, B., Fowler, P. M., Miller, J., & Pumpa, K. L. (2022). What are the sleep characteristics of elite female athletes? A systematic review with meta-analysis. *Biology of Sport*, 39(3), 751-763.

Miller, D. J., Roach, G. D., Lastella, M., Scanlan, A. T., & Sargent, C. (2021). Implementing a Circadian Adaptation Schedule after Eastward Flight in Young Male Athletes. *Applied Sciences*, 11(21), 9962.

Mindell, J. A., Owens, J. A., & Carskadon, M. A. (1999). Developmental features of sleep. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 8(4), 695-725.

Mollicone, D. J., Van Dongen, H. P., & Dinges, D. F. (2007). Optimizing sleep/wake schedules in space: Sleep during chronic nocturnal sleep restriction with and without diurnal naps. *Acta Astronautica*, 60(4-7), 354-361.

Moore, M., & Meltzer, L. J. (2008). The sleepy adolescent: causes and consequences of sleepiness in teens. *Paediatric Respiratory Reviews*, 9(2), 114-121.

Mougin, F., Simon-Rigaud, M. L., Davenne, D., Renaud, A., Garnier, A., Kantelip, J. P., & Magnin, P. (1991). Effects of sleep disturbances on subsequent physical performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63(2), 77-82.

Natale, V. (1999). Validazione di una scala ridotta di mattutinità (r-MEQ). *Bollettino di Psicologia Applicata*, 229, 19-26.

Natale, V., Alzani, A., & Cicogna, P. (2003). Cognitive efficiency and circadian typologies: a diurnal study. *Personality and Individual Differences*, 35(5), 1089-1105.

Natale, V., & Cicogna, P. (2002). Morningness-eveningness dimension: is it really a continuum?. *Personality and Individual Differences*, 32(5), 809-816.

Nedelec, M., Halson, S., Abaidia, A. E., Ahmaidi, S., & Dupont, G. (2015). Stress, Sleep and Recovery in Elite Soccer: A Critical Review of the Literature. *Sports Medicine*, 45(10), 1387-1400

Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, 42(12), 997-1015.

Nikhita, C. S., Jadhav, P. R., & Ajinkya, S. A. (2015). Prevalence of mobile phone dependence in secondary school adolescents. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 9(11), VC06-VC09.

Nishida, M., Chiba, T., Murata, Y., & Shioda, K. (2022). Effects of Sleep Restriction on Self-Reported Putting Performance in Golf. *Perceptual and Motor Skills*, 129(3), 833–850.

O'Donnell, S., Bird, S., Jacobson, G., & Driller, M. (2018). Sleep and stress hormone responses to training and competition in elite female athletes. *European Journal of Sport Science*, 18(5), 611-618.

Ohayon, M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., Albert, S. M., Avidan, A., Daly, F. J., Dauvilliers, Y., Ferri, R., Fung, C., Gozal, D., Hazen, N., Krystal, A., Lichstein, K., Mallampalli, M., Plazzi, G., Rawding, R., Scheer, F. A., Somers, V., & Vitiello, M. V. (2017). National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, 3(1), 6–19.

Olds, T., Blunden, S., Petkov, J., & Forchino, F. (2010). The relationships between sex, age, geography and time in bed in adolescents: a meta-analysis of data from 23 countries. *Sleep Medicine Reviews*, 14(6), 371-378.

Ouergui, I., Delleli, S., Chtourou, H., Selmi, O., Bouassida, A., Bouhlel, E., & Franchini, E. (2022). Diurnal Variation of Specific Tests' Performance and Related Psychological Aspects in Young Judo Athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-11.

Pelletier L., Fortier M., Vallerand R., Tucson K., Briere N. (1995) Toward a New Measure of Intrinsic Motivation, Extrinsic Motivation, and Amotivation in Sports: The Sport Motivation Scale (SMS), *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 17,35-53

Poussel, M., Laure, P., Genest, J., Fronzaroli, E., Renaud, P., Favre, A., & Chenuel, B. (2014). Sleep and academic performance in young elite athletes. *Archives de Pédiatrie: Organe Officiel de la Société Française de Pédiatrie*, 21(7), 722-726.

Prentice, C., Stannard, S. R., & Barnes, M. J. (2015). Effects of heavy episodic drinking on physical performance in club level rugby union players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(3), 268-271.

Punamäki, R. L., Wallenius, M., Nygård, C. H., Saarni, L., & Rimpelä, A. (2007). Use of information and communication technology (ICT) and perceived health in adolescence: the role of sleeping habits and waking-time tiredness. *Journal of Adolescence*, 30(4), 569-585.

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A., & White, L. E. (2013). *Neuroscienze*. Zanichelli: Bologna.

Randler, C., Faßl, C., & Kalb, N. (2017). From Lark to Owl: developmental changes in morningness-eveningness from new-borns to early adulthood. *Scientific reports*, 7(1), 1-8.

Reilly, T., & Edwards, B. (2007). Altered sleep-wake cycles and physical performance in athletes. *Physiology & Behavior*, 90(2-3), 274-284.

Reilly, T., & Piercy, M. (1994). The effect of partial sleep deprivation on weight-lifting performance. *Ergonomics*, 37(1), 107-115.

Revell, V. L., Burgess, H. J., Gazda, C. J., Smith, M. R., Fogg, L. F., & Eastman, C. I. (2006). Advancing human circadian rhythms with afternoon melatonin and morning intermittent bright light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 91(1), 54-59.

Reyner, L. A., & Horne, J. A. (2013). Sleep restriction and serving accuracy in performance tennis players, and effects of caffeine. *Physiology & Behavior*, 120, 93-96.

Riontino, L., & Cavallero, C. (2019). Effetti della privazione di sonno sui processi cognitivi. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del Sonno* (pp. 275-287). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Roberts, S. S. H., Teo, W. P., & 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.

Roy, J., & 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.

Samuels, C. H. (2012). Jet lag and travel fatigue: a comprehensive management plan for sport medicine physicians and high-performance support teams. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(3), 268-273.

Sara, S. J. (2017). Sleep to remember. *Journal of Neuroscience*, 37(3), 457-463.

Sargent, C., Lastella, M., Halson, S. L., & Roach, G. D. (2014). The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. *Chronobiology international*, 31(10), 1160-1168.

Sargent, C., Lastella, M., Halson, S. L., & Roach, G. D. (2021). How much sleep does an elite athlete need?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(12), 1746-1757.

Sargent, C., Schmidt, W. F., Aughey, R. J., Bourdon, P. C., Soria, R., Claros, J. C., Garvican-Lewis, L. A., Buchheit, M., Simpson, B. M., Hammond, K., Kley, M., Wachsmuth, N., Gore, C. J., & Roach, G. D. (2013). The impact of altitude on the sleep of young elite soccer players (ISA3600). *British Journal of Sports Medicine*, 47 Suppl 1(Suppl 1), i86–i92.

Sassin, J. F., Parker, D. C., Mace, J. W., Gotlin, R. W., Johnson, L. C., & Rossman, L. G. (1969). Human growth hormone release: relation to slow-wave sleep and sleep-waking cycles. *Science*, 165(3892), 513-515.

Short, M. A., Gradisar, M., Gill, J., & Camfferman, D. (2013). Identifying adolescent sleep problems. *PLoS One*, 8(9), e75301.

Siegel JM. Clues to the functions of mammalian sleep. *Nature*. 2005;437(7063):1264–71.

Simpson, N. S., Gibbs, E. L., & Matheson, G. O. (2017). Optimizing sleep to maximize performance: implications and recommendations for elite athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(3), 266-274.

Sisk, C. L., & Foster, D. L. (2004). The neural basis of puberty and adolescence. *Nature Neuroscience*, 7(10), 1040–1047

Skein, M., Duffield, R., Edge, J., Short, M. J., & Mundel, 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.

Smith, R. S., Efron, B., Mah, C. D., & Malhotra, A. (2013). The impact of circadian misalignment on athletic performance in professional football players. *Sleep*, 36(12), 1999-2001.

Smithies, T. D., Toth, A. J., Dunican, I. C., Caldwell, J. A., Kowal, M., & Campbell, M. J. (2021). The effect of sleep restriction on cognitive performance in elite cognitive performers: a systematic review. *Sleep*, 44(7), zsab008.

Souissi, N., Chtourou, H., Aloui, A., Hammouda, O., Dogui, M., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2013). Effects of time-of-day and partial sleep deprivation on short-term maximal performances of judo competitors. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(9), 2473-2480.

Souissi, N., Zouita, A., Abdelmalek, S., Trabelsi, K., Clark, C. C., Dziri, K., ... & Souissi, N. (2022). Partial sleep restriction impairs static postural control in elite judo athletes. *Biological Rhythm Research*, 53(4), 653-664.

Southward, K., Rutherford-Markwick, K. J., & Ali, A. (2018). The effect of acute caffeine ingestion on endurance performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(8), 1913-1928.

Souza, D. B., Del Coso, J., Casonatto, J., & Polito, M. D. (2017). Acute effects of caffeine-containing energy drinks on physical performance: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Nutrition*, 56(1), 13-27.

Stutz, J., Eiholzer, R., & Spengler, C. M. (2019). Effects of Evening Exercise on Sleep in Healthy Participants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 49(2), 269–287

Swinbourne, R., Miller, J., Smart, D., Dulson, D. K., & Gill, N. (2018). The effects of sleep extension on sleep, performance, immunity and physical stress in rugby players. *Sports*, 6(2), 42.

Symons, J. D., VanHelder, T., & Myles, W. S. (1988). Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(4), 374-380.

Tamaki, M., Bang, J. W., Watanabe, T., & Sasaki, Y. (2016). Night watch in one brain hemisphere during sleep associated with the first-night effect in humans. *Current Biology*, 26(9), 1190-1194.

Tavares, F., Healey, P., Smith, T. B., & Driller, M. (2017). The usage and perceived effectiveness of different recovery modalities in amateur and elite Rugby athletes. *Performance Enhancement & Health*, 5(4), 142-146.

Temesi, J., Arnal, P. J., Davranche, K., Bonnefoy, R., Levy, P., Verges, S., & Millet, G. Y. (2013). Does central fatigue explain reduced cycling after complete sleep deprivation. *Med Sci Sports Exerc*, 45(12), 2243-53.

Tempesta, D., Socci, V., Coppo, M., Ioio, G. D., Nepa, V., De Gennaro, L., & Ferrara, M. (2016). The effect of sleep deprivation on the encoding of contextual and non-contextual aspects of emotional memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 131, 9-17.

Tempesta, D., Socci, V., & Ferrara, M. (2019). Sonno ed emozioni. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del sonno* (pp. 251-268). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Terry, P. C., Lane, A. M., & Fogarty, G. J. (2003). Construct validity of the Profile of Mood States—Adolescents for use with adults. *Psychology of Sport and Exercise*, 4(2), 125-139.

Thompson, A., Batterham, A. M., Jones, H., Gregson, W., Scott, D., & Atkinson, G. (2013). The practicality and effectiveness of supplementary bright light for reducing jet-lag in elite female athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 34(07), 582-589.

Thun, E., Bjorvatn, B., Flo, E., Harris, A., & Pallesen, S. (2015). Sleep, circadian rhythms, and athletic performance. *Sleep Medicine Reviews*, 23, 1-9.

Tonolo, G. (1999). *Adolescenza e identità*. Bologna: il Mulino.

Tonetti, L., & Fabbri, M. (2019). Ritmi biologici, regolazione del sonno e cronotipi. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del Sonno* (pp. 37-72). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Tonetti, L., & Natale, V. (2019a). Discrimination between extreme chronotypes using the full and reduced version of the Morningness-Eveningness Questionnaire. *Chronobiology International*, 36(2), 181-187.

Tonetti, L., & Natale, V. (2019b). La misurazione “ecologica” del sonno. In G. Ficca & M. Fabbri (a cura di), *Psicologia del Sonno* (pp. 463-475). Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli editore.

Tucker, P., Macdonald, I., Folkard, S., & Smith, L. (1998). The impact of early and late shift changeovers on sleep, health, and well-being in 8-and 12-hour shift systems. *Journal of Occupational Health Psychology*, 3(3), 265.

Vanderlinden, J., Boen, F., Puyenbroeck, S. V., & van Uffelen, J. G. Z. (2022). The effects of a real-life lifestyle program on physical activity and objective and subjective sleep in adults aged 55+ years. *BMC Public Health*, 22(1), 1-13.

Venter, R. E. (2014). Perceptions of team athletes on the importance of recovery modalities. *European Journal of Sport Science*, 14 Suppl 1, S69-S76.

Vignatelli, L., Plazzi, G., Barbato, A., Ferini-Strambi, L., Manni, R., Pompei, F., & D'Alessandro, R. (2003). Italian version of the Epworth sleepiness scale: external validity. *Neurological Sciences*, 23(6), 295-300.

Vitale, J. A., Banfi, G., Galbiati, A., Ferini-Strambi, L., & La Torre, A. (2019a). Effect of a night game on actigraphy-based sleep quality and perceived recovery in top-level volleyball athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 265-269.

Vitale, J. A., Banfi, G., Sias, M., & La Torre, A. (2019b). Athletes' rest-activity circadian rhythm differs in accordance with the sport discipline. *Chronobiology International*, 36(4), 578-586.

Vitale, J. A., Bonato, M., Petrucci, L., Zucca, G., La Torre, A., & Banfi, G. (2021). Acute sleep restriction affects sport-specific but not athletic performance in junior tennis players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(8), 1154-1159.

Vitale, J. A., & Weydahl, A. (2017). Chronotype, physical activity, and sport performance: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(9), 1859-1868.

Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied cognitive psychology*, 24(6), 812-826.

Youngstedt, S. D. (2005). Effects of Exercise on Sleep. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 355-365.

Youngstedt, S. D., O'Connor, P. J., & Dishman, R. K. (1997). The effects of acute exercise on sleep: a quantitative synthesis. *Sleep*, 20(3), 203-214.

Wahistrom, K. (2002). Changing times: Findings from the first longitudinal study of later high school start times. *Nassp Bulletin*, 86(633), 3-21.

Walsh, N. P., Halson, S. L., Sargent, C., Roach, G. D., Nédélec, M., Gupta, L., ... & Samuels, C. H. (2021). Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *British Journal of Sports Medicine*, 55(7), 356-368.

RINGRAZIAMENTI

Al termine di questo lavoro svolto con tanta passione e dedizione mi sembra giusto ringraziare chi, in un modo o nell'altro, da vicino o da distante, ha saputo accompagnarmi in questo percorso di crescita professionale e soprattutto personale.

Vorrei ringraziare il Professor Nicola Cellini per la disponibilità, l'impegno e il supporto nella realizzazione di questo progetto.

Ringrazio tutti gli atleti che hanno dato la loro disponibilità a partecipare a questa ricerca: ciascuno di voi è stato prezioso e indispensabile. Ringrazio anche la Polisportiva Tamai sezione judo per avermi dato l'opportunità di mettere in pratica quanto acquisito nel mio percorso di studi. Tengo a ringraziare, in particolare, il mio Maestro Gianni Maman che mi incoraggia a migliorarmi costantemente come persona e atleta e che per me costituisce un punto di riferimento costante.

Grazie a mamma e papà, che mi hanno sempre supportata nel mio percorso universitario e sportivo, con amore, impegno e dedizione. Grazie per aver messo al primo posto me e i miei fratelli ed essere sempre stati una base sicura. Non avrei potuto chiedere di meglio. Grazie ai miei fratelli Alvis e Mattia per la vostra allegria, per il nostro legame indistruttibile. Vi auguro di raggiungere tutti i traguardi a cui ambite con passione e, un giorno, di sentirvi realizzati e felici. Grazie a zia Gianna, per le interminabili chiacchierate per telefono e per la tua presenza costante nella mia vita.

Grazie a Mattia che, soprattutto nell'ultimo anno, ha fatto la differenza nella mia vita. Grazie per aver scelto di starmi vicino con pazienza e dolcezza durante questo periodo difficile. Grazie per aver scelto di crescere con me e di volermi bene così.

Grazie a Martina, Matteo e Beatrice, che mi hanno accompagnato per i primi 3 anni del mio percorso universitario. Porterò sempre con me i ricordi delle lezioni da una parte all'altra di Torino, il panico per l'esame di analisi e soprattutto la vostra amicizia. Non tutti hanno la fortuna di incontrare persone del vostro valore.

Grazie a Eugenio per esserci stato quando tutto sembrava andare storto ed esserci sempre anche se spesso da distante. Grazie per la tua empatia e sensibilità, per la tua gentilezza e per la persona straordinaria che sei.

Grazie a Francesca, per il tuo costante ascolto e la nostra amicizia. Per me sei un porto sicuro, una persona sincera e preziosa. Sei la mia compagna di pettegolezzi, risate e drammi esistenziali. Grazie per tutte le volte che non mi hai dato ragione e per le telefonate di 10 minuti durate 2 ore.

Grazie a Beatrice, perché non so mai dove ti trovi fisicamente ma è come se tu fossi sempre vicino a me. Grazie per essere un'amica fidata e di avere sempre un sorriso, una battuta o una parola buona. Grazie per la luce e la positività che porti nella mia vita.

Grazie a Daniele, per le tue stranezze, i tuoi orari impossibili e la tua spensieratezza. Grazie per la tua umiltà, il tuo incredibile altruismo e la tua ambizione. Grazie per avermi fatto capire che in qualche modo le cose si sistemano sempre e per avermi sempre teso una mano quando non sapevo neppure di averne davvero bisogno.

Grazie ad Alessandro, per essermi rimasto vicino anche dopo quasi 20 anni, nonostante i nostri caratteri difficili. Grazie per le risate, per avermi fatta arrabbiare un sacco di volte e per questi bellissimi anni.

Grazie a Giulia, che con la sua vicinanza mi fa sentire sempre a casa, accolta e compresa. Grazie per la tua sensibilità e la tua gentilezza, i tuoi modi sempre garbati e la tua amicizia.

Grazie a tutti i miei amici, in particolare a Giorgia, Maria Vittoria, Claudia ed Elisa, per la vostra amicizia, le risate, gli scambi di opinioni e le esperienze condivise insieme.

Infine, grazie alla Palestra Santamonica, in particolare a Michele per tutto il lavoro che facciamo insieme da anni, per la passione che metti nel costruirmi come atleta e persona centimetro dopo centimetro. Per me questo posto è diventato una seconda casa, un luogo dove si trova sempre un sorriso, una parola gentile e due chiacchiere tra un esercizio e l'altro. Grazie a Marcela e Federico e a chiunque mi abbia dato anche un solo secondo di gioia in questo periodo così pesante.