

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
Dipartimento di Scienze Biomediche  
Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**IL RUOLO DEL SONNO SULLA PRESTAZIONE SPORTIVA NEGLI  
ATLETI PROFESSIONISTI DI NBA E NHL**

Relatrice: Prof. Leo Irene  
Laureando: Campulla Francesco  
N° di matricola: 1224220

Anno Accademico 2022/2023

## Indice

|  |    |
|--|----|
| Introduzione .....   | 2  |
| Capitolo 1.....  | 3  |
| 1. - Sonno: storia, definizione e caratteristiche .....              | 3  |
| 1.1 - Ciclo sonno veglia .....                                       | 4  |
| 1.2 - Panoramica sulle funzioni del sonno.....                       | 8  |
| 1.3 - National Sleep Foundation .....                                | 11 |
| 1.4 - Ritmi circadiani .....   | 13 |
| Capitolo 2.....  | 16 |
| 2. - I campionati NBA e NHL.....                                     | 16 |
| 2.1 - struttura campionato NBA .....                                 | 16 |
| 2.2 - struttura campionato NHL .....                                 | 17 |
| Capitolo 3.....  | 19 |
| 1. - Il problema del sonno in NBA e NHL .....                        | 19 |
| 3.1 - jet lag e disallineamento circadiano .....                     | 21 |
| 3.2 - impatto del disallineamento circadiano sulla performance ..... | 23 |
| Conclusioni .....  | 25 |
| Bibliografia .....   | 28 |

## **Introduzione**

Questa tesi nasce da una passione personale per hockey e pallacanestro, e dal desiderio di approfondire un tema che sta emergendo negli ultimi anni: l'impatto del sonno sulla performance sportiva.

Le leghe professionistiche americane NHL (National Hockey League) e NBA (National Basketball League) rappresentano il massimo livello raggiungibile da un atleta nello sport di riferimento, per questo motivo ci si aspetta che tali atleti siano seguiti minuziosamente in ogni dettaglio in campo e fuori. Se per la maggior parte degli ambiti, dal fisico allo psicologico, dall'aspetto tattico alla dieta e via dicendo, il sonno rappresenta un argomento di interesse in quanto non ancora del tutto decodificato e compreso e in quanto ancora non considerato quanto altri aspetti in molte occasioni.

Con questa tesi si vogliono indagare caratteristiche, funzioni del sonno riguardo alla vita di tutti i giorni, per poi deviare verso un ambito più relativo alla performance, con focus su NBA e NHL, e in particolare approfondendo gli effetti della mancanza di sonno sulle performance di suddetti atleti d'élite e su altri fattori che possono influire come il jet lag.

Con mancanza, o privazione, di sonno ci si riferisce alla condizione che occorre se non si dorme abbastanza. Per completezza e precisione verranno fatti riferimenti anche al resto dei parametri usati per definire la condizione di carenza di sonno, che rappresenta un concetto più ampio che occorre in queste situazioni:

1. Non dormi abbastanza (mancanza di sonno)
2. Dormi nei momenti sbagliati della giornata (non sei in sincronia con l'orologio biologico del tuo corpo)
3. Non dormi abbastanza bene

(Carson O, 2012)

Per raggiungere questo scopo verrà fatta un'analisi di documenti scientifici, ricavati principalmente tramite il motore di ricerca Pubmed e campionati NBA e NHL.

## **Capitolo 1**

### **1. - Sonno: storia, definizione e caratteristiche**

La definizione di sonno nel corso della storia è cambiata molto a seconda delle innovazioni tecnologiche e delle credenze popolari. Le civiltà antiche come egiziani e greci che studiavano gli effetti del sonno ritenendo che esso fosse positivo per la salute generale dell'individuo; nel periodo del medioevo la concezione del sonno era varia e cambiava molto a seconda della cultura presa in considerazione: in alcune culture il sonno era ritenuto non fosse altro che uno stato di incoscienza causato da una possessione demoniaca in altre come quella islamica veniva considerato come un'occasione per riflettere sulla propria vita. A partire del diciannovesimo secolo si è iniziato a pensare al sonno come un qualcosa di più complesso, Robert MacNish nel suo libro "the Philosophy of Sleep", pubblicato nel 1834 (versione americana) scrive che il sonno è uno stato intermedio tra la veglia e la morte, dove con veglia intende lo stato attivo che caratterizza tutti gli animali e le loro funzioni intellettuali e con morte la sospensione totale di esse.

Nel ventesimo secolo la scoperta dei "rapid eye movements" durante le ore di sonno e successivamente l'invenzione dell'elettroencefalogramma (EEG) portano gli studiosi ad allontanarsi definitivamente dalla concezione del sonno come uno stato inevitabile risultante dalla diminuzione degli impulsi sensoriali che comporterebbero una riduzione dell'attività cerebrale e il conseguente passaggio dalla veglia al sonno.

Il sonno si può definire come uno stato comportamentale reversibile di "riposo" psicofisico, caratterizzato da un "disimpegno percettivo" e mancanza di risposta all'ambiente circostante. Il sonno è uno stato diverso dalla veglia ma comunque attivo e complesso fisiologicamente.

Tipicamente ma non necessariamente è caratterizzato da quiescenza dei comportamenti tipici della veglia e da un punto di vista posturale da un decubito.

Sonno e veglia sono controllati da due processi indipendentemente regolati ma interagenti tra loro: un programma circadiano che stabilisce la tempistica del passaggio da veglia a sonno e viceversa, e un processo omeostatico che tiene traccia del bisogno di sonno. Il processo omeostatico viene esaminato e descritto tramite EEG, le oscillazioni osservate permettono di distinguere due diverse fasi che si alternano ritmicamente durante il sonno: fase rapid eye movements (REM) e fase non-rapid eye movements (NREM). La fase NREM costituisce circa il 75-80% del sonno ed è caratterizzata da una progressiva disattivazione delle funzioni cerebrali e corporee, per cui si evince un'attività cerebrale più lenta, respirazione regolare e riduzione del tono muscolare. La fase NREM convenzionalmente è divisa in tre stadi distinguibili e descrivibili tramite un grafico EEG sincrono, in cui si denotano elementi caratteristici come fusi del sonno, treni di onde e onde lente ad alto voltaggio. (Di Meir H. Kryger, Thomas Roth and William C. Dement, 1989)

### **1.1 - Ciclo sonno veglia**

Una valutazione degli stati di sonno-veglia può essere fatta tramite osservazione comportamentale o fisiologica o con una combinazione delle due.

Da un punto di vista comportamentale il sonno è caratterizzato tipicamente dalla progressiva perdita di coscienza, associata da una relativa immobilità di un decubito e occhi chiusi. Durante la fase NREM c'è un ridotto tono muscolare che progredisce fino ad una completa o quasi completa atonia fino al passaggio alla fase REM. (Blumberg *et al.*, 2020)

Fisiologicamente il gold standard è l'utilizzo di polisonnografia (PSG), esame con cui è possibile diagnosticare disturbi del sonno di origine respiratoria e neurologica sia in adulti che bambini tramite numerosi sensori non invasivi che vengono applicati al soggetto. Questi sensori includono molteplici elettrodi posizionati sul cuoio capelluto, sul viso, sul petto, sulle gambe e sui polsi, in modo da registrare l'attività cerebrale (EEG), il movimento oculare e del corpo in generale, la respirazione e l'elettrocardiogramma (ECG). Estensimetri nella zona toracica e

addominale, sensori per il flusso d'aria orali e nasali e una sonda sul dito per misurare la saturazione dell'ossigeno arterioso sono gli strumenti utilizzati per aiutare a monitorare i vari parametri durante il sonno.

(Park and Weber, 2020)

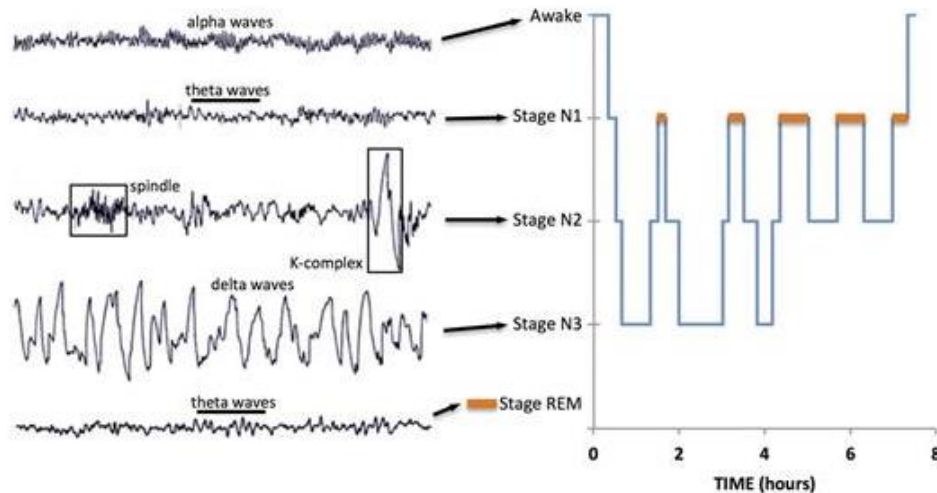


FIGURA 1: GRAFICI EEG VARIE FASI DEL CICLO SONNO VEGLIA (SINISTRA) E LA LORO DISPOSIZIONE TEMPORALE NEL SONNO DI UN ADULTO (DESTRA) (CARLEY AND FARABI, 2016)

Come rappresentato nell'immagine, sonno NREM e REM si alternano ritmicamente tra loro in cicli di 90-120 minuti, e il primo di questi si divide in tre stadi, in base alla profondità del sonno, distinguibili grazie alle diverse oscillazioni rilevate tramite EEG.

- Stadio 1: in questo primo stadio che dura solitamente solo pochi minuti avviene una transizione dalla veglia al sonno, il cervello inizia a produrre onde cerebrali più lente e respirazione e frequenza cardiaca rallentano leggermente. Le persone possono sperimentare quindi brevi periodi di sonno e sonnolenza oltre che un fenomeno di scatti muscolari o spasmi che prende il nome di mioclonie notturne. Esse avvengono in modo brusco e fulmineo e tipicamente dipendono da una sovra-stimolazione generata dal sistema nervoso dovuta a una varietà di fattori come stress, ansia, stanchezza, apnea del sonno e insonnia
- Stadio 2: dura solitamente da 10 a 25 minuti ed è caratterizzato dalla comparsa di complessi K, onde aguzze negative ben definite

seguite da una componente positiva con durata totale  $\geq 0,5$  secondi, e di altre attività cerebrali simili sul grafico EEG. Le onde cerebrali rallentano ulteriormente rispetto allo stadio 1 e si verificano anche piccole oscillazioni nella frequenza cardiaca e respiratoria; il corpo si rilassa ulteriormente, temperatura corporea e pressione sanguigna diminuiscono. Questo stadio risulta essere particolarmente importante per la consolidazione di memoria e apprendimento.

- Stadio 3: terzo e più profondo stadio del sonno NREM. Le onde cerebrali diventano molto lente e il sonno diventa più difficile da interrompere. Il corpo si rilassa ulteriormente e il cervello produce principalmente onde delta lente di frequenza da 0,5 a 2 Hz e durata di 250-2000 ms. questo stadio risulta essere particolarmente importante per il recupero psicofisico.

(Vyazovskiy and Delogu, 2014)

Il sonno REM presenta molte sfaccettature, è uno stato comportamentale, uno stato mentale, uno stato onirico e uno stato paradossale. È prodotto da complicati circuiti neuronali che danno vita a numerose caratteristiche individuali del sonno REM, dalla paralisi muscolare, al movimento oculare, ad una corteccia cerebrale attivata e altro ancora, e sebbene dalla scoperta dei rapid eye movements siano ormai passati settanta anni non è ancora ben chiaro se tutte le componenti del sonno REM siano complementari tra loro e se siano funzionali.

Gli eventi che accadono durante il sonno sono verificabili visivamente ma anche soprattutto elettrograficamente tramite l'utilizzo di: elettromiogrammi (EMG) applicati su un muscolo del collo e su altri muscoli del corpo vengono rilevati la perdita di tono muscolare (atonia) e le contrazioni muscolari; un elettrooculogramma (EOG) misura il movimento degli occhi, un estensimetro posto sulla zona toracica (o tramite video) monitora le irregolarità respiratorie.

Esistono numerose ipotesi e studi su diverse funzioni attribuibili al sonno REM. Dopo aver descritto il sonno REM negli adulti è bastato poco tempo

per riconoscere che esso risulta molto più prevalente nel contesto del ciclo sonno-veglia durante le prime fasi dello sviluppo di un uomo, questo ha ispirato l'ipotesi ontogenica, la cui tesi è che il sonno REM abbia come unico scopo lo sviluppo del cervello. L'ipotesi ontogenica ha dato il via a numerosi esperimenti e ricerche su come il sonno REM contribuisca allo sviluppo della plasticità cerebrale, sia intesa in termini di neurogenesi che in termini di potenzialità del cervello di variare struttura e funzione nel corso della vita. Inoltre, il sonno REM, specialmente per quanto riguarda i movimenti degli arti che caratterizzano le prime fasi dell'infanzia, sembra essere particolarmente importante per l'autoorganizzazione del sistema sensomotorio e per la creazione di connessioni funzionali tra strutture distanti nel cervello. Sulla base della teoria ontogenica si è individuata nel sonno REM un'argomentazione valida per quanto riguarda il consolidamento della memoria, in quanto sembra che il sonno REM moduli la creazione e il mantenimento di nuove sinapsi durante il processo di apprendimento di nuove abilità motorie.

Considerando un punto di vista molto più ampio delle altre teorie l'ipotesi sulla distribuzione dell'energia teorizza che il sonno REM andrebbe considerato in un contesto più grande in termini di energia necessaria per la crescita, mantenimento e riparazione, neurogenesi e riproduzione. Questa teoria ritiene che il bisogno di energia "fluttui" durante il giorno e a seconda dello stato comportamentale, ritenendo che gli stati di sonno e veglia siano strategie comportamentali che promuovono una distribuzione efficiente di energia a tutto il corpo; gli animali, quindi, regolerebbero inconsciamente il ciclo sonno-veglia i livelli di energia durante il giorno e la vita siano il più efficienti possibili per ottimizzare la possibilità di sopravvivenza e riproduzione.(Vyazovskiy and Delogu, 2014; Le Bon, 2021)



## 1.2 - Panoramica sulle funzioni del sonno

Le funzioni del sonno possono sembrare scontate all'occhio umano e numerosi scienziati hanno ricercato tali funzioni ma una risposta chiara è ancora fuori dalla nostra portata. Per questo motivo in questa tesi non ci si soffermerà sulle funzioni, dando solo una panoramica su di esse e sui meccanismi generali di esse, quanto più sugli effetti osservabili e riconosciuti che la mancanza di sonno sembra avere come conseguenza.

Neurosviluppo:

Il sonno potrebbe avere un ruolo nello sviluppo nervoso, in particolare sembra che la fase REM del sonno fornisca stimoli endogeni soprattutto durante lo sviluppo del feto. Nonostante ci siano veramente pochi riscontri scientifici riguardo all'EEG nello sviluppo del feto, alcuni studi hanno evidenziato come la mancanza di sonno nei ratti provochi un rallentamento della neurogenesi nell'ippocampo, mentre il sonno REM sembra favorire il processo.

Inoltre, sembra che il sonno costituisca un fattore per la plasticità sinaptica; infatti, si specula che sonno ed altri fattori, come i ritmi circadiani, contribuiscano allo sviluppo e rinforzo della plasticità sinaptica.

Consolidazione della memoria:

negli ultimi anni numerosi studi si sono concentrati su questa tematica, con una problematica: la memoria presenta molti aspetti diversi tra loro seppur complementari e quindi i risultati dei test non sono del tutto conclusivi. In ogni caso si evidenzia come il sonno sembra essere di aiuto solo alla memoria a breve termine e non ad una consolidazione a lungo termine. Da un punto di vista motorio non ci sono evidenze di miglioramenti nel consolidamento di abilità come schemi motori ma sembra che un "buon" sonno (media di otto ore secondo Kreuger et al. 2016) aiuti nel prevenire che vengano dimenticate. (Pereira and Lewis, 2020)

Funzioni metaboliche:

molte specifiche funzioni del sonno sono cruciali nell'alterare le funzioni metaboliche. Abbassare il metabolismo basale e la temperatura corporea durante il sonno potrebbe aiutare a ripristinare la perdita energetica durante lo stato di veglia. Questo probabilmente avviene a causa di due fattori: l'occorrenza di onde cerebrali lente (maggiore durante il sonno NREM) e di atonia muscolare, in quanto l'attività muscolare consuma un grande quantitativo di energia.

Una maggiore attività nervosa rilascia ATP che attraversa la membrana ed entra lo spazio extracellulare, dando inizio ad un meccanismo che potrebbe iniziare il passaggio da stato di veglia a sonno, oltre ad alzare i livelli di extracellulari di adenosina. L'ATP extracellulare si lega direttamente a recettori purinergici di tipo 2 (P2X7) presenti sulla glia dei neuroni del SNC i quali di conseguenza attivano e molte molecole responsabili del passaggio allo stato di sonno. Inoltre, gli studi condotti sui ratti hanno evidenziato come la mancanza di sonno provochi una ridotta funzionalità dei recettori P2X7 nella corteccia somatosensoriale e nell'ipotalamo; questo è importante per capire come l'attività durante la veglia aumenti l'ATP extracellulare e sia quindi un modo per modulare il sonno.

L'ATP è metabolizzato a adenosindifosfato (ADP) e adenosinmonofosfato (AMP). L'AMP ciclico influenza la regolazione del sonno a livello della glia, suggerendo come le molecole di ATP siano partecipi nella regolazione del sonno.

La purina adenosina è prodotta dalla maggior parte delle cellule, inclusi neuroni e cellule gliali del SNC. L'adenosina ha le funzioni regolatrici relative a infiammazione, vasodilatazione, flusso sanguigno cerebrale e il sonno.

Prima Wilhelm Feldberg e Stephen Sherwood con uno studio sui gatti e poi altri studi condotti da McCarley e colleghi hanno confermato come l'adenosina giochi un grande ruolo nel passaggio da veglia a sonno, andando a inibire i neuroni nella corteccia cerebrale attivi durante lo stato

di veglia. Inoltre, lo stesso gruppo ha scoperto che la mancanza di sonno aumenta la densità e l'attivazione dei recettori A1 per l'adenosina.

Waste clearance:

la formazione e l'accumulo di specie reattive dell'ossigeno e sostanze deterioranti, durante lo svolgimento di attività intense durante lo stato di veglia, può rappresentare un rischio in termini di danneggiamento di cellule e tessuti. Nel cervello lo spazio perivascolare funziona come il sistema linfatico, questo viene chiamato sistema glinfatico e funziona grazie alla circolazione cerebrovascolare. Gli ultimi studi hanno scoperto come il sistema glinfatico sia associato con il ciclo sonno-veglia, in quanto durante lo stato di sonno la pulizia dei rifiuti è aumentata rispetto allo stato di veglia.

Salute generale:

il sonno REM sembra abbia un ruolo nel far fronte a stimolazione epigenetica esterna.

Inoltre, la mancanza di sonno o la presenza di disturbi del sonno contribuiscono allo sviluppo di alcune condizioni psichiatriche come stress, ansia e depressioni.

Le molecole relative allo stress tendono ad esibire pattern diurni: i livelli di glucocorticoidi e delle molecole relative allo stress raggiungono il massimo subito prima della parte più attiva fisiologicamente del giorno

Il sonno e il sistema nervoso centrale hanno una connessione reciproca profonda, la mancanza di sonno come detto in precedenza può portare a modificazioni genetiche importanti, e i geni del SNC non ne sono esenti.

A livello di organi e tessuti la mancanza di sonno è associata con un peggioramento delle funzioni di tali organi e con condizioni quali obesità, diabete, intolleranza al glucosio e disturbi cardiovascolari. È importante però considerare che nonostante un'adeguata quantità e qualità del sonno siano di grande aiuto e sostegno per la salute generale dell'individuo, aumentare la quantità di sonno oltre il normale non comporta un

miglioramento di metabolismo basale e di tutte le funzioni che contribuiscono alla salute generale.(Assefa *et al.*, 2015; Zielinski, McKenna and McCarley, 2016; Anafi, Kayser and Raizen, 2019; Miletínová and Bušková, 2021)

Recupero e performance:

Dormire rappresenta una strategia non solo fondamentale ma necessaria per il recupero, e lo è in particolare in sport di situazione come pallacanestro e hockey che richiedono alti livelli di coordinazione motoria, capacità decisionale e capacità aerobica e anaerobica. La privazione di sonno o anche solo la mancanza di sonno di qualità ha effetti immediati sulla salute psicofisica degli atleti, se agli sforzi di allenamenti e partite si aggiunge la mancanza di un recupero adeguato questo si traduce in un aumentato rischio di infortunio. (Watson, 2017; Javier Ochoa-Lácar *et al.*, 2022)

La mancanza di sonno ha effetti fisici che includono peggiori risultati sia in esercitazioni di forza che di resistenza, una ridotta concentrazione di glicogeno muscolare e un minor tempo all'esaurimento di energie. Da un punto di vista cognitivo si denotano un peggioramento delle funzioni psicomotorie, dell'umore e della motivazione oltre che tempi maggiori di reazione e di presa di decisione; viceversa, l'estensione dello stato di sonno e una buona qualità di esso presentano gli effetti contrari.(Wright *et al.*, 2015)

### **1.3 - National Sleep Foundation**

La National Sleep Foundation (NSF), fondazione non a scopo di lucro con l'obiettivo di fornire supporto e conoscenza necessaria alle persone per avere una vita migliore tramite un sonno di maggiore qualità.

Nello specifico la NSF dopo aver concluso e analizzato uno studio fondato su questionari e test cognitivi ha concluso che la quantità raccomandata di ore di sonno è tra le sette e le nove ore a notte.(Hirshkowitz *et al.*, 2015)

La qualità del sonno rappresenta un punto più critico in quanto più difficilmente definibile, per fare questo la NSF ha formato un gruppo di

esperti che ha condotto una revisione su 386 articoli da un gruppo iniziale di quasi 4000. La qualità del sonno è stata definita secondo la tabella seguente:

| <b>Termine</b>          | <b>Misura</b>   | <b>traduzione</b>    | <b>Definizione</b>                                     | <b>Indicatori qualità</b>  |
|-------------------------|-----------------|----------------------|--|--|
| <b>Sleep efficiency</b> | Percentuale (%) | Efficienza del sonno | Ore di sonno in relazione alle ore a letto             | Buona: $\geq 85\%$<br>Scarsa: $\leq 74\%$  |
| <b>Sleep latency</b>    | Minuti          | Latenza del sonno    | Minuti necessari per passare dalla veglia al sonno     | Buona: $\leq 15$ minuti<br>Buona/discreta: dai 16 ai 30 minuti<br>Scarsa qualità: $\geq 45$ minuti |
| <b>REM sleep</b>        | Percentuale (%) | Sonno REM            | Durata sonno REM in relazione al totale di ore dormite | Adulti:<br>Buona: 21%-30%<br>Scarsa: $\leq 10\%$ o $\geq 41\%$                                     |
| <b>N1 sleep</b>         | Percentuale (%) | Fase 1 sonno NREM    | Durata sonno N1 in relazione al totale di ore dormite  | Adulti: buona: $\leq 5\%$<br>Scarsa: $\geq 20\%$   |
| <b>N2 sleep</b>         | Percentuale (%) | Fase 2 sonno NREM    | Durata sonno N2 in relazione al totale di ore dormite  | Scarsa: $\geq 81\%$  |
| <b>N3 sleep</b>         | Percentuale (%) | fase 3 sonno NREM    | Durata sonno N3 in relazione al totale di ore dormite  | Buona: 16%-20%<br>Scarsa: $\leq 5\%$   |
| <b>Naps</b>             | Numero (#)      | sonnellini           | Numero di sonnellini nell'arco di 24 ore               | Buona: 0-1<br>Scarsa: $\geq 4$   |
| <b>Nap duration</b>     | Minuti          | Durata sonnellino    | Durata di un sonnellino in minuti                      | Buona: $\leq 20$ minuti<br>Scarsa: $\geq 100$ minuti   |

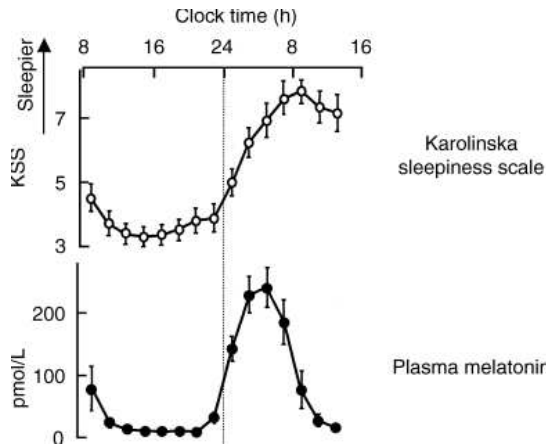
|                               |                  |  |  |  |
|-------------------------------|------------------|--|--|--|
| <b>Nap frequency</b>          | Giorni           | Frequenza sonnellini                       | Numero di giorni nell'arco di una settimana in cui si è verificato un sonnellino | Buona:0  |
| <b>Arousals</b>               | Numero per ora   | Attivazione psicofisiologica               | Cambiamento da stato di sonno profondo a leggero                                 |  |
| <b>Awakenings (&gt;5 min)</b> | Numero per notte | Episodi di Veglia notturna                 |  | Buona: ≤ 2 episodi<br>Scarsa: ≥ 4 episodi              |
| <b>Wake after sleep onset</b> | Minuti           | Sveglia dopo il passaggio a stato di sonno |  | Buona: entro 20 minuti<br>Scarsa: dopo 51 minuti o più |

TABELLA 1: PARAMETRI PER DETERMINARE LA QUALITÀ DEL SONNO DI UNA PERSONA ADULTA SECONDA LA NATIONAL SLEEP FOUNDATION (**OHAYON ET AL., 2017**)

#### 1.4 - Ritmi circadiani

I ritmi endocrini circadiani non dipendono dalla ghiandola stessa che secerne l'ormone, ma sono invece sincronizzati a segnali esterni come il ciclo luce-buio. Per questo motivo molti degli aspetti del ciclo sonno-veglia sono regolati omeostaticamente tramite un metodo di feedback negativo per cui la secrezione di un ormone dipende dalla concentrazione dell'ormone stesso nel sangue. Questo si traduce in: quanto più una persona è sveglia o perde ore di sonno in stadi specifici di esso tanto più sarà forte la necessità di recuperare il sonno o lo stadio del sonno perso. Inoltre, le diverse fasi di un normale ciclo sonno-veglia sono regolate dall'orologio circadiano.

L'abilità degli esseri umani di far fronte allo stress fisiologico e psicologico è direttamente legata, e altamente importante, alla performance atletico-sportiva. Questa come è influenzata da diversi fattori, che includono esperienza, preparazione atletica, motivazione oltre alla naturale fluttuazione dei processi fisiologici durante un periodo di 24 ore (ciclo sonno-veglia, temperatura corporea, regolazione ormonale). Questi ritmi



circadiani sono controllati in primo luogo dal nucleo soprachiasmatico collocato nell'ipotalamo, che però non risulta essere sempre in grado di mantenere il controllo assoluto su questi pattern a causa della sensibilità che gli esseri umani hanno per fattori esterni ambientali come il ciclo luce-buio.(Carley and Farabi, 2016)

Questo risulta determinante nella quotidianità degli atleti, nel caso specifico professionisti di NBA e NHL che rappresentano il caso estremo, in quanto è frequente che incorrano in una desincronizzazione dei ritmi circadiani e del ciclo sonno-veglia, in primo luogo, a causa dei viaggi, con l'aggravante della densità di essi e del fatto che molti voli attraversino uno o più fusi orari.

Questi disturbi nel ciclo sonno-veglia possono causare un aumento di stress sull'equilibrio omeostatico, andando ad intaccare la regolazione emotiva, la temperatura corporea e i livelli di melatonina in circolo, causando quindi un ritardo nel passaggio da veglia a sonno; ne deriva che gli atleti con alta probabilità vanno incontro a perdita di ore di sonno, e quindi di riposo, con la conseguenza di intaccare la performance neurocognitiva e fisiologica.

FIGURA 2: CONFRONTO TRA LA SCALA DI KAROLINSKA SULLA SONNOLENZA E I LIVELLI PLASMATICI DI MELATONINA NELL'ARCO DI UNA GIORNATA

Confrontando i livelli di melatonina nel plasma con la scala di Karolinska sulla sonnolenza si nota quanto è importante mantenere i livelli di melatonina nei giusti parametri ai giusti orari in modo da non avere ripercussioni sulla performance neurocognitiva.(Cajochen, Kräuchi and Wirz-Justice, 2003)

Considerate le proprietà della melatonina e la sua importanza nella regolazione del sonno e dei ritmi circadiani può essere utile indagare sul suo utilizzo in termini di prevenzione e cura dei disturbi circadiani discussi in questa tesi.

Il sonno e il sistema circadiano sono in stretta relazione tra loro, quindi sia la mancanza di sonno che il disallineamento circadiano, dovuto ad un volo aereo tra un fuso ad un altro, causano un disturbo nel normale regolamento di ciascuno.

Mantenere i livelli di GH (growth hormone) e cortisolo rappresenta un obiettivo fondamentale dell'allenamento per evitare processi di catabolisi muscolare e overtraining per mancato recupero. (Chennaoui *et al.*, 2021)

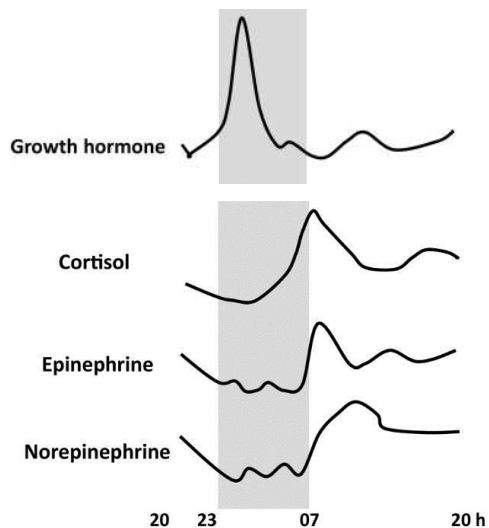


FIGURA 3: EFFETTI DI SONNO E SISTEMA CIRCADIANO SUI LIVELLI DI ORMONE GH, CORTISOLO, ADRENALINA E NORADRENALINA NELL'ARCO DI 24 ORE



## **Capitolo 2**

### **2. - I campionati NBA e NHL**

Nelle leghe sportive professionistiche americane dove la “ring culture” prevale su ogni cosa, il successo, sia per giocatori che franchigie e fans, dipende solo dalla vincita del campionato e quindi dell’anello. Analizzando i campionati professionistici di NBA e NHL, i più simili per struttura di regular season e playoffs; questi, infatti, prevedono rispettivamente 30 e 32 franchigie, distribuite sul territorio di Stati Uniti e Canada, e un totale di 82 partite di regular season a squadra oltre alle serie di playoffs che in entrambi i casi sono comprendono quarti, semifinale e finale di conference oltre alla finale tra le vincitrici di conference.

#### **2.1 - struttura campionato NBA**

Il campionato cestistico più famoso al mondo, nato nel 1946, si compone di 30 squadre distribuite su tutto il territorio degli Stati Uniti d’America con l’eccezione di una franchigia situata a Toronto, in Canada.

Considerato il grande numero di squadre e l’ampia dispersione l’NBA ha previsto due conference, est e ovest e tre divisioni per conference a seconda della zona geografica e della vicinanza tra le squadre: atlantic, central, southeast, northwest, pacific e southwest.

Ogni anno la lega formula il calendario a febbraio e lo rende pubblico durante le prime settimane di agosto. La stesura di questo deve seguire criteri economici, di risparmio, soprattutto in trasferta, e di equilibrio competitivo. Nello specifico il sistema assegna un valore-punto ad ogni data o gruppo di date che una squadra mette a disposizione (ogni squadra deve mettere a disposizione 50 date in cui il proprio campo è disponibile comprendenti 4 lunedì e 4 giovedì per aiutare le emittenti televisive nella programmazione) e ognuna deve accumulare almeno 50 punti. Questo risulta nell’averne 3,5 partite di media a settimana per ogni squadra per un totale di 82 partite spalmate su 165 giorni.

Inoltre, il calendario deve tenere conto di pause ufficiali per fare posto alla Vigilia di Natale, l’ALL-Star game e le finali NCAA oltre che alla

sovrapposizione con il calendario NHL in quanto molte delle franchigie NBA e NHL condividono lo stadio

Ogni squadra deve giocare:

- 4 partite contro le 4 avversarie di division (16)
- 4 partite contro 6 delle avversarie di conference (fuori dalla propria division) (24)
- 3 partite contro le altre 4 avversarie di conference (12)
- 2 partite contro le 15 squadre dell'altra conference (30)
- Finite le partite di regular season le migliori 6 squadre per ogni conference si qualificano ai playoffs mentre le squadre dalla settima alla decima posizione si contendono gli ultimi due pass per la postseason tramite il play-in tournament (1-2 partite). Una volta stabilita la griglia dei playoff (accoppiamenti in base al seed: posizionamento in regular season) le squadre si affronteranno in sfide al meglio delle sette, alternando il campo di gioco a seconda di chi ha il seed migliore secondo questo schema:
  - 2 partite in casa della squadra con il seed migliore
  - 2 partite in casa della squadra peggio classificata
  - 1 partita eventuale in casa della squadra migliore
  - 1 partita eventuale in casa della squadra peggiore
  - 1 partita eventuale in casa della squadra migliore

Una squadra NBA, quindi, può disputare da un minimo di 82 partite ad un massimo di 112 durante l'arco di una stagione.

## **2.2 - struttura campionato NHL**

La National Hockey League, attiva dal 1917, si svolge parallelamente all'NBA e presenta molte similitudini con questa. L'NHL prevede attualmente un campionato a 32 franchigie, localizzate sia su suolo americano che canadese, e come l'NBA prevede un format con due conference ma solo due division, a differenza delle sei previste in NBA.

L' NHL presenta due divisions per conference: atlantic e metropolitan per la eastern conference, e central e pacific per la western conference. Ogni squadra disputa 82 partite di regular season secondo questi criteri:

- 26 partite contro le squadre della propria division (3 o 4 partite contro ogni squadra)
- 24 partite contro le squadre dell'altra division nella conference di appartenenza (3 partite contro ogni squadra)
- 32 partite contro le squadre dell'altra conference (2 partite contro ogni squadra)

Le migliori tre squadre per division e due squadre "wild card" per conference a completare il tabellone playoffs che ha lo stesso funzionamento di quello NBA.

### Capitolo 3

#### 1. - Il problema del sonno in NBA e NHL

Come citato nel secondo capitolo le stagioni NBA e NHL hanno lo scopo di massimizzare lo spettacolo e gli introiti, in quanto non solo rappresentano il massimo livello raggiungibile nel rispettivo sport ma soprattutto rappresentano un prodotto commerciale da vendere in tutto il mondo ad appassionati e potenziali nuovi appassionati. Questa cultura per quanto sia remunerativa per le leghe e le franchigie; infatti, il “cap” ovvero il tetto massimo salariale deciso in base agli introiti che ottiene la lega ogni anno, sale tendenzialmente ogni anno, ha anche degli aspetti negativi che colpiscono soprattutto la vita personale e la salute generale di giocatori, coach e staff. La cultura NBA in particolare ha sempre avuto un approccio che tendeva a glorificare la privazione di sonno in modo da ottimizzare al massimizzare il numero di partite durante ogni settimana, con la conseguenza di mettere le squadre nella condizione di essere quasi permanentemente in volo verso la prossima destinazione. Inoltre, i giocatori che non riescono ad affrontare i ritmi serrati sono spesso stati esclusi dalle varie squadre. (Singh *et al.*, 2020)

Negli ultimi anni però soprattutto per il processo così detto di “player empowerment” per cui c’è stata una transizione da un concetto di franchigia/ lega al centro a giocatore al centro, si è posta l’attenzione sui temi riguardanti la salute psicofisica dei giocatori, evidenziando soprattutto l’aspetto psicologico ma anche quello di riposo e recupero, entrambi temi strettamente legati al sonno e alle sue conseguenze in caso di privazione o carenza.

Per quanto le testimonianze dirette di giocatori e staff delle squadre non siano una fonte prettamente scientifica, danno un’idea generale su come un calendario così congestionato abbia effetti negativi sulla quantità, qualità e programmazione delle ore di sonno durante la giornata e di conseguenza sulla tenuta psicofisica degli atleti nel corso dell’anno e della carriera. CJ McCollum, presidente della NBPA, l’associazione dei giocatori

della NBA che di anno in anno lavora con il direttivo NBA per garantire determinate condizioni di lavoro e vita per i giocatori all'interno della lega, nel 2019 ha rilasciato un'intervista televisiva, condotta dal giornalista Baxter Holmes per conto della rete nazionale ESPN, su quanto sia importante il sonno per lui: "la mancanza di sonno interferisce con il tuo recupero, con il tuo modo di giocare, con le tue funzioni cognitive, con la tua mentalità, come ti muovi in campo [...] il sonno è tutto". Altri giocatori, nella fattispecie Tobias Harris dei 76ers hanno espresso il loro giudizio, paragonando il problema della mancanza di sonno al problema dei traumi cranici nella National Football League (NFL). (Baxter Holmes, 2019)

Timothy Royer, neuropsicologo, specializzato in disturbi dell'attenzione, organizzazione del sonno, stress e ansia, e consulente per questi temi per conto degli Orlando Magic, e il Dr. Charles Czeisler, direttore del dipartimento di "sleep medicine" al Brigham and Women's Hospital oltre che professore ad Harvard e consulente per diverse franchigie NBA riguardo al tema del sonno, rappresentano due delle figure più autorevoli e indicate per dare un quadro sulla situazione. Entrambi riportano come i giocatori spesso riescano a dormire solo cinque o sei ore, quantitativo non sufficiente per atleti d'élite a cui vengono consigliate nove o dieci ore di sonno per poter performare al meglio. Il punto principale presentato da Royer riguarda i livelli di testosterone nel corso del giorno e di tutta la stagione. Il testosterone è un ormone essenziale per gli atleti in quanto influisce su forza, velocità, massa muscolare e umore. Gli studi su esso hanno già evidenziato come dormire una settimana 5-6 ore a notte abbassi temporaneamente i livelli di testosterone nell'uomo per un equivalente di 11 anni di invecchiamento. Royer e colleghi, studiando la variabilità dei livelli ormonali, della frequenza cardiaca e i pattern respiratori ha verificato come dopo appena tre mesi i livelli di testosterone in giocatori ventenni scendesse ai livelli di un uomo di 50 anni. Negli anni successivi Royer ha continuato i suoi studi espandendoli a giocatori di entrambe le conference e implementando nella ricerca l'utilizzo dell'EEG per verificare l'andamento della onde cerebrali nel corso della stagione,

con risultati simili a quelli dei livelli di testosterone. Royer e il suo team nel corso degli ultimi anni hanno continuato ad acquisire dati su atleti appartenenti a più sport che includono NBA, NFL, NHL, MLB, golf, cricket, calcio e nuoto, con lo scopo di porre l'attenzione del mondo dello sport e della scienza sull'argomento. (Singh *et al.*, 2021)

### **3.1 - jet lag e disallineamento circadiano**

Gli studi di Roy e Forest fungono da base per una ricerca approfondita sull'impatto che hanno i frequenti viaggi delle squadre professionistiche attraverso i fusi orari, conseguenze comunemente indicate con il termine jet lag.

Il jet lag è il risultato del veloce attraversamento per via aerea di uno o più fusi orari, per cui il viaggiatore si espone a un cambiamento nell'orologio biologico interno. Il cambiamento nei ritmi biologici è temporaneo e rimane finché non vi è un adattamento alle nuove condizioni ambientali. I sintomi sono soggettivi ma solitamente includono disturbi del sonno, difficoltà di concentrazione, irritabilità, depressione, disorientamento spazio-temporale, mal di testa, perdita di appetito e disturbi gastrointestinali.

L'apparizione dei sintomi non è lineare, solitamente sono riportati nell'arco delle prime 48 ore dopo il volo. Il recupero dai sintomi non presenta linearità e fattori individuali generalmente però più sonno i fusi orari attraversati maggiore sarà il tempo necessario per il recupero, oltre a fattori individuali biologici e abitudinari incidono la direzione del volo e la temperatura esterna. (Manfredini *et al.*, 1998)

I cambiamenti nel ritmo circadiano come anticipato nei sintomi del jet lag incidono su temperatura, frequenza cardiaca, pressione sanguigna, ventilazione e funzioni urinarie e gastrointestinali. Seppur non si verificano sempre tutti i sintomi e alcuni di questi meccanismi vengono, almeno in parte mitigati dal nostro organismo.

Ai fini della performance è utile notare come, sulla base dell'orologio biologico e delle condizioni ambientali, la maggior parte dei fattori influenzanti essa presentano un andamento ritmico il cui picco avviene la sera presto. Questo periodo di picco è caratterizzato dai migliori dati

rispetto a tempi di reazione, forza muscolare in particolare della schiena, della flessione del gomito, della forza della presa, inoltre, la capacità di lavoro ad alta intensità risulta aumentata combinata con una minor rigidità articolare e percezione del dolore.

Nelle ore pomeridiane vicine al picco una sessione di allenamento produce un miglioramento muscolare pari a circa il 20% in più rispetto ad una sessione mattutina, le stesse implicazioni si notano anche nella capacità di memorizzare e richiamare schemi motori, oltre che tecniche e tattiche preparate dal coaching staff, con un incremento del 8%, la potenza del salto, dello scatto o del tiro mostrano un incremento intorno al 15% nell'efficacia durante il periodo di picco rispetto al resto del giorno.

Scegliere e preparare la schedule e la routine di un atleta in base ai ritmi circadiani può portare incrementi nella performance del 10%, considerando che un'attenzione a esso porta benefici in molti contesti riguardanti la performance, dalla capacità di resistenza, alle funzioni mentali, alla forza muscolare. Un decremento simile nella performance, sempre intorno al 10%, si osserva in soggetti che con 3 o meno ore di sonno prima della performance o in soggetti che hanno superato il limite legale di alcool.

Nelle leghe sportive i dettagli fanno la differenza e in cui però gli atleti testimoniano di avere periodi più o meno lunghi in cui riescono a dormire 5-6 ore a notte e spesso non tutte consecutive, il 10% di performance in meno durante una partita, rapportato su 82 partite o più di una stagione rappresenta sicuramente un fattore rilevante a cui è necessario porre l'attenzione e lavorare per creare le condizioni necessarie perché non si verifichi tale situazione. I disturbi del sonno in seguito ad un volo si presentano nella maggior parte dei casi ( $\approx 70\%$  dei casi), e considerando il tempo necessario per riadattare il proprio corpo al nuovo ambiente avere in media di circa 3 voli a settimana tra un fuso orario ad un altro (se non di più fusi orari) rappresenta già da solo un fattore importante per la performance in campo nonostante si considerino atleti d'élite e la preparazione che comunque almeno in parte negli ultimi anni viene fatta

per mitigare gli effetti negativi del jet lag, da un preadattamento tramite programmazione delle ore di sonno in anticipo, alla programmazione dei pasti e della loro composizione per accelerare l'adattamento dell'orologio biologico alla fototerapia e l'utilizzo di medicinali cronobiologici. Nonostante testimonianze e sperimentazioni le misure preventive attuali per il jet lag non sono ancora ottimali e quindi sono argomento di interesse per approfondimenti futuri.

### 3.2 - impatto del disallineamento circadiano sulla performance

Per studiare quanto il disallineamento circadiano incida sulla performance e sulla percentuale di vittoria delle squadre professionistiche americane di NHL e NBA vengono approfonditi gli anni dal 2010 al 2015 utilizzando i database ufficiali per le statistiche, analizzate tramite t-test e analisi della varianza. Vengono considerate le percentuali di vittoria delle squadre ospiti secondo i parametri di:

- Direzione del viaggio
- Fuso orario
- Ora della partita (pomeriggio: partita giocata alle 17:00 o prima; sera: partita giocata alle 17:30 o dopo)

|     | Western conference | Eastern conference | t-value | p-value |
|-----|--------------------|--------------------|---------|---------|
| NBA | 50.1 %             | 50.0 %             | 0.02    | 0.98    |
| NHL | 49.5 %             | 50.2 %             | 0.27    | 0.79    |

TABELLA 2: PERCENTUALE DI VITTORIA DELLE SQUADRE A EST E OVEST NEGLI ANNI PRESI IN CONSIDERAZIONE

È utile valutare la percentuale di vittoria delle squadre negli anni considerati come controllo per i dati di interesse per la tesi. Si nota come le due conference siano equilibrate per percentuale di vittoria durante negli anni di interesse.(Jesse D Cook *et al.*, 2022; Jonathan Charest *et al.*, 2022)



|            | NBA    |                    |        | NHL    |                    |        |
|------------|--------|--------------------|--------|--------|--------------------|--------|
|            | Ovest  | Stesso fuso orario | Est    | Ovest  | Stesso fuso orario | Est    |
| Sera       | 36.0 % | 41.0%              | 45.2 % | 41.6 % | 41.6 %             | 47.3 % |
| Pomeriggio | 42.3 % | 38.3 %             | 48.6 % | 58.2 % | 45.8 %             | 50.4 % |
| Totale     | 36.2 % | 40.9 %             | 45.4 % | 42.5 % | 46.5 %             | 47.6 % |

TABELLA 3: PERCENTUALI DI VITTORIA IN BASE ALLA DIREZIONE DI VOLO.

Nelle partite in trasferta i risultati dei test mostrano come ci sia una differenza significativa a seconda della direzione di viaggio, con uno svantaggio significativo nei viaggi verso ovest e un vantaggio nei viaggi verso est nelle partite giocate nelle ore serali.

Per quanto riguarda l’NHL i dati presentano lo stesso andamento con uno svantaggio significativo nei viaggi in direzione occidentale mentre in direzione orientale non si evince un cambiamento rilevante.

Il vantaggio osservato nei viaggi verso est era un risultato spiegabile dal fatto che gli atleti competono durante la finestra di picco massimo della performance. Un’altra prova a favore di quest’ultima tesi è il fatto che la percentuale di vittoria cali se i fusi orari attraversati diventano 3, questo infatti sposta la partita al di fuori della finestra di picco.(Roy and Forest, 2018)

|     | fusi orari attraversati verso ovest |       |       | stesso fuso orario | fusi orari attraversati verso est |       |       |
|-----|-------------------------------------|-------|-------|--------------------|-----------------------------------|-------|-------|
|     | 3                                   | 2     | 1     | 0                  | 1                                 | 2     | 3     |
| NBA | 35.1%                               | 41.8% | 33.1% | 41.0%              | 47.6%                             | 39.8% | 46.5% |
| NHL | 41.5%                               | 43.8% | 40.4% | 46.6%              | 48.0%                             | 44.0% | 52.4% |

TABELLA 4: PERCENTUALI DI VITTORIA NELLE ORE SERALI (PARTITA ALLE 17:30 O DOPO)

## Conclusioni

Questa tesi aveva come obiettivo rispondere innanzitutto al quesito: “cos'è il sonno e quali sono le sue funzioni.” In modo di costruire una base per rispondere al quesito: “quale ruolo ha il sonno sulle prestazioni sportive di atleti NBA e NHL”, a questo scopo è stata fatta una revisione della letteratura condotta prevalentemente tramite l'utilizzo di PubMed e siti specializzati sulle leghe americane oggetto della tesi.

La revisione della letteratura ha portato alla convinzione che la scienza del sonno sia ancora in uno stato in cui ci sono più incertezze che certezze; tuttavia, i dati raccolti a sostegno di questa tesi indicano come le ipotesi sulla necessità di una quantità (7-9 ore) e qualità sonno appropriata siano necessarie per massimizzare la performance sportiva e non solo.

Nel contesto, preso in esame, delle leghe professionistiche americane di pallacanestro e hockey su ghiaccio, NBA e NHL, il problema del sonno sorge in quanto le squadre hanno un calendario con una grande densità di partite, 82 senza contare i playoffs, distribuite su tutto il territorio americano e in parte di quello canadese. Il calendario appena citato e la “ring culture” su cui si basano le due leghe vedono gli atleti esporsi a ritmi serrati di allenamenti, partite e viaggi, sacrificando, appunto, la quantità, qualità del sonno e tutto ciò che ne consegue.

Gli studi analizzati e le testimonianze dirette dei giocatori evidenziano come la densità del calendario incida sulla qualità e durata del sonno. Per quanto sia difficile determinare precisamente quanto questo intacchi la performance in partita, una correlazione esiste e negli ultimi anni franchigie e leghe si sono adoperati per dare la possibilità agli atleti di curare anche questo aspetto della salute.

I provvedimenti presi negli ultimi anni riguardano prevalentemente l'eliminazione parziale dei back-to-back, ovvero l'occorrenza di due partite in due giorni consecutivi, e una migliore organizzazione di pasti e voli. Durante la scrittura di questa tesi si è rilevato dall'analisi della letteratura come queste misure non siano sufficienti a garantire un sonno adeguato a

recuperare le fatiche dell'annata sportiva. tuttavia, è importante tenere presente che questa tesi non si concentra su come risolvere questo problema quanto più sull'esistenza e sull'incidenza del problema, per questo in ricerche future, oltre ad approfondire il tema trattato, potrebbe essere utile individuare tramite sperimentazione scientifica metodi e mezzi più efficaci per garantire la massima salute psicofisica possibile degli atleti. Ai fini di approfondire il tema e completare l'analisi fatta con questa tesi un tema importante è l'incidenza che ha la mancanza di sonno non solo su recupero e performance in campo ma anche direttamente sull'incidenza degli infortuni. Un'osservazione veloce del panorama professionistico americano evidenzia come l'utilizzo del "load management" per gestire i carichi degli atleti in modo da dare loro più opportunità di riposo abbia preso molta importanza nella strategia delle franchigie per gestire i migliori giocatori e prevenire infortuni e stanchezza nelle fasi decisiva della stagione. Vista l'importanza del sonno per il recupero si ipotizza che esso abbia un'incidenza diretta sul rischio di infortunio, ciò rappresenta una mancanza in questa tesi e un tema da approfondire in seguito per completare in tutti i suoi aspetti la ricerca sul ruolo del sonno.(Bonnar *et al.*, 2018; Vitale *et al.*, 2019)

Sulla base degli studi analizzati si può affermare con certezza che il laureato in scienze motorie oltre a dover giustamente preparare un piano adeguato di preparazione fisica e un piano alimentare in linea agli obiettivi, deva tener conto e intervenire dove possibile nell'organizzazione delle ore di sonno degli atleti presi a carico, soprattutto in termini di programmazione del recupero rispetto ad allenamenti e gare, soprattutto in casi di trasferte distanti per competizioni sportive. Troppo spesso il sonno viene considerato un fattore sacrificabile e di contorno nella vita di tutti i giorni; in quanto professionisti non solo del movimento ma della salute occorre integrare nella preparazione sportiva metodi e mezzi per ottimizzare quantità e qualità di sonno su base giornaliera in modo da migliorare non solo la performance sportiva, che risulta rilevante per gli atleti, ma anche la salute generale, andando a limitare o eliminare gli

effetti che influenzano negativamente la salute psicofisica della persona derivanti dalla mancanza di sonno qualitativo.

## Bibliografia

- Anafi, R.C., Kayser, M.S. and Raizen, D.M. (2019) 'Exploring phylogeny to find the function of sleep', *Nature Reviews Neuroscience*, 20(2). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41583-018-0098-9>.
- Assefa, S.Z. *et al.* (2015) 'The functions of sleep', *AIMS Neuroscience*. Available at: <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2015.3.155>.
- Baxter Holmes (2019) 'NBA exec: "It's the dirty little secret that everybody knows about"'. Available at: [https://www.espn.com/nba/story/\\_/id/27767289/dirty-little-secret-everybody-knows-about](https://www.espn.com/nba/story/_/id/27767289/dirty-little-secret-everybody-knows-about) (Accessed: 28 April 2023).
- Blumberg, M.S. *et al.* (2020) 'What Is REM Sleep?', *Current Biology*. Cell Press, pp. R38–R49. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.11.045>.
- Le Bon, O. (2021) 'An Asymmetrical Hypothesis for the NREM-REM Sleep Alternation—What Is the NREM-REM Cycle?', *Frontiers in Neuroscience*, 15. Available at: <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.627193>.
- Bonnar, D. *et al.* (2018) 'Sleep Interventions Designed to Improve Athletic Performance and Recovery: A Systematic Review of Current Approaches', *Sports Medicine*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0832-x>.
- Cajochen, C., Kräuchi, K. and Wirz-Justice, A. (2003) 'Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep', *Journal of Neuroendocrinology*. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2826.2003.00989.x>.
- Carley, D.W. and Farabi, S.S. (2016) 'Physiology of sleep', *Diabetes Spectrum*, 29(1). Available at: <https://doi.org/10.2337/diaspect.29.1.5>.
- Carson O (2012) 'What Are Sleep Deprivation and Deficiency?', *National Heart Lung and Blood Institute* [Preprint].
- Chennaoui, M. *et al.* (2021) 'How does sleep help recovery from exercise-induced muscle injuries?', *Journal of Science and Medicine in Sport*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.05.007>.
- Hirshkowitz, M. *et al.* (2015) 'National sleep foundation's sleep time duration recommendations: Methodology and results summary', *Sleep Health*, 1(1). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2014.12.010>.
- Javier Ochoa-Lácar *et al.* (2022) 'How Sleep Affects Recovery and Performance in Basketball: A Systematic Review'. Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3425/12/11/1570> (Accessed: 20 December 2022).
- Jesse D Cook *et al.* (2022) 'Associations of circadian change, travel distance, and their interaction with basketball performance: a retrospective analysis of 2014-2018 National Basketball Association data'. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07420528.2022.2113093?journalCode=icbi20> (Accessed: 23 December 2022).

- Jonathan Charest *et al.* (2022) 'Associations between time zone changes, travel distance and performance: A retrospective analysis of 2013-2020 National Hockey League Data'. Available at: [https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(22\)00439-X/fulltext](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(22)00439-X/fulltext) (Accessed: 23 December 2022).
- Manfredini, R. *et al.* (1998) 'Circadian rhythms, athletic performance, and jet lag', *British Journal of Sports Medicine*, 32(2). Available at: <https://doi.org/10.1136/bjism.32.2.101>.
- Di Meir H. Kryger, Thomas Roth and William C. Dement (1989) *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Available at: [https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=3B52V4PnrVkc&oi=fnd&pg=PP1&ots=PRPgSA2hXJ&sig=NCxEBH4er4szdVBoZTY-hZBty0o&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=3B52V4PnrVkc&oi=fnd&pg=PP1&ots=PRPgSA2hXJ&sig=NCxEBH4er4szdVBoZTY-hZBty0o&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) (Accessed: 17 February 2023).
- Miletínová, E. and Bušková, J. (2021) 'Functions of Sleep', *Physiological Research*, 70(2). Available at: <https://doi.org/10.33549/physiolres.934470>.
- Ohayon, M. *et al.* (2017) 'National Sleep Foundation's sleep quality recommendations: first report', *Sleep Health*, 3(1). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2016.11.006>.
- Park, S.H. and Weber, F. (2020) 'Neural and Homeostatic Regulation of REM Sleep', *Frontiers in Psychology*. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01662>.
- Pereira, S.I.R. and Lewis, P.A. (2020) 'The differing roles of NREM and REM sleep in the slow enhancement of skills and schemas', *Current Opinion in Physiology*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.12.005>.
- Roy, J. and 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*. Available at: <https://doi.org/10.1111/jsr.12565>.
- Singh, M. *et al.* (2020) 'Urgent wake up call for the NBA', *Journal of Clinical Sleep Medicine* [Preprint]. Available at: <https://jcsm.aasm.org/doi/10.5664/jcsm.8938> (Accessed: 20 December 2022).
- Singh, M. *et al.* (2021) 'From the National Basketball Association to the National Hockey League: A parallel problem exists', *Journal of Clinical Sleep Medicine*. Available at: <https://doi.org/10.5664/JCSM.9124>.
- Vitale, K.C. *et al.* (2019) 'Sleep Hygiene for Optimizing Recovery in Athletes: Review and Recommendations', *International Journal of Sports Medicine*, 40(8). Available at: <https://doi.org/10.1055/a-0905-3103>.
- Vyazovskiy, V. V. and Delogu, A. (2014) 'NREM and REM sleep: Complementary roles in recovery after wakefulness', *Neuroscientist*, 20(3). Available at: <https://doi.org/10.1177/1073858413518152>.
- Watson, A.M. (2017) 'Sleep and Athletic Performance', *Current Sports Medicine Reports*, 16(6), pp. 413–418. Available at: <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000418>.

Wright, K.P. *et al.* (2015) 'Influence of sleep deprivation and circadian misalignment on cortisol, inflammatory markers, and cytokine balance', *Brain, Behavior, and Immunity*, 47. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2015.01.004>.

Zielinski, M.R., McKenna, J.T. and McCarley, R.W. (2016) 'Functions and mechanisms of sleep', *AIMS Neuroscience*. Available at: <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2016.1.67>.

### **Ringraziamenti**

Un ringraziamento alla mia relatrice Leo Irene per la pazienza, il supporto e i consigli durante la stesura di questo elaborato.

Un ringraziamento sentito e doveroso ai miei genitori che hanno reso possibile e sempre supportato questo percorso di studi, senza di loro non sarei qui.

Per concludere un ringraziamento a tutti gli amici e i parenti che mi hanno aiutato e spronato durante questo percorso, in particolare Elia, per aver condiviso insieme questo ultimo periodo prossimo alla laurea.