

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

Tesi di Laurea

Chi non dorme non piglia pesi?

Effetti della deprivazione del sonno sull'allenamento di forza

Relatore: Prof. Moro Tatiana
Laureando: Armenante Lorenzo
N° di matricola: 2054264

Anno Accademico 2023/2024

Indice

Abstract	2
Introduzione	3
1.1 Il sonno	3
1.2 Sonno e forza muscolare	4
1.3 L'allenamento della forza	6
1.3.1 Metodologie di analisi di un'alzata	7
1.4 Obiettivo della tesi	8
Capitolo 1	10
2. Durata della deprivazione del sonno	10
Capitolo 2	13
3. Il ruolo di cortisolo e testosterone	13
Capitolo 3	17
4. Influenza dello stato emotivo	17
Capitolo 4	21
4. Strategie per ridurre l'influenza della deprivazione del sonno	21
4.1 Power nap	21
4.2 Caffaina	22
4.3 Estensione del sonno	23
Conclusioni	25
Bibliografia	27

Abstract

Il sonno è un processo fisiologico attivo indispensabile per il riposo fisico e psichico, si caratterizza di un parziale distacco dall'ambiente e permette il ristoro dell'organismo. Dalla quantità e qualità del sonno dipende il benessere psicofisico dell'individuo: una restrizione del sonno, sia in acuto che in cronico, mina quindi il benessere dell'individuo. In un contesto sportivo il ruolo del sonno assume un'importanza ancora maggiore, non più solo in termini di benessere psico-fisico, ma anche in termini prestativi. La privazione del sonno compromette le funzioni cognitive e neuromuscolari, riducendo la capacità di coordinare i movimenti in modo efficace, influenzando negativamente in particolar modo le prestazioni di forza ma anche la capacità di recupero e il rischio di infortuni.

Oltre ad una corretta igiene del sonno, è comune l'utilizzo dei power nap per tentare di compensare una o più notti di sonno insufficiente, tale strategia trova applicazione in più contesti ed ha fondamento scientifico. Una notte di sonno però non può essere recuperata in alcun modo, ciò è dovuto alla struttura del sonno, composta da fasi non REM e REM che si ripetono ciclicamente, e che permettono il raggiungimento progressivo di fasi del sonno più profonde. La restrizione del sonno sia in acuto che in cronico impatta sull'individuo, anche una sola notte di sonno disturbato manifesta i suoi effetti, aumento della percezione del dolore, aumento della fatica percepita, aumento della possibilità di infortuni ecc. Oltre al power nap ulteriori strategie sono l'utilizzo di caffeina e l'estensione del sonno nei giorni precedenti a notti di restrizione del sonno, conoscendo nel dettaglio la loro azione sull'organismo è possibile sfruttarne al meglio i benefici.

Introduzione

1.1 Il sonno

Il sonno è una necessità fisiologica fondamentale per la salute fisica e psichica. Il lasso di tempo che ogni essere umano trascorre in questo stato di sospensione di coscienza risulta essere di circa 1/3 della vita totale, pari a 26 anni su una vita di 80 anni: un'enorme quantità di tempo che ogni essere umano trascorre in una condizione in cui ha ridotta capacità di risposta agli stimoli esterni, mentre l'organismo promuove la rimozione dei detriti ed elementi tossici di un metabolismo diurno fraudolento (NYT "Goodnight. Sleep Clean").

Secondo la review di Fullagar del 2015 una notte di sonno definibile come "normale" deve rientrare nelle 7-9 ore raccomandate dalla National Sleep Foundation; in questo lasso di tempo si ripetono i cicli del sonno, classificabili in due fasi principali, "rapid eyes movement" (REM) e "non rapid eye movement" (NREM), quest'ultima divisa a sua volta in tre fasi. Le fasi del sonno si differenziano in relazione ai movimenti oculari, onde cerebrali e un diverso tono muscolare; nel corso di un'intera notte di sonno si ripetono tutte e 4 le fasi: N1, N2, N3 e REM. Le prime tre sono considerate NREM e costituiscono circa il 75% di una notte di sonno, durante la quale avvengono dai 4 ai 5 cicli del sonno, impiegando per ogni ciclo completo 90-110 minuti (Patel, Aakash K., et al.). La prima fase N1 rappresenta il livello di sonno più leggero, dura da 1 a 5 minuti e costituisce il 5% del sonno totale. N2 è una fase del sonno più profonda, questa fase è caratterizzata dai "fusi del sonno", particolari onde cerebrali che ad oggi non risultano del tutto studiate, ma influenti nella plasticità cerebrale e nel consolidamento della memoria, nella fase N2 il battito cardiaco e la temperatura corporea diminuiscono e dura all'incirca 25 minuti. N3 è anche conosciuta come "slow wave sleep", è la fase del sonno non REM più profonda e comprende il 25% circa di una notte di sonno; soggetti che si svegliano durante questa fase accusano un temporaneo annebbiamento mentale, conosciuto come "sleep inertia" che influenza negativamente le performance mentali per circa 30 minuti – 1 ora (Hilditch, Cassie J, and Andrew W McHill. 2019), in questa fase il corpo rigenera i tessuti e rafforza il sistema immunitario. Infine, la fase REM è la più profonda e inizia circa 90 minuti dopo l'addormentamento, questa fase aumenta con l'aumentare dei cicli del sonno, con la prima fase REM di durata 10 minuti e l'ultima pari a 1 ora, in questa fase inoltre avvengono i sogni e gli incubi. Ulteriori caratteristiche di questa fase è il movimento irregolare dei muscoli e in particolare quello degli occhi, da cui deriva il nome "rapid eye movement", inoltre durante questa fase il cervello è tanto attivo da aumentare il metabolismo cerebrale fino al 20% (Peever, John, and Patrick M Fuller. 2017).

In seguito alle premesse fatte, è importante considerare non solo la quantità di sonno per notte, ma anche la qualità della stessa (Fullagar et al. 2015) Quantità e qualità del sonno sono a loro volta influenzati da una rosa di elementi che riguardano più aspetti della vita di ogni individuo, in gran parte di questi elementi l'individuo stesso sceglie e attua comportamenti che avranno ripercussioni sulla qualità complessiva del sonno. Ad oggi esistono diversi rimedi farmaceutici come pillole per il sonno, benzodiazepine, antistaminici, barbiturici e alcol che potrebbero aiutare nel sedarsi; tuttavia, sono associati ad effetti collaterali come un aumento della dipendenza fisica e psichica da essi, cambiamenti comportamentali, sonnolenza diurna e aumento del rischio di cadute, in particolare nella popolazione anziana. Tra tutti i rimedi farmacologici, quello più utilizzato è la melatonina, se assunta a basse dosi migliora la qualità del sonno, la quantità totale e riduce il tempo di addormentamento. Tuttavia, il trattamento migliore attuabile a lungo termine riguarda lo stile di vita e l'adozione di

comportamenti che promuovono un addormentamento più o meno rapido e un sonno proficuo (Baranwal

I comportamenti legati allo stile di vita attuati negli istanti prima di andare a letto, dopo il risveglio e durante il giorno allo scopo di promuovere una buona qualità e quantità di sonno rientrano nelle azioni che costituiscono una corretta “igiene del sonno” (Tabella 1).

Sleep hygiene tips

- Aim to get between 7 and 9 h of sleep
 - Have a consistent sleep time
 - Exercise regularly
 - Avoid late afternoon/evening naps and long naps
 - Avoid light exposure (electronics, etc.) near bedtime
 - Limit caffeine consumption in the afternoon/evening
 - Limit alcohol assumption
 - Avoid large mixed meals and unhealthy foods near bedtime
 - Practice mindfulness techniques
 - Create a dark, cool, and quiet sleeping environment
 - Have a constant bedtime routine
 - Refrain from using the bed for non-sleep activities
 - Use comfortable mattress, pillow, and bedding
-

Tabella 1. *Suggerimenti per il miglioramento dell’igiene del sonno, illustrati nello studio di Baranwal, Navya et al. (2023)*

Le condizioni che possono portare un soggetto ad un sonno insufficiente possono essere molteplici, da quelle prettamente fisiologiche menzionate in precedenza a quelle di carattere psicologico, inoltre un aspetto importante da considerare è il tempo di addormentamento, che può variare da persona a persona ma anche da notte a notte. Per quanto riguarda gli atleti, condizioni che possono portare ad una restrizione del sonno sono l’ansia il giorno prima della gara e la necessità di spostarsi per arrivare sul luogo della gara. Particolarmente frequente quest’ultima necessità, infatti si preferisce tendenzialmente l’arrivo sul luogo di gara qualche giorno prima, anche se non sempre è possibile.

In ricerca spesso non viene distinta la deprivazione del sonno (SD) dalla restrizione del sonno (SR), nel primo caso si parla di una totale mancanza di sonno e quindi 24h ore di veglia, nel secondo caso invece si fa riferimento ad una diminuzione delle ore di sonno rispetto ad una normale notte di riposo, una notte con 3h di sonno risulta essere una notte di restrizione del sonno. Nella presente tesi per agevolare la lettura sono state rispettate le scelte delle evidenze trattate, in alcuni casi distinguendo SD e SR, in altri utilizzando SD in riferimento a condizioni di sonno inferiori a quelle normali.

Nei capitoli seguenti verrà analizzata e descritta nel dettaglio la relazione presente tra sonno e capacità di espressione di forza massimale, la quale vede la cura del sonno come condizione necessaria al fine di consentire al soggetto di esprimere la miglior performance di forza possibile.

1.2 Sonno e forza muscolare

Qualità e quantità del sonno impattano sulla salute cardiovascolare e cognitiva, consolidazione della memoria, immunità e regolazione ormonale, tutti questi fattori influenzano in modo diretto e indiretto la performance fisica di forza (Baranwal, Navya et al. 2023).

L’espressione di forza muscolare è determinata da diversi fattori, tra cui la capacità contrattile delle fibre muscolari, la coordinazione neuromuscolare, la produzione di ormoni anabolici che permettono

di mantenere un'adeguata massa muscolare, l'efficienza del sistema energetico glicogeno-dipendente e, infine ma non meno importante, la motivazione mentale durante l'esecuzione dell'esercizio. Tutti questi fattori possono esser compromessi dalla mancanza di sonno.

Dal punto di vista fisiologico, la mancanza di sonno aumenta i livelli di ormoni che promuovono direttamente la degradazione delle proteine (noti come ormoni catabolici), come il cortisolo, e riduce i livelli di ormoni anabolici nel sangue. Disturbando il metabolismo proteico muscolare di base, la mancanza di sonno può attenuare gli adattamenti del muscolo scheletrico all'esercizio atto a promuovere la forza muscolare stessa (Aisbett, Brad et al. 2017)).

Da un punto di vista energetico, la privazione del sonno riduce la capacità del corpo di stoccare e utilizzare il glicogeno, la principale fonte di energia durante sforzi anaerobici (come il sollevamento pesi), compromettendo la produzione di forza (Skein, Melissa et al. 2011)). La ridotta concentrazione di glicogeno muscolare e l'aumento della percezione dello sforzo, evidente dopo un periodo di sonno inadeguato, potrebbero ridurre il reclutamento neuromuscolare, impattando negativamente sulle performance di forza.

Per quanto riguarda la salute mentale e cognitiva, essa risulta di più difficile identificazione, la definizione della World Health Organization (WHO) ci aiuta ad averne una definizione più chiara. La salute mentale, infatti, è molto di più dell'assenza di disturbi mentali, bensì è uno stato mentale che consente alle persone di far fronte allo stress della vita, realizzare le proprie abilità, studiare, lavorare correttamente e contribuire alla propria comunità. In tal modo il concetto di salute mentale assume una rilevanza più ampia, comprendendo una moltitudine di aspetti della vita di ognuno, a loro volta influenzati da altri elementi, anche in questo caso riuscire ad avere un sonno proficuo è un alleato che impatta positivamente la vita dell'individuo (WHO "Mental health").

Nella performance di forza anche la consolidazione della memoria ha un ruolo, sia per quanto riguarda sollevamenti legati al body building e powerlifting, dove le correzioni risulteranno sempre più minuziose una volta acquisito il gesto, sia per quanto riguarda sollevamenti olimpici dove il gesto atletico risulta essere più complesso e dinamico.

La salute del sistema immunitario è uno dei fattori che spicca per influenza indiretta sulla performance di forza sia sui singoli allenamenti che sul macrociclo, qualora l'atleta si trovasse ad affrontare allenamenti in condizione di debilitazione la performance di forza probabilmente ne risentirebbe, a seconda dell'entità della debilitazione. L'impatto però si ha anche a lungo termine e quindi sulla stagione agonistica o macrociclo, questo perché se l'atleta si ammala spesso sarà più propenso a non partecipare agli allenamenti e quelli portati a termine in una condizione di malattia saranno meno proficui. Essendo che in ogni atleta uno degli obiettivi è ottimizzare tutto il possibile ottenendo i risultati nel più breve tempo concesso, sul lungo periodo la malattia frequente risulta inficiare i risultati ottenibili.

L'influenza degli ormoni sulla performance di forza è nota. Gli ormoni anabolici come gli ormoni steroidei testosterone, GH ed insulina (*Fondamenti di fisiologia umana*. Piccin, 2012) influenzano positivamente la forza muscolare; mentre gli ormoni catabolici come il cortisolo hanno un effetto negativo. La restrizione del sonno comporta un evento stressogeno a cui l'organismo deve far fronte e se viene associato all'esercizio fisico ad alta intensità il carico di stress aumenta, aumentando i livelli di ormoni catabolici (cortisolo) e riducendo la concentrazione degli ormoni anabolici.

Infine, un ultimo aspetto non trascurabile è la motivazione, un sonno non proficuo porta con sé la diminuzione della voglia di allenarsi, l'impatto del sonno è quindi anche di carattere psicologico e come verrà analizzato nei prossimi capitoli, il fattore psicologico è un elemento su cui si può avere un impatto, al fine di limitare le conseguenze di un'eventuale deprivazione del sonno (Knowles, Olivia E et al. 2018).

Alla luce delle considerazioni sopra indicate appare ovvio come prendersi cura del proprio sonno possa influenzare la performance di forza e i diversi aspetti della vita di ogni individuo.

1.3 L'allenamento della forza

L'allenamento in sala pesi si presta in modo particolare all'allenamento della forza a causa delle sue peculiarità. L'allenamento contro resistenza (RT) consente di modulare facilmente il carico, eseguire gli esercizi in sicurezza e in un ambiente controllato, permette di avere sotto controllo tutti i parametri allenanti e infine consente l'utilizzo di carichi elevati, tutto ciò è ripetibile e basato su esercizi che presentano esecuzioni ben precise.

La definizione di forza, e di conseguenza il suo allenamento, è tuttavia molto ampia. Infatti la forza può essere distinta in forza resistente, massima, esplosiva, ciascuna di esse presenta caratteristiche differenti e differenti sono le modalità per allenarle. La forza massimale fa riferimento alla massima forza che il sistema neuromuscolare riesce ad esprimere durante una contrazione volontaria, senza limitazioni di tempo, è un tipo di forza fortemente influenzata dal sistema nervoso e per essere allenata richiede percentuali dell'1RM molto alte, dall'85% in su. Prendendo come esempio uno squat con bilanciere, la forza massimale viene espressa nel sollevamento del massimo carico sollevabile per una ripetizione.

La forza esplosiva invece viene definita come la capacità del sistema neuromuscolare di esprimere alti livelli di forza nel minor tempo possibile, coincide con la massima potenza muscolare e viene espressa con sviluppi di forza pari a 35-45% di quella massima. Essendo forza e velocità inversamente proporzionali, minore sarà il carico, tanto maggiore sarà la velocità espressa e viceversa, per allenare efficientemente questo tipo di forza bisogna quindi lavorare su entrambi i parametri. Risulta quindi ottimale prevedere l'allenamento della forza massimale con carichi alti e l'allenamento dello sviluppo della velocità in regime di forza, con intensità dal 30 al 65% del massimale. L'utilizzo di pliometrie, balzi, sprint ed esercizi di agilità, risultano essere ulteriori ottime soluzioni che si prestano per lo sviluppo di questo tipo di forza, tuttavia rappresentano soluzioni sport specifiche, bisogna quindi comprendere il ruolo della forza esplosiva nell'atleta per poterla sviluppare al meglio.

Infine la forza resistente è la capacità dell'organismo di resistere ad un carico di lavoro protratto nell'arco di tempo. Per allenare questo tipo di forza gli allenamenti a circuito si prestano bene, il carico utilizzato è medio basso, tra il 30 e il 60% del massimale e anche in questo caso in relazione alle necessità dell'atleta, il circuito può prevedere variazioni del carico o meno. L'obiettivo rimane lo stesso, portare l'atleta allo stremo, condizionandolo l'organismo al resistere ad un carico per un lungo lasso di tempo. Per quanto riguarda il presente quesito di tesi, l'interesse è in merito alla forza massimale e in tutto ciò che la influenza; tuttavia un elemento comune all'allenamento di tutti i tipi di forza risulta essere il completamento di ogni alzata in sicurezza e nel modo più efficiente possibile per quel soggetto.

Un principio dell'allenamento contro resistenza è il sovraccarico progressivo, ovvero l'aumento graduale del carico, allo scopo di aumentare la domanda neuromuscolare e conferire il tempo alle strutture coinvolte di adattarsi. Quando i muscoli si adattano ad un determinato carico, non continueranno più a progredire, per tale motivo sarà necessario somministrare un carico maggiore al fine di promuovere tale miglioramento. Il rispetto di tale principio consente inoltre a tutte le strutture sottoposte al carico di adattarsi, tendini, articolazioni, legamenti, ecc. le quali presentano tempi differenti di adattamento al carico (Kraemer, William J et al. 2002).

Quando un allenatore deve stilare un programma di allenamento per un soggetto, è tassativo che ottenga una moltitudine di informazioni per poter lavorare al meglio. Stile di vita, obiettivi, attitudine all'impegno, preferenze in allenamento, tempo a disposizione per l'allenamento, sono solo alcuni degli aspetti che è necessario conoscere per poter poi prendere le decisioni che meglio calzano per il cliente. Una volta raccolte queste informazioni l'allenatore si presta a stilare il programma di allenamento e per farlo si serve dei parametri allenanti, principalmente volume, intensità, time under tension (TUT), densità e velocità di movimento.

Il volume rappresenta la quantità totale di lavoro, in particolare è il risultato del prodotto tra carico, ripetizioni e serie, essendo questo parametro riferito alla quantità di lavoro si può parlare di volume in riferimento ad un singolo esercizio, singola seduta di allenamento, settimana o mesociclo.

L'intensità invece è il carico, in riferimento al massimo carico sollevabile in un dato esercizio (1RM). Il tempo sotto tensione (TUT) indica il tempo per cui un determinato muscolo è sottoposto a tensione durante la serie; mentre la velocità di movimento indica la velocità delle singole ripetizioni nelle varie fasi della stessa, ovvero della fase eccentrica, concentrica ed eventuali fermi a fine di esse. Infine la densità è la quantità di lavoro in relazione al tempo, viene modulata tramite i tempi di recupero e mantengono un rapporto inversamente proporzionale, tanto maggiore sarà il recupero tra le serie, tanto minore sarà la densità di allenamento e viceversa.

1.3.1 Metodologie di analisi di un'alzata

Le metodologie di seguito illustrate sono funzionali alla comprensione delle analisi/considerazioni più avanti sviluppate, non verranno quindi trattate tutte le metodologie esistenti.

Sebbene sia comune fare riferimento al solo carico sollevato quando si parla di sollevamento pesi, in realtà i valori misurabili sono diversi, permettendo considerazioni più specifiche a seconda del contesto.

Il primo strumento si presta per informare sull'entità di uno sforzo fisico, l'RPE, "*Rate of Perceived exertion*", esso rappresenta il grado di percezione dello sforzo in una scala da 1 a 10. L'RPE permette di capire il livello di fatica raggiunto dall'atleta, prendendo come esempio un'alzata singola su qualsiasi esercizio se l'atleta ci comunica un RPE pari a 5, vuol dire che ha percepito una fatica pari alla metà di quella massima sopportabile, un RPE pari a 10 indica un livello di fatica massimo, per il quale il sollevamento è riuscito, ma un carico maggiore avrebbe portato al fallimento dell'alzata.

Questo strumento viene utilizzato moltissimo nel campo del powerlifting e streetlifting, dove l'allenatore imposta il programma, nel quale per ogni esercizio ci saranno serie e ripetizioni e al posto del carico l'RPE, l'atleta deve impegnarsi nell'individuare il carico rispettando l'RPE, se selezionerà

un carico troppo basso lo sforzo sarà inferiore a quello previsto, un carico troppo elevato porterà ad uno sforzo maggiore del previsto.

Un ulteriore strumento per l'analisi dettagliata di un'alzata è l'encoder lineare che permette di misurare lo spostamento di un oggetto, ad oggi, in ricerca, sempre più utilizzato per misurare forza e potenza nella pratica dell'allenamento contro resistenza. La misurazione di tali dati riguarda unicamente la fase concentrica e permette un'analisi più completa di ciò che accade in ogni istante dell'alzata, un esempio in *tabella 2*. I dati che permettono di rilevare questi strumenti sono:

- Average Power (AP): Potenza media
- Average Force (AF): Forza media
- Peak velocity (PV): Picco di velocità
- Time to peak velocity (T): Tempo impiegato per raggiungere il picco di velocità
- Distance(D): Distanza percorsa dall'oggetto, bilanciere, manubrio, ecc.

Variable	N	SD	SD _N
Grip strength (N)	43.9 ± 3.8a	42.47 ± 3.1	43.4 ± 3.4a
Bench press			
Average power (W)	423 ± 78 a	376 ± 59	410 ± 70 a
Average force (N)	567 ± 140 a	548 ± 138	561 ± 142 a, b
Peak velocity (ms ⁻¹)	0.79 ± 0.19 a	0.71 ± 0.16	0.76 ± 0.17 a, b
Time-to-peak velocity (s)	0.42 ± 0.15	0.44 ± 0.15	0.41 ± 0.15 a
Distance (cm)	45.5 ± 11.4	46.1 ± 5.9	46.6 ± 5.8
RPE General (6–20 VAS)	11.4 ± 2.1 a	12.3 ± 2.3	11.8 ± 2.0 a
Leg press			
Average power (W)	956 ± 189 a	901 ± 169	944 ± 156 a
Average force (N)	1894 ± 518	1762 ± 476	1885 ± 503
Peak velocity (ms ⁻¹)	0.52 ± 0.08	0.51 ± 0.08	0.52 ± 0.09
Time-to-peak velocity (s)	0.45 ± 0.09	0.46 ± 0.10	0.48 ± 0.13
Distance (cm)	34.9 ± 4.4	34.2 ± 3.8	36.0 ± 4.3 a
RPE general (6–20 VAS)	12.4 ± 2.2 a	13.2 ± 2.1	12.8 ± 2.1

Tabella 2. Esempio di valori misurabili tramite encoder lineare; risultati ottenuti durante le 3 condizioni sperimentali N, SD e SD_N, nei test di forza del grip, leg press e panca piana nello studio (Brotherton, Ellis J et al. 2019)

1.4 Obiettivo della tesi

Sebbene l'importanza del sonno sia ampiamente conosciuta, soprattutto in ambito sportivo, ciò che è meno ovvio è in che misura la privazione del sonno (SD) impatti una performance di forza, ovvero quante ore di sonno possono considerarsi sufficienti per non avere ripercussioni sulla performance? Inoltre, quali sono le strategie che è possibile attuare per ridurre gli effetti negativi in caso ci si trovi in una situazione di privazione del sonno? Infine, un altro obiettivo della presente tesi è quello di fornire strategie pratiche, da poter attuare nel caso in cui un atleta debba affrontare una performance di forza e si ritrovi in una condizione di SD.

Gli articoli approfonditi per rispondere al quesito di tesi sono:

- Brotherton, Ellis J et al. “Effects of two nights partial sleep deprivation on an evening submaximal weightlifting performance; are 1 h povernaps useful on the day of competition?.” *Chronobiology international* vol. 36,3 (2019): 407-426. doi:10.1080/07420528.2018.1552702
- Arnal, Pierrick J et al. “Sleep Extension before Sleep Loss: Effects on Performance and Neuromuscular Function.” *Medicine and science in sports and exercise* vol. 48,8 (2016): 1595-603. doi:10.1249/MSS.0000000000000925
- Blumert, Peter A et al. “The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters.” *Journal of strength and conditioning research* vol. 21,4 (2007): 1146-54. doi:10.1519/R-21606.1
- Gallagher, Chloe et al. “Is implementing a post-lunch nap beneficial on evening performance, following two nights partial sleep restriction?.” *Chronobiology international* vol. 40,9 (2023): 1169-1186. doi:10.1080/07420528.2023.2253908
- Cook, Christian et al. “Acute caffeine ingestion's increase of voluntarily chosen resistance-training load after limited sleep.” *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* vol. 22,3 (2012): 157-64. doi:10.1123/ijsnem.22.3.157

Capitolo 1

2. Durata della deprivazione del sonno

In uno studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019) sono stati selezionati 15 soggetti, ciascuno dei quali sottoposto alle 3 condizioni sperimentali, normal (N) sottoposti a 7.30h di sonno; sleep deprived con 3h di sonno e sleep deprived con nap (SDn) sottoposti a 3h di sonno con l'aggiunta di un power nap alle ore 13.00. Ognuna delle condizioni è stata protratta per 2 giorni di seguito, alle 17.00 del terzo giorno sono stati eseguiti i test di forza del grip, panca piana e leg press inclinata. Dai risultati sono emersi decrementi della forza massimale nel test del grip (2.7%), nella panca piana (AP 11.2%, AF 3.3%, e PV 9.4%) e nella leg press (AP 5.7%), infine, nella condizione SD sono stati registrati RPE più alti rispetto alle condizioni N; mentre nella condizione SDn i livelli di forza sono risultati simili alla condizione N.

I decrementi di forza nel grip test sono concordi con quelli ottenuti dallo studio di Souissi (Souissi, Nizar et al. 2013), che prevede le medesime condizioni, due giorni consecutivi con tre ore di sonno e test di forza nel pomeriggio; sebbene tale risultato non veda protagonista un gesto motorio complesso, la forza di prensione della mano è correlata con i livelli di forza generale del soggetto (Wind, Anne E et al. 2010), anche in soggetti giovani, questo risultato fa emergere quindi il possibile impatto che una restrizione del sonno può avere sui livelli di forza di un soggetto. È importante considerare che ai fini di mantenere condizioni sperimentali attendibili ai soggetti è stato proibito di mangiare nelle 4h prima dei test di forza, questo è un elemento che gioca a sfavore di una performance di tale genere, come già menzionato nell'introduzione. Da questa indagine emergono i decrementi di forza causati da una condizione di deprivazione del sonno e di come l'utilizzo di un power nap possa aiutare nel limitare tali decrementi, avvicinandosi maggiormente ad una performance sostenuta in una condizione di sonno normale, l'utilizzo dei power nap non è però l'unica strategia attuabile per attenuare i decrementi di forza dovuti alla restrizione del sonno, strategie che verranno analizzate nei prossimi capitoli.

In uno studio di Arnal e colleghi (Arnal, Pierrick J et al. 2016) la deprivazione del sonno utilizzata è stata maggiore, con i test di forza eseguiti dopo 34-37h di veglia, dopo 6 notti di sonno prolungato (sleep EXT). L'obiettivo era evidenziare la possibilità di ottenere benefici dormendo un numero di ore maggiore nei giorni precedenti ad una condizione di deprivazione del sonno, beneficiando quindi delle ore di sonno accumulate e limitando i decrementi di performance in condizione di SD nei giorni successivi. Un limite di questo studio risulta il non raggiungimento del monte ore prefissato nella condizione "EXT", inizialmente di 9.8h, ma effettivamente di 8h, quindi non si può parlare di una vera e propria "estensione del sonno" nei giorni precedenti, bensì il numero di ore per notte è stato maggiore rispetto alla condizione di controllo "HAB" caratterizzata da 7 ore di sonno. Ne è emerso che l'accumulo di ore di sonno nei giorni precedenti ha portato i soggetti ad avere performance motorie migliori rispetto al gruppo di controllo con sonno regolare. Da sottolineare però che il test di forza è stato eseguito tramite leg extension, in cui la capacità coordinativa e di stabilizzazione è ridotto rispetto ad esercizi multiarticolari, utilizzati in altri studi. Il risultato di questo studio potrebbe non essere applicabile a sollevamenti più complessi, come alzate olimpiche, squat, stacco da terra, panca piana.

In un altro studio condotto nel 2007 da Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007) i 9 uomini sottoposti all'esperimento hanno performato un allenamento di weightlifting dopo 24h totali di veglia, i risultati sono stati poi confrontati con quelli ottenuti a 7 giorni di distanza in condizione di sonno normale (8h). I soggetti scelti erano weightlifter nazionali che presentavano ciascuno minimo 1 anno di esperienza con i sollevamenti olimpici e si allenavano nella medesima squadra. In questo caso il compito motorio risulta più complesso rispetto agli studi precedenti, le richieste coordinative e di stabilizzazione risultano maggiori, in tal modo l'aspettativa di peggioramento della performance risulta maggiore. Tuttavia, ciò che è emerso da tale ricerca è che la differenza tra le due performance non è stata significativa (*Tabella 3*), suggerendo che anche 24h di veglia non impattano la performance di forza come le alzate olimpiche, che richiedono quindi un impegno neurale superiore rispetto ad altri tipi di alzate.

Variable	Sleep loss	No sleep loss
	Mean \pm SD	Mean \pm SD
Snatch 1RM (kg)	97.78 \pm 17.43	97.78 \pm 17.87
Snatch VL (kg)	823.33 \pm 153.45	815.28 \pm 157.10
Snatch TI (kg)	53.27 \pm 8.07	53.09 \pm 9.06
Clean and jerk 1RM (kg)	115.56 \pm 16.99	116.67 \pm 17.85
Clean and jerk VL (kg)	704.17 \pm 147.58	718.06 \pm 118.84
Clean and jerk TI (kg)	87.21 \pm 16.42	87.70 \pm 17.10
Front squat 1RM (kg)	137.50 \pm 22.43	134.44 \pm 22.18
Front squat VL (kg)	2,505.00 \pm 851.70	2,739.44 \pm 964.61
Front squat TI (kg)	103.72 \pm 19.38	104.49 \pm 19.34
Workout VL (kg)	4,032.50 \pm 843.05	4,272.78 \pm 1,077.87
Workout TI (kg)	82.79 \pm 12.97	83.95 \pm 14.10

* 1RM = one repetition maximum; VL = volume load; TI = training intensity.

Tabella 3. Risultati dei test delle alzate nello studio di Blumert, Peter A et al.

Nello studio di Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007) vengono citati due studi, rispettivamente di Meney (Meney, I et al. 1998) e Goh (Goh, V H et al. 2001) suggerendo che deprivazioni del sonno minori di 30h non siano sufficienti a rilevare alterazioni dei marcatori della prestazione fisica, tuttavia, un limite dello studio di Meney (Meney, I et al. 1998) sono le poche informazioni sui soggetti sottoposti allo studio e alla loro esperienza in merito al sollevamento pesi, fondamentale per avere un margine di sicurezza che i soggetti conoscano i propri limiti e siano in grado di esprimerli quando richiesto. Nello studio di Goh (Goh, V H et al. 2001) invece come test di forza è stato utilizzato unicamente la forza del grip, il quale è indice della forza generale del soggetto, ma il solo ausilio di tale test risulta limitante e troppo impreciso per evidenziare effettivi decrementi di forza.

Dagli studi presi in esame l'influenza negativa della deprivazione del sonno sulla performance di forza non è così ovvia, infatti unicamente lo studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019) testimonia decrementi della performance significativi. Per quanto riguarda lo studio di Arnal (Arnal, Pierrick J et al. 2016) sebbene sia presente una condizione differente dagli altri studi, ovvero quella di "estensione del sonno", bisogna considerare che tale condizione è caratterizzata da 8h di sonno effettive, risultando quindi una normale notte di sonno. In tale ricerca si potrebbe ipotizzare un effetto placebo dovuto al quesito di ricerca, tuttavia, l'utilizzo delle metodologie FNES e TMS escludono differenti massime contrazioni volontarie tra i test di controllo e quelli in SD. Per quanto riguarda lo studio di Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007) in cui la veglia totale prevista è di 24h, il compito motorio risulta anche più complesso rispetto agli altri studi, ciò che emerge però è che non vi sono differenze significative tra le due condizioni.

Quello che emerge dagli studi presi in esame è quindi che anche un numero cospicuo di ore di veglia, pari a 34-37h non risulta influire sulla performance di forza; tuttavia, con un solo studio a favore e per le metodologie utilizzate nel test di forza dallo stesso, sarebbe azzardato asserire che un lasso di tempo così lungo senza sonno non influisca sulla performance di un'alzata più complessa, come quelle olimpiche o praticate nel powerlifting. Quello che testimonia lo studio di Arnal (Arnal, Pierrick J et al. 2016) però è che le condizioni fisiologiche dopo un lasso di tempo pari a 34-37h di veglia, permettono ugualmente di sostenere uno sforzo massimale, in un compito semplice come la leg extension, con la medesima intensità esprimibile in seguito ad una notte di sonno completa.

Capitolo 2

3. Il ruolo di cortisolo e testosterone

Una condizione di deprivazione del sonno, se sufficientemente protratta, può indurre diversi cambiamenti fisiologici, l'aumento del battito cardiaco, della ventilazione polmonare e della concentrazione di lattato nel sangue sono esempi di risposte fisiologiche alla SD associata all'esercizio, in sforzi massimali e sub massimali, dopo una notte di sonno parzialmente disturbata (3h in meno in una notte normale di sonno). Queste risposte sono attribuite ad un aumento della richiesta metabolica, sforzo percepito (RPE) e concentrazione delle catecolammine, in seguito a SD, ciò viene attribuito ad un aumento dello stress indotto dalla deprivazione del sonno, che si aggiunge allo stress causato dall'allenamento (Fullagar, Hugh H K et al. 2015)

Altre variazioni che la deprivazione del sonno induce riguardano lo spettro ormonale, bisogna considerare il sistema endocrino come una tensostruttura, in cui ogni ormone influenza il ciclo vitale di altri ormoni, i quali influiscono sull'omeostasi dell'organismo, mantenendola o alterandola.

L'importanza del cortisolo riguarda in particolar modo l'entità stressogena a cui il corpo viene sottoposto; infatti, una condizione di SD associata poi all'esercizio ad alta intensità rappresentano due eventi stressanti l'organismo, in tal modo l'entità di deprivazione del sonno e il carico totale di lavoro dell'esercizio plasmano lo stress totale a cui l'individuo è sottoposto. L'aumento dei livelli di cortisolo potrebbe portare ad un aumento del catabolismo muscolare e riduzione della sintesi proteica, sentenza che supporta la teoria per la quale il sonno promuove il recupero muscolare, questa concatenazione di eventi si ripercuote sulla forza a lungo termine a causa dell'interferenza con il recupero muscolare e l'indotto aumento del catabolismo muscolare, la rigenerazione del muscolo viene ostacolata e gli adattamenti muscolari al sovraccarico progressivo non avvengono (Fullagar, Hugh H K et al. 2015). Per quanto riguarda le metodologie di analisi del cortisolo il campione salivare risulta essere una metodologia ampiamente utilizzata per comodità ed economicità, non è invasiva ed è più attendibile di altri metodi di rilevazione come quello attraverso il plasma, il quale prevede un prelievo di sangue, che rappresenta un evento stressogeno influenzando i valori reali al momento del test (Iqbal, Talha, et al. 2023).

In seguito ad una notte di deprivazione del sonno (24h di veglia) i livelli di testosterone diminuiscono (Su, Liang et al. 2021); durata, intensità, volume di allenamento e tipologia di esercizi sono altri fattori che inducono variazioni del testosterone, altre variabili che differenziano le fluttuazioni di tale ormone sono l'età, la condizione fisica, obesità o normo peso e infine l'istante in cui il testosterone viene misurato. Negli istanti dopo aver concluso l'allenamento si verifica un aumento del testosterone (Riachy, Ruba et al. 2020), (Schwanbeck, Shane R et al. 2020) con gli esercizi che coinvolgono gruppi muscolari più grandi ed in maggior numero, che inducono un aumento più significativo di tale ormone.

Nello studio di Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007) sono stati oggetto di studio 9 soggetti maschi, i quali in seguito ad una notte di veglia (SD) e dopo 7 giorni, una notte di sonno normale (non-SD), hanno sostenuto i test di forza performando snatch, clean and jerk e front squat. Prima dell'inizio dello studio i soggetti sono stati sottoposti ad una giornata di test in cui sono stati rilevati gli 1RM di ciascuna alzata, tutti i soggetti presentavano almeno un anno di esperienza con i sollevamenti olimpici. Ai soggetti sono stati prelevati 10ml di sangue dopo 15 minuti di attesa in laboratorio al

momento dell'arrivo e nuovamente subito dopo i test e 1h dopo la fine dei test di forza. Per quanto riguarda i livelli di testosterone non sono emerse differenze significative né tra gli orari analizzati né tra le due condizioni, SD e non-SD. Per quanto riguarda il cortisolo sono emerse differenze significative, con i valori registrati prima dell'esercizio più alti rispetto a quelli registrati un'ora dopo la fine dell'allenamento e i valori registrati subito dopo l'allenamento più alti rispetto a quelli registrati un'ora dopo, nella condizione non SD; tuttavia, tra le due condizioni non sono emerse differenze.

Nello studio di Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007) né la privazione del sonno né l'allenamento hanno indotto variazioni del testosterone, ciò che potrebbe spiegare tale risultato è da ricercarsi nella durata della restrizione del sonno, pari a 3h e non 24h, come suggerito dallo studio di Su (Su, Liang et al. 2021) per ottenere un effettivo decremento dei livelli di testosterone. Un altro elemento che potrebbe spiegare il comportamento del testosterone in questo studio è il volume. Sebbene l'intensità risulti elevata e gli esercizi siano multi-articolari che coinvolgono grandi gruppi muscolari, il volume di lavoro risulta ridotto e probabilmente non sufficiente ad indurre un aumento del testosterone. Una conferma di tale ipotesi la si avrebbe sottoponendo gli stessi soggetti alle medesime condizioni ma con un volume di allenamento maggiore, studiando poi l'andamento del testosterone nel post esercizio.

Per quanto riguarda lo studio di Cook (Cook, Christian et al. 2012) 16 giocatori professionisti di rugby sono stati oggetto di 4 condizioni sperimentali in ciascuna delle quali un'ora prima del test è stato somministrato un placebo o 4mg/kg di caffeina.

- Deprivazione del sonno con assunzione di caffeina
- Deprivazione del sonno con assunzione di placebo
- Sonno normale con assunzione di placebo
- Sonno normale con assunzione di caffeina

Ai soggetti è stato chiesto di presentarsi in due occasioni nel momento in cui avessero ottenuto 8 o più ore di sonno (non SD) e in altre due occasioni con 6 o meno ore di sonno (SD) per i test di forza, nei quali sono stati previsti panca piana, squat con bilanciere e rematore con bilanciere tutti per 4 set all'85% del 1RM. I campioni di saliva sono stati prelevati nell'istante prima dell'assunzione del placebo o della caffeina, subito prima di iniziare il test e subito dopo il test. Per i gruppi sottoposti all'assunzione di placebo sono emerse differenze significative dei livelli basali di testosterone tra SD e non SD (Tabella 4).

	Predose		Preworkout		Postworkout	
	Testosterone	Cortisol	Testosterone	Cortisol	Testosterone	Cortisol
NSD:CAF	136 ± 22 ^{b,c}	2.07 ± 0.21	140 ± 20 ^{a,b,c}	2.23 ± 0.21	183 ± 26 ^{a,b,c}	2.71 ± 0.26 ^a
NSD:PLA	134 ± 31 ^{b,c}	2.22 ± 0.51	125 ± 30 ^c	2.13 ± 0.49	151 ± 32 ^c	2.44 ± 0.49
SD:CAF	113 ± 21	2.44 ± 0.54 ^{a,d}	120 ± 24	2.64 ± 0.46 ^{a,c,d}	143 ± 29 ^c	2.98 ± 0.50 ^{a,c}
SD:PLA	115 ± 26	2.40 ± 0.53 ^d	110 ± 25	2.30 ± 0.51	123 ± 29	2.60 ± 0.49

Tabella 4. Valori di testosterone e cortisolo rilevati nello studio (m Cook, Christian et al. 2012)

Note. NSD=non SD; CAF=Caffeina; PLA=Placebo

Sebbene i soggetti non siano stati sottoposti ad una restrizione del sonno di grande entità, dai test salivari emerge come i livelli di testosterone siano significativamente inferiori nei gruppi SD rispetto ai non SD in tutte le istanze di rilevazione, questo risultato è in contrasto con quello registrato da Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007). Analizzando il volume di lavoro per ciascuno dei due studi si nota come nello studio di Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007) i soggetti hanno eseguito una quantità totale di volume per allenamento minore, con Workout VL= 4032.5 kg (*Tabella 5*), rispetto al volume eseguito nello studio di Cook (Cook, Christian et al. 2012) con il valore della condizione SD:PLA= 5500kg circa (*Figura 1*).

Variable	Sleep loss	No sleep loss
	Mean \pm SD	Mean \pm SD
Snatch 1RM (kg)	97.78 \pm 17.43	97.78 \pm 17.87
Snatch VL (kg)	823.33 \pm 153.45	815.28 \pm 157.10
Snatch TI (kg)	53.27 \pm 8.07	53.09 \pm 9.06
Clean and jerk 1RM (kg)	115.56 \pm 16.99	116.67 \pm 17.85
Clean and jerk VL (kg)	704.17 \pm 147.58	718.06 \pm 118.84
Clean and jerk TI (kg)	87.21 \pm 16.42	87.70 \pm 17.10
Front squat 1RM (kg)	137.50 \pm 22.43	134.44 \pm 22.18
Front squat VL (kg)	2,505.00 \pm 851.70	2,739.44 \pm 964.61
Front squat TI (kg)	103.72 \pm 19.38	104.49 \pm 19.34
Workout VL (kg)	4,032.50 \pm 843.05	4,272.78 \pm 1,077.87
Workout TI (kg)	82.79 \pm 12.97	83.95 \pm 14.10

Tabella 5. Variabili sulle performance dei test eseguiti nello studio di (Blumert, Peter A et al. 2007)

Note. 1RM= Massimo carico sollevabile per una ripetizione; VL= Carico di volume; TI= Intensità di allenamento

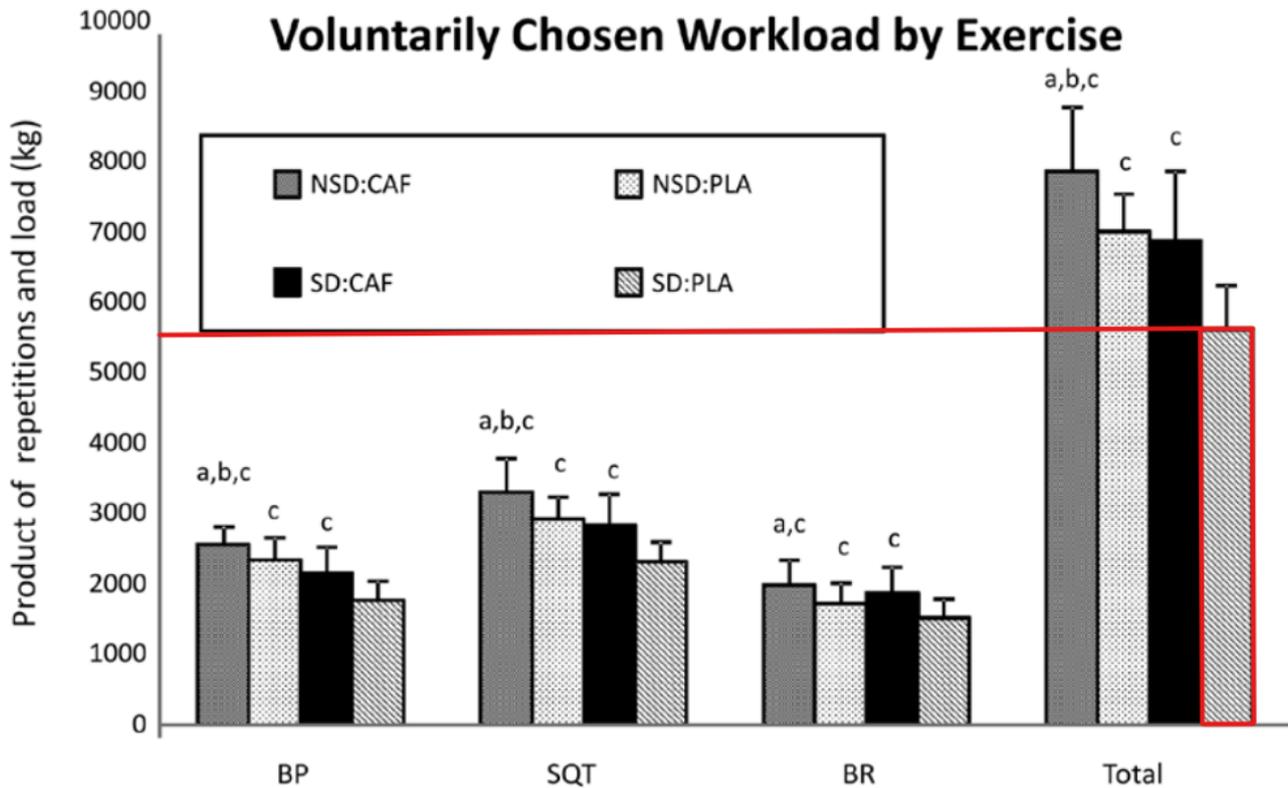


Figura 1. Adattato da Cook, Christian et al. 2012; volume di lavoro utilizzato durante i test di forza.

Queste differenze sono dovute alle diverse tipologie di protocollo utilizzati, dove nel primo caso sono state previste serie e ripetizioni fisse (Tabella 6), nel secondo caso il protocollo prevedeva il raggiungimento del massimo numero di ripetizioni senza raggiungere il cedimento con l'85% dell'1RM.

Exercise	Repetitions (based on 1RM)
Snatch	2 × 70%, 2 × 80%, 1 × 90%, 1 × 95%, 2-3 × (1 × 100%)
Clean and jerk	2 × 70%, 2 × 80%, 1 × 90%, 1 × 95%, 2-3 × (1 × 100%)
Front squat	2 × 70%, 2 × 80%, 1 × 90%, 1 × 95%, 2-3 × (1 × 100%), 3 × (3 × 85%), 2 × (6 × 70%)

Tabella 6. Protocollo utilizzato durante i test di forza nello studio (Blumert, Peter A et al. 2007)

In conclusione, tale differenza potrebbe giustificare le discrepanze di risultati ottenuti tra i due studi in merito alla variazione dei livelli di testosterone.

Capitolo 3

4. Influenza dello stato emotivo

Lo stato emotivo del soggetto al momento di una qualsiasi performance fisica è una variabile che ne influenza il risultato della stessa. Le emozioni, infatti, plasmano il grado di attivazione durante un determinato compito, un livello di attivazione troppo alto induce uno stato di ansia e panico, antagonista alla performance, mentre uno stato di attivazione troppo basso indica uno stato di quiete troppo marcato, sostanzialmente si sta sottovalutando la difficoltà del compito. Lo stato emotivo del soggetto, quindi, influisce sulla performance in termini di concentrazione su ciò che sta per eseguire, oltre a ciò, i livelli di stanchezza generale, allerta, confusione e fatica sono altri fattori che influenzano l'esito di una performance. In ultimo, ma non per importanza, il livello di motivazione, esso rappresenta un fattore cruciale per la riuscita ottimale di una performance di forza, molto spesso sottovalutato, ma che può determinare la riuscita o meno di un'alzata.

Nello studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019) sono state misurate diverse variabili psicologiche di 15 uomini adulti, successivamente a 2 notti di privazione del sonno (3h per notte) in 4 istanti della giornata, 8.00, 11.00, 14.00 e prima dei test di forza. Ciò che è emerso è un peggioramento del profilo d'umore nella condizione di privazione del sonno SD, con la condizione SDn però che presenta variabili più simili alla condizione di sonno normale N (Tabella 7).

Variable	N	SD	SD _N
Rectal temperature (°C)	37.23 ± 0.36	37.28 ± 0.21	37.16 ± 0.22
Mean skin temperature (°C)	31.15 ± 1.51	31.49 ± 0.99	31.52 ± 1.00
Mean body temperature (°C)	36.03 ± 0.42	36.14 ± 0.22	36.06 ± 0.27
Tiredness (0–10 VAS)	3.6 ± 1.5 a	7.1 ± 1.4	6.1 ± 1.9 a, b
Alertness (0–10 VAS)	6.4 ± 1.5 a	2.9 ± 1.4	3.9 ± 1.9 a, b
Sleepiness (0–10 VAS)	2.2 ± 0.8 a	4.5 ± 1.1	3.9 ± 1.6 a, b
Mood state—Vigour	9.0 ± 3.0 a	4.5 ± 2.5	5.6 ± 3.4 a, b
Mood state—Anger	0.6 ± 1.3 a	1.5 ± 1.8	0.8 ± 1.6 a
Mood state—Tension	0.3 ± 1.0	0.6 ± 0.9	0.3 ± 0.7
Mood state—Calm	9.0 ± 3.2 a	5.4 ± 2.7	6.5 ± 3.1 a, b
Mood state—Happiness	8.5 ± 3.3 a	5.2 ± 2.7	6.5 ± 3.1 a, b
Mood state—Confusion	1.7 ± 1.9 a	3.6 ± 3.5	2.9 ± 3.6 a, b
Mood state—Depression	0.8 ± 1.9 a	2.2 ± 2.4	1.1 ± 1.6 a, b
Mood state—Fatigue	2.8 ± 3.0 a	11.9 ± 4.0	8.7 ± 4.8 a, b

Tabella 7. Variabili dei profili emotivi nelle diverse condizioni N= Normal; SD= Sleep Deprived; SDn= Sleep Deprived con power nap, registrati nello studio (Brotherton, Ellis J et al. 2019)

In tutte le variabili che influenzano positivamente lo stato emotivo dei soggetti, allerta, vigore, calma e felicità, sono stati riscontrati valori più alti nella condizione di sonno normale N. Per quanto riguarda le variabili che influenzano negativamente lo stato emotivo, come stanchezza, sonnolenza, rabbia, tensione, confusione, depressione e fatica sono stati riscontrati valori più alti nella condizione SD, la differenza maggiore rilevata tra le due condizioni riguarda la fatica, variabile determinante in prossimità di sforzi fisici ad alta intensità. Le considerazioni sopra elencate valgono rispettivamente per le condizioni SD e SDn, facendo emergere come l'utilizzo di un nap influisca positivamente sull'emotività, migliorandone tutti gli aspetti. Sono state registrate differenze tra gli orari di misurazione per quanto riguarda lo stato di allerta, sonnolenza e stanchezza, questi ultimi due presentano andamenti nell'arco temporale molto simili tra le condizioni SD e N, con i valori delle 8.00 più alti rispetto a quelli registrati alle 17.00.

Per quanto riguarda lo stato di allerta, esso presenta andamento inverso, più basso alle 8.00 e più alto alle 17.00. Nella condizione SDn si nota un andamento differente rispetto le altre condizioni, infatti sonnolenza e stanchezza risultano alte al mattino, mostrando poi una progressiva discesa agevolata dal power nap delle 13.00, in tal modo alle 17.00 i livelli di sonnolenza e stanchezza sono pressoché uguali a quelli registrati nel gruppo N.

Lo stato di allerta presenta anche nella condizione SDn un andamento inverso, risultando basso al mattino per avere poi un progressivo aumento, raggiungendo alle 17.00 livelli poco più bassi del gruppo N.

L'analisi dell'andamento dei fattori psicologici durante la giornata permette di meglio contestualizzare l'impatto della deprivazione del sonno sull'organismo, avendone una visione più ampia e potendo ragionare in modo più specifico sulle metodiche che possono aiutare nell'influire positivamente sulla performance.

Lo studio di Gallagher (Gallagher, Chloe et al. 2023) ha indagato le variazioni emotive di 15 uomini adulti soggetti a due notti di restrizione del sonno (4h per notte) e alle seguenti condizioni:

- Restrizione parziale del sonno (PSR)
- Restrizione parziale del sonno con power nap di 30 min (PSR₃₀)
- Restrizione parziale del sonno con power nap di 60 min (PSR₆₀)

I profili emotivi sono stati rilevati nelle giornate dei test in 4 istanti, 7.30; 11.00; 14.00; 17.00; per quanto riguarda i livelli di allerta e stanchezza, tra le condizioni PSR e PSR₆₀ si riscontrano valori in contrasto con quelli registrati nello studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019), infatti la condizione PSR₆₀ presenta livelli medi di sonnolenza più alti e di allerta più bassi rispetto alla condizione PSR (*Figura 2*). Sebbene entrambi gli studi abbiano utilizzato il medesimo questionario (Profile of Mood State questionnaire; McNair and Lorr 1971), i due studi hanno ottenuto risultati differenti, mentre il primo testimonia l'efficacia del power nap, il secondo evidenzia un peggioramento delle variabili misurate, rispetto alla condizione in cui vi è la sola deprivazione del sonno.

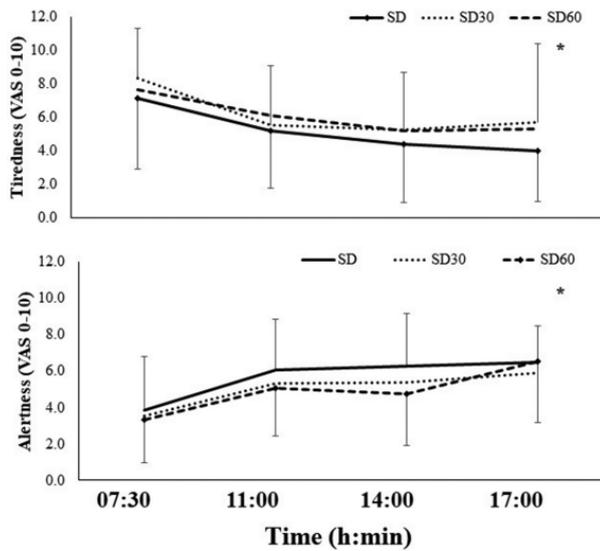


Figura 2. Andamento dei livelli di Sonnolenza e Allerta durante la giornata rilevati nello studio (Gallagher, Chloe et al. 2023)

Anche per quanto riguarda le altre variabili d'umore come vigore, rabbia, tensione, calma, felicità, confusione, depressione e fatica, non appare un miglioramento come quello registrato nello studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019). Il protocollo di allenamento utilizzato dai due studi è simile, il questionario il medesimo, l'età dei soggetti in entrambi gli studi è tra i 20 e i 25 anni, le condizioni di restrizione del sonno riguardano in entrambi i casi 2 notti e differiscono di un'ora per notte, il motivo di questa differenza così sostanziale non appare chiara.

Infine, nello studio di Blumert (Blumert, Peter A et al. 2007) i 9 individui oggetto di studio hanno eseguito un protocollo di weightlifting in seguito a 24h di veglia. Le misurazioni in merito allo stato emotivo hanno avuto medesima cadenza di quelle in merito a testosterone e cortisolo, all'arrivo in laboratorio, a conclusione del test e 1h dopo il test. Il questionario utilizzato per analizzare le variabili psicologiche è ancora una volta il medesimo utilizzato dagli studi precedentemente trattati (Profile of Mood State questionnaire; McNair and Lorr 1971), ciò che emerge è un peggioramento di tutte le variabili analizzate, nella condizione "sleep loss" (Tabella 8).

Variable	Sleep loss		No sleep loss	
	Pre Mean ± SD	Post Mean ± SD	Pre Mean ± SD	Post Mean ± SD
Vigor	15.3 ± 6.1*	12.4 ± 4.0*	19.9 ± 4.9	19.3 ± 6.3
Anger	18.4 ± 8.2	22.0 ± 10.5	13.9 ± 3.4	14.6 ± 4.0
Confusion	13.1 ± 4.0*	13.1 ± 4.7*	10.0 ± 1.7	9.1 ± 2.4
Tension	14.7 ± 4.0	13.4 ± 3.5	12.8 ± 1.9	13.2 ± 3.0
Fatigue	18.4 ± 5.8*†	22.4 ± 5.8*	12.1 ± 3.8†	18.0 ± 6.0‡
Depression	22.0 ± 7.1	22.6 ± 7.3	17.6 ± 4.4	19.7 ± 4.6
Total mood	102.0 ± 20.4‡	106.0 ± 19.0‡	86.2 ± 12.2†	93.9 ± 13.4
Sleepiness	4.0 ± 1.0	4.0 ± 1.6*	3.1 ± 1.2	2.2 ± 1.2

Tabella 8. Variabili dei profili emotivi registrati Pre e Post test di forza, nello studio (Blumert, Peter A et al. 2007).

Rilevante la differenza di vigore e fatica nel pre-esercizio, infatti la percezione di affaticamento e il vigore, il quale rappresenta l'efficienza fisica, risultano essere due caratteristiche che impattano largamente su una prestazione di forza sub massimale e massimale.

In conclusione, due studi tra quelli trattati (Brotherton, Ellis J et al. 2019), (Blumert, Peter A et al. 2007) hanno evidenziato un peggioramento significativo dello stato emotivo in seguito ad una condizione di SD; mentre lo studio di Gallagher (Gallagher, Chloe et al. 2023), risulta essere in contrasto con lo studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019) per quanto riguarda l'efficacia del power nap. Sebbene lo studio di Gallagher (Gallagher, Chloe et al. 2023) non presenti una condizione di sonno normale, se si confrontano le variabili psicologiche nella condizione SD, con la condizione N dello studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019), si palesa un peggioramento dato dalla privazione del sonno (*Figura 3*).

Variable	N	Variables	SD
Rectal temperature (°C)	37.23 ± 0.36	Intra-aural Temperature (°C)	35.51 ± 0.14
Mean skin temperature (°C)	31.15 ± 1.51	Tiredness (0–10 VAS)	5.2 ± 0.8
Mean body temperature (°C)	36.03 ± 0.42	Alertness (0–10 VAS)	5.7 ± 0.6
Tiredness (0–10 VAS)	3.6 ± 1.5 a	Stanford Sleepiness	3.0 ± 0.3
Alertness (0–10 VAS)	6.4 ± 1.5 a	Mood State-Vigour	6.1 ± 3.6
Sleepiness (0–10 VAS)	2.2 ± 0.8 a	Mood State-Anger	1.2 ± 2.2
Mood state—Vigour	9.0 ± 3.0 a	Mood State- Tension	0.6 ± 0.2
Mood state—Anger	0.6 ± 1.3 a	Mood State- Calm	5.5 ± 0.7
Mood state—Tension	0.3 ± 1.0	Mood State- Happiness	4.9 ± 0.7
Mood state—Calm	9.0 ± 3.2 a	Mood State- Confusion	1.3 ± 0.4
Mood state—Happiness	8.5 ± 3.3 a	Mood State- Depression	1.0 ± 0.4
Mood state—Confusion	1.7 ± 1.9 a	Mood State- Fatigue	5.6 ± 2.0
Mood state—Depression	0.8 ± 1.9 a		
Mood state—Fatigue	2.8 ± 3.0 a		

Figura 3. Entrambe le tabelle mostrano le variabili misurate tramite il questionario (*Profile of Mood State questionnaire; McNair and Lorr 1971*), a sinistra i dati dello studio (Brotherton, Ellis J et al. 2019), a destra i dati dello studio (Gallagher, Chloe et al. 2023).

Capitolo 4

4. Strategie per ridurre l'influenza della deprivazione del sonno

Dopo aver analizzato il perché possa presentarsi una condizione di SD, gli effetti della stessa sulla performance e le modalità con cui influiscono, si arriva al vero obiettivo della presente tesi, ovvero quello di poter capire come gestire questa condizione e come ottenere il massimo dai propri atleti qualora siano soggetti ad una condizione di SD.

Tenendo in considerazione quanto visto nei precedenti capitoli, si arriva facilmente a capire che i possibili interventi per influire positivamente sulla performance non sono unicamente di carattere fisiologico, ma trovano applicazione anche tutte quelle strategie che permettono un miglioramento del profilo d'umore del soggetto e soprattutto la motivazione dello stesso. Di seguito verranno trattati l'utilizzo di power nap e caffeina, in ultimo l'estensione del sonno nei giorni precedenti a condizioni di restrizione del sonno.

4.1 Power nap

Un power nap viene definito come un periodo di sonno inferiore al 50% della durata media di notte di sonno dell'individuo (Dinges, D F et al. 1987) ed è una possibile strategia utilizzabile per alleviare l'impatto di un'eventuale notte di sonno insufficiente o disturbato.

Come visto nei capitoli precedenti anche una sola notte di deprivazione del sonno ha un impatto sia dal punto di vista fisiologico che psicologico, ulteriori evidenze scientifiche confermano tale tesi (Teece, Angus R et al. 2023) (Lastella, Michele et al. 2021).

Il vantaggio dell'utilizzo dei power nap risulta nella possibilità di migliorare lo stato mentale e fisiologico dell'individuo, creando le condizioni sufficienti al fine di performare meglio rispetto ad una condizione priva di power nap, importante considerare che vi sono delle accortezze se si sceglie di adottare tale metodologia. Innanzitutto, la "sleep inertia", definito come quello stato di transizione tra veglia e addormentamento, caratterizzato da prestazioni compromesse, ridotta vigilanza e voglia di tornare a dormire (Trotti, Lynn M. 2017); per non compromettere la performance è necessario distanziare di almeno 30 minuti la fine del power nap dalla prestazione (Lastella, Michele et al. 2021). Altro elemento a cui si presta attenzione è il timing del power-nap, al fine di renderlo più proficuo e non interferire con il sonno notturno; il periodo di massima sonnolenza circadiana è tra le 13:00 e le 16:00 (Lastella, Michele et al. 2021), per questo motivo risulta essere un'ottima fascia oraria che permette un recupero migliore rispetto ai power nap tenuti in altri orari della giornata (Lack, L C, and K Lushington. 1996). Infine un power nap in questa fascia oraria assicura di non interferire con il sonno notturno, sia in termini di durata che di tempo di addormentamento (Lastella, Michele et al. 2021).

Nello studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019), già trattato nei capitoli precedenti, l'inserimento di un power nap alle 13.00, ha indotto significativi miglioramenti in quasi tutte le variabili analizzate, da quelle misurate con l'encoder lineare durante le alzate, al profilo d'umore, tali valori sono risultati molto vicini a quelli presenti nella condizione normale N, dimostrando l'efficacia di questa strategia.

Lo studio di (Gallagher, Chloe et al. 2023) invece prende in considerazione le tre condizioni PSR; PSR30 e PSR60, confrontando la sola restrizione del sonno per due notti (4h per notte) con la restrizione del sonno associata ad un nap di 30 minuti e ad un nap di 60 minuti. Quello che emerge è che in entrambe le condizioni in cui è presente il nap non sono emersi miglioramenti né in termini di prestazione né per quanto riguarda i profili d'umore. Questi risultati risultano essere in contrasto con quelli di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019), dove i benefici del nap sono invece emersi; la prima differenza tra i due studi riguarda il numero di ore di restrizione del sonno, pari a 4h per lo studio di Gallagher (Gallagher, Chloe et al. 2023) e 3h per Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019) che rappresentano una restrizione del 50% vs 37.5% del sonno abituale dei partecipanti. Ulteriore differenza riguarda l'assenza della condizione di controllo nello studio di Gallagher (Gallagher, Chloe et al. 2023), tuttavia tale mancanza non giustifica l'inefficienza del power nap, perché sebbene nello studio di Brotherton (Brotherton, Ellis J et al. 2019) sia presente la condizione di controllo, si può notare una significativa differenza tra la condizione SD e SDn, a favore della SDn. L'unico elemento che porta a giustificare l'inefficienza dei power nap emersa nello studio (Gallagher, Chloe et al. 2023) è un P value troppo elevato (Tabella 9).

Variables	SD	SD ₃₀	SD ₆₀	Significance condition
Intra-aural Temperature (°C)	35.51 ± 0.14	36.00 ± 0.13	36.15 ± 0.12	F_{2,0, 28,0} = 11.15 (P < 0.0005)
Tiredness (0–10 VAS)	5.2 ± 0.8	6.2 ± 0.8	6.1 ± 0.7	F _{2,0, 28,0} = 1.42 (P = 0.260)
Alertness (0–10 VAS)	5.7 ± 0.6	5.1 ± 0.7	4.9 ± 0.6	F _{1,6, 22,1} = 1.46 (P = 0.252)
Stanford Sleepiness	3.0 ± 0.3	3.4 ± 0.3	3.4 ± 0.3	F _{2,0, 28,0} = 2.59 (P = 0.097)
Mood State-Vigour	6.1 ± 3.6	5.2 ± 3.9	5.3 ± 3.8	F _{2,0, 28,0} = 1.72 (P = 0.197)
Mood State-Anger	1.2 ± 2.2	1.8 ± 0.9	0.9 ± 1.4	F _{1,4, 17,7} = 0.92 (P = 0.383)
Mood State- Tension	0.6 ± 0.2	0.9 ± 0.4	0.7 ± 0.2	F _{1,4, 19,1} = 0.68 (P = 0.466)
Mood State- Calm	5.5 ± 0.7	5.1 ± 0.8	5.0 ± 0.7	F _{2,0, 26,0} = 0.75 (P = 0.481)
Mood State- Happiness	4.9 ± 0.7	4.1 ± 0.7	4.3 ± 0.7	F _{2,0, 26,0} = 0.93 (P = 0.407)
Mood State- Confusion	1.3 ± 0.4	1.8 ± 0.6	1.0 ± 0.3	F _{1,3, 16,6} = 1.25 (P = 0.293)
Mood State- Depression	1.0 ± 0.4	1.6 ± 0.5	1.0 ± 0.3	F _{2,0, 26,0} = 1.14 (P = 0.335)
Mood State- Fatigue	5.6 ± 2.0	6.8 ± 0.9	6.1 ± 0.8	F _{2,0, 28,0} = 1.24 (P = 0.305)
STROOP (Colours/NotW/TOTAL)	60.2 ± 2.3	62.8 ± 2.0	66.8 ± 2.7	F_{1,5, 21,5} = 5.81 (P = 0.015)
STROOP (Colours/NotW/ERROR)	1.2 ± 0.2	1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.2	F _{2,0, 28,0} = 0.54 (P = 0.591)
STROOP (Words/NotC/TOTAL)	105.6 ± 3.9	108.7 ± 4.1	110.5 ± 3.2	F_{2,0, 28,0} = 3.47 (P = 0.045)
STROOP (Words/NotC/ERROR)	1.0 ± 0.2	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.2	F _{2,0, 28,0} = 0.87 (P = 0.431)

Tabella 9. Variabili psicologiche misurate nello studio di Gallagher (Gallagher, Chloe et al. 2023), le quali presentano un P value inferiore a 0.05.

4.2 Caffaina

La caffeina è al giorno d'oggi largamente utilizzata per le sue proprietà, le quali permettono un miglioramento generale dello stato di allerta, della concentrazione e della performance fisica. L'azione ergogena della caffeina è dovuta alla sua azione a livello cardiovascolare e nervoso centrale (Cappelletti, Simone et al. 2015). Da tale effetto ergogenico ne deriva il largo consumo, in particolare, in tutte quelle situazioni in cui c'è necessità di una maggiore concentrazione o di uno stato di allerta più elevato, l'allenamento ne è un perfetto esempio. La review (Pickering, Craig, and Jozo Grgic. 2019) ipotizza che la differenza della quantità di caffeina abituale e pre-esercizio sia rilevante, probabilmente soggetti con un consumo abituale di caffeina, dovrebbero assumere una dose maggiore pre-esercizio rispetto alla dose abituale di assunzione. A supporto, la review (Pickering, Craig, and John Kiely. 2019) suggerisce che il consumo abituale di caffeina influisca sugli effetti ergogenici attesi, tuttavia, un aumento della dose pre-esercizio potrebbe mitigare tale condizione. Un consumo di 3mg/kg/giorno continuativo non sembra essere problematico per la maggior parte degli atleti, considerando che in un caffè espresso sono contenuti dai 50 agli 80mg.

La metanalisi (Grgic, Jozo et al. 2018) illustra sorprendentemente, l'efficacia della caffeina solamente sui livelli di forza degli arti superiori, ma non degli arti inferiori, al contrario, (Warren, Gordon L et al. 2010) mostra miglioramenti di forza solamente sugli estensori del ginocchio. Ad oggi quindi la correlazione, assunzione di caffeina e miglioramento di forza non appare così certa, tuttavia è importante non trascurare l'impatto psicologico di tale sostanza, il che risulta determinante in performance massimali e sub-massimali.

Nello studio (Cook, Christian et al. 2012) si voleva analizzare se l'assunzione di caffeina portasse ad un aumento dei carichi di lavoro scelti, se ciò venisse amplificato da una notte di deprivazione del sonno e le fluttuazioni di cortisolo e testosterone durante tali condizioni. I partecipanti hanno tenuto traccia delle loro abitudini alimentari che sono poi state analizzate per confermare un consumo occasionale o leggero di caffeina, pari o inferiore a 120mg giornalieri, con la maggior parte dei partecipanti che non assumeva caffeina durante il giorno. Ai partecipanti è stata somministrata una quantità di 4mg/kg o di placebo 1h prima dei test di forza; tramite un questionario alla fine del test, è emerso che 8 dei 16 individui oggetto di studio hanno percepito un effetto al momento dell'assunzione di caffeina, sono stati definiti "high responder", infatti, tale gruppo presenta incrementi di carico di lavoro maggiori rispetto al gruppo identificato come "non responder". Per quanto riguarda i non responder non sono emerse differenze in merito al carico scelto tra il gruppo con assunzione di caffeina e il placebo; tuttavia, è emerso un miglioramento della fatica percepita; infine, l'assunzione di caffeina ha indotto un aumento dei livelli di testosterone e cortisolo più marcato rispetto al placebo.

Il beneficio maggiore riscontrato dall'assunzione di caffeina è emerso nel gruppo SD, tale risultato testimonia l'efficacia dell'assunzione di caffeina al fine di migliorare la performance di forza, in questo caso, essendo il carico scelto fisso, si fa riferimento al numero di ripetizione che i soggetti hanno compiuto per set. Importante considerare il consumo abituale di caffeina, si ipotizza infatti la necessità di una dose maggiore di quella abitualmente assunta per evidenziare differenze significative (Cook, Christian et al. 2012). Infine potrebbe esserci una variabilità interindividuale per quanto riguarda gli effetti ergogenici della caffeina, ad oggi sono necessarie ulteriori evidenze scientifiche per determinare la veridicità di tale ipotesi.

4.3 Estensione del sonno

L'estensione del sonno fa riferimento ad un aumento del numero di ore trascorse a dormire rispetto ad una normale notte di sonno; ad oggi in letteratura è presente una quantità ristretta di studi su tale condizione, specialmente in riferimento alla performance di forza.

Lo studio di Arnal (Arnal, Pierrick J et al. 2019) ha selezionato 12 soggetti tra i 28 e i 36 anni per eseguire una leg extension a cedimento, applicando diverse percentuali della massima contrazione volontaria (MVC), pari al 10% iniziale, che diventava poi 15%, 20% e 25% dopo 9, 12, 15 minuti. Grazie a test precedentemente eseguiti in merito alla MVC, è stato possibile predisporre un feedback visivo che permetteva ai soggetti di vedere la percentuale della MVC in tempo reale, l'incapacità di mantenere la forza in un range del 5% da quella prevista per più di tre secondi determinava il fallimento del compito. Tutti i soggetti sono stati sottoposti alla condizione di sonno abituale (HAB) e di estensione del sonno (EXT), tuttavia non sono state rispettate le ore previste per ciascuna condizione, con la prima pari a 7.0 ± 0.1 e la seconda 8.2 ± 0.1 . Il giorno dopo la sesta notte di sonno

sono stati eseguiti i test di forza, tra le 17.00 e le 20.00 e il giorno dopo ancora alla stessa ora, con circa 34-37h di veglia.

Ciò che è emerso da questa indagine è che nel gruppo EXT i soggetti sono stati in grado di mantenere per più tempo la contrazione e come già menzionato nei precedenti capitoli, grazie alle valutazioni FNES e TMS è possibile escludere che tale risultato sia frutto di una differente contrazione volontaria. Tale risultato deriva quindi da un minore RPE, dopo 34-37h di veglia e testimonia una certa azione “protettiva” dell’estensione del sonno nei confronti dell’RPE, diminuendolo rispetto ad una condizione di sonno abituale.

Lo studio di Mah (Mah, Cheri D et al. 2011) testimonia gli effetti dell’estensione del sonno su giocatori di basket e ne emerge un miglioramento in termini di accuratezza di tiro, performance atletica, mood e sonnolenza diurna. Sebbene esuli dal tipo di performance trattato in questa tesi, questo risultato fornisce un’ulteriore visione sui possibili benefici di tale strategia. Come testimoniato nei precedenti capitoli, l’umore e la motivazione trovano ampio spazio di influenza in una performance di forza; quindi, anche l’impatto su questi fattori risulterebbe essere sufficiente per rendere l’estensione del sonno una strategia da prendere in considerazione.

Conclusioni

In accordo con quanto emerge dalla letteratura, la deprivazione del sonno sembra impattare negativamente sulla performance di forza; tra quelli analizzati, solamente lo studio di Cook (Cook, Christian et al. 2019) non osserva effetti, ma il disegno sperimentale prendeva in esame l'utilizzo di caffeina.

Questi dati sottolineano curare il sonno degli atleti nei giorni precedenti alle competizioni risulta essere una condizione necessaria per la prestazione di forza. Disturbi del sonno possono essere provocati da ansia e stress, da cambi delle abitudini giornaliere e lunghi viaggi per raggiungere il luogo in cui si tiene la competizione, dal "first night effect" (Ding, Lei et al. 2022). Anche in questo caso un accorgimento attuabile è arrivare sul luogo della competizione qualche giorno prima qualora possibile, in modo tale che l'atleta si abitui a dormire in un luogo prima sconosciuto.

Nel caso in cui il soggetto sia già in una condizione di deprivazione del sonno, come visto nell'ultimo capitolo, si può ancora intervenire al fine di beneficiare di una performance migliore, tuttavia non tutte le metodiche possono risultare attuabili ed efficaci. In prima istanza il power nap, una condizione necessaria per poter far uso di tale intervento risulta essere l'orario della competizione, al di fuori di ciò non sono presenti ulteriori ostacoli dall'utilizzo di tale strategia. Per quanto riguarda la caffeina invece, i possibili ostacoli riguardano la risposta ergogenica del singolo atleta: in caso di consumo abituale di caffeina, è sufficiente aumentare il dosaggio pre-esercizio, se è un non responder, la somministrazione non sembrerebbe essere efficace.

Ciò che non risulta ancora studiato dalla letteratura sono gli effetti della deprivazione del sonno su una seduta completa allenante, caratterizzata da un volume e tempo totale trascorso in sala pesi maggiore, che può variare di molto in base alla programmazione, ma che tendenzialmente non risulta inferiore alle 2 ore. Queste variabili impattano sul livello di stanchezza del soggetto e man mano che l'allenamento avanza la fatica viene accumulata e la performance decade. Come è già usuale nel campo della programmazione, è intelligente gestire la seduta considerando l'aumento progressivo dei livelli di fatica e in condizioni di sonno fuori dal normale, può essere sensato riprogrammare alcune sedute della settimana al fine di permettere all'atleta di esprimersi al meglio.

I risultati emersi dalla presente tesi trovano meno applicazione in una seduta allenante rispetto ad una seduta di gara, nella quale con l'aggiunta dell'adrenalina e della motivazione, verosimilmente il soggetto potrebbe riuscire a performare molto vicino a quanto farebbe in condizioni di sonno normale. Alcune strategie, come il power nap e l'assunzione di caffeina risultano tuttavia ugualmente attuabili, anche in ottica di miglioramento di una seduta allenante.

Al giorno d'oggi qualsiasi sostanza è disponibile sotto forma di integratore e gli atleti si cimentano nella ricerca imperterrita dell'integrazione perfetta, il sonno ricopre il ruolo di potenziatore di performance per eccellenza, è gratis e non tutti se ne prendono cura come dovrebbero.

Il sonno rappresenta una necessità fisiologica troppo spesso sottovalutata al giorno d'oggi, nonostante il suo ruolo nel benessere psico-fisico, molte persone ancora non si prendono cura del proprio sonno come dovrebbero. Le ragioni che portano molte persone a non prendersi cura del proprio sonno possono essere le più disparate, in soggetti sani sono da ricercarsi principalmente nello stile di vita. Specialmente negli ultimi anni, i social e il binge scrolling rappresentano un ostacolo ad un corretto riposo, catturandoci fino all'ultimo secondo prima di chiudere gli occhi. Altro fattore che induce le

persone ad ignorare l'importanza del sonno è l'ignoranza in merito al suo ruolo nella vita di ognuno, tuttavia sebbene la conoscenza ci permetta di vivere una vita più consapevole, non tutti attuano la scelta migliore.

Bibliografia

Aisbett, Brad et al. "The Impact of Shiftwork on Skeletal Muscle Health." *Nutrients* vol. 9,3 248. 8 Mar. 2017, doi:10.3390/nu9030248

Arnal, Pierrick J et al. "Sleep Extension before Sleep Loss: Effects on Performance and Neuromuscular Function." *Medicine and science in sports and exercise* vol. 48,8 (2016): 1595-603. doi:10.1249/MSS.0000000000000925

Baranwal, Navya et al. "Sleep physiology, pathophysiology, and sleep hygiene." *Progress in cardiovascular diseases* vol. 77 (2023): 59-69. doi:10.1016/j.pcad.2023.02.005

Blumert, Peter A et al. "The acute effects of twenty-four hours of sleep loss on the performance of national-caliber male collegiate weightlifters." *Journal of strength and conditioning research* vol. 21,4 (2007): 1146-54. doi:10.1519/R-21606.1

Brotherton, Ellis J et al. "Effects of two nights partial sleep deprivation on an evening submaximal weightlifting performance; are 1 h powernaps useful on the day of competition?." *Chronobiology international* vol. 36,3 (2019): 407-426. doi:10.1080/07420528.2018.1552702

Cappelletti, Simone et al. "Caffeine: cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug?." *Current neuropharmacology* vol. 13.1 (2015): 71-88. doi:10.2174/1570159X13666141210215655

Cook, Christian et al. "Acute caffeine ingestion's increase of voluntarily chosen resistance-training load after limited sleep." *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* vol. 22,3 (2012): 157-64. doi:10.1123/ijsnem.22.3.157

Dinges, D F et al. "Temporal placement of a nap for alertness: contributions of circadian phase and prior wakefulness." *Sleep* vol. 10,4 (1987): 313-29.

Ding, Lei et al. "A meta-analysis of the first-night effect in healthy individuals for the full age spectrum." *Sleep medicine* vol. 89 (2022): 159-165. doi:10.1016/j.sleep.2021.12.007Fullagar,

Hugh H K et al. "Sleep and athletic performance: the effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise." *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* vol. 45,2 (2015): 161-86. doi:10.1007/s40279-014-0260-0

Gallagher, Chloe et al. "Is implementing a post-lunch nap beneficial on evening performance, following two nights partial sleep restriction?." *Chronobiology international* vol. 40,9 (2023): 1169-1186. doi:10.1080/07420528.2023.2253908

Goh, V H et al. "Effects of one night of sleep deprivation on hormone profiles and performance efficiency." *Military medicine* vol. 166,5 (2001): 427-31.

Grgic, Jozo et al. "Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis." *Journal of the International Society of Sports Nutrition* vol. 15 11. 5 Mar. 2018, doi:10.1186/s12970-018-0216-0

Iqbal, Talha, et al. "Cortisol detection methods for stress monitoring in connected health." *Health Sciences Review* 6 (2023): 100079. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100079>

- Knowles, Olivia E et al. "Inadequate sleep and muscle strength: Implications for resistance training." *Journal of science and medicine in sport* vol. 21,9 (2018): 959-968. doi:10.1016/j.jsams.2018.01.012
- Konnikova, Maria, "Goodnight. Sleep Clean" *The new York times*, Jan. 2014. <https://www.nytimes.com/2014/01/12/opinion/sunday/goodnight-sleep-clean.html>
- Kraemer, William J et al. "Resistance training for health and performance." *Current sports medicine reports* vol. 1,3 (2002): 165-71. doi:10.1249/00149619-200206000-00007
- Lack, L C, and K Lushington. "The rhythms of human sleep propensity and core body temperature." *Journal of sleep research* vol. 5,1 (1996): 1-11. doi:10.1046/j.1365-2869.1996.00005.x
- Lastella, Michele et al. "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* vol. 13 841-862. 24 Jun. 2021, doi:10.2147/NSS.S315556
- Mah, Cheri D et al. "The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players." *Sleep* vol. 34,7 943-50. 1 Jul. 2011, doi:10.5665/SLEEP.1132
- McNair DM, Lorr M. 1971. Profile of mood states manual. San Diego (CA): Educational and Industrial testing services.
- Meney, I et al. "The effect of one night's sleep deprivation on temperature, mood, and physical performance in subjects with different amounts of habitual physical activity." *Chronobiology international* vol. 15,4 (1998): 349-63. doi:10.3109/07420529808998695
- Patel, Aakash K., et al. "Physiology, Sleep Stages." *StatPearls*, StatPearls Publishing, 26 January 2024.
- Pickering, Craig, and Jozo Grgic. "Caffeine and Exercise: What Next?." *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* vol. 49,7 (2019): 1007-1030. doi:10.1007/s40279-019-01101-0
- Pickering, Craig, and John Kiely. "What Should We Do About Habitual Caffeine Use in Athletes?." *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* vol. 49,6 (2019): 833-842. doi:10.1007/s40279-018-0980-7
- Riachy, Ruba et al. "Various Factors May Modulate the Effect of Exercise on Testosterone Levels in Men." *Journal of functional morphology and kinesiology* vol. 5,4 81. 7 Nov. 2020, doi:10.3390/jfmk5040081
- Saudan, C et al. "Testosterone and doping control." *British journal of sports medicine* vol. 40 Suppl 1,Suppl 1 (2006): i21-4. doi:10.1136/bjism.2006.027482
- Schwanbeck, Shane R et al. "Effects of Training With Free Weights Versus Machines on Muscle Mass, Strength, Free Testosterone, and Free Cortisol Levels." *Journal of strength and conditioning research* vol. 34,7 (2020): 1851-1859. doi:10.1519/JSC.0000000000003349
- Sherwood, L., & Bodega, F. (2012). *Fondamenti di fisiologia umana*. Piccin.

- Skein, Melissa et al. "Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation." *Medicine and science in sports and exercise* vol. 43,7 (2011): 1301-11. doi:10.1249/MSS.0b013e31820abc5a
- Souissi, Nizar et al. "Effects of time-of-day and partial sleep deprivation on short-term maximal performances of judo competitors." *Journal of strength and conditioning research* vol. 27,9 (2013): 2473-80. doi:10.1519/JSC.0b013e31827f4792
- Su, Liang et al. "Effect of partial and total sleep deprivation on serum testosterone in healthy males: a systematic review and meta-analysis." *Sleep medicine* vol. 88 (2021): 267-273. doi:10.1016/j.sleep.2021.10.031
- Teece, Angus R et al. "Daytime naps improve afternoon power and perceptual measures in elite rugby union athletes-a randomized cross-over trial." *Sleep* vol. 46,12 (2023): zsad133. doi:10.1093/sleep/zsad133
- Trotti, Lynn M. "Waking up is the hardest thing I do all day: Sleep inertia and sleep drunkenness." *Sleep medicine reviews* vol. 35 (2017): 76-84. doi:10.1016/j.smrv.2016.08.005
- Wind, Anne E et al. "Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults?." *European journal of pediatrics* vol. 169,3 (2010): 281-7. doi:10.1007/s00431-009-1010-4
- World Health Organization. (2022, June 22). "Mental health". <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>