



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2020/2021

Campus Universitario di Savona

La crioterapia può favorire il recupero della performance negli atleti? Una revisione sistematica della letteratura.

Candidato:

Dott. FT. Matteo Chiorboli

Relatore:

Dott. FT OMPT Lorenzo Segato

INDICE

La crioterapia può favorire il recupero della performance negli atleti? Una revisione sistematica della letteratura

INDICE	3
ABSTRACT	4
CAPITOLO 1: INTRODUZIONE	8
CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI	11
1.1 Obiettivo e quesito di ricerca.....	11
1.2 Criteri di eleggibilità	11
1.3 Fonti di informazione.....	12
1.4 Strategie di ricerca.....	13
1.5 Selezione degli articoli	13
1.6 Processo di raccolta dei dati	14
1.7 Rischio di BIAS	14
1.8 Analisi e sintesi dei dati.....	15
CAPITOLO 3: RISULTATI	16
1.9 Selezione degli studi.....	16
1.10 Caratteristiche degli studi.....	17
1.11 Rischio di BIAS negli studi	29
1.11.1 Rischio relativo al processo di randomizzazione	29
1.11.2 Rischio relativo all'assegnazione dei partecipanti all'intervento.....	29
1.11.3 Rischio relativo ai dati degli outcome mancanti.....	29
1.11.4 Rischio relativo alla misurazione dell'outcome.....	29
1.11.5 Rischio relativo alla selezione del risultato riportato.....	29
1.11.6 Rischio di bias complessivo.....	30
1.12 Analisi dei risultati degli studi inclusi	31
CAPITOLO 4: DISCUSSIONE	37
1.13 Limiti della revisione.....	42
CAPITOLO 5: CONCLUSIONI	43
BIBLIOGRAFIA	44

ABSTRACT

Titolo: *“la crioterapia può favorire il recupero della performance negli atleti? Una revisione sistematica della letteratura.”*

Introduzione: La crioterapia è l'uso locale o generale delle basse temperature a fini terapeutici. È ampiamente utilizzata da decenni nel trattamento nei disordini muscoloscheletrici ed è comunemente descritta come una procedura per alleviare il dolore e ridurre l'infiammazione.

Negli ultimi anni la crioterapia è diventata popolare tra gli sportivi al fine di ridurre la fatica, i DOMS e recuperare la performance dopo allenamenti estenuanti. Sebbene sia stata fatta chiarezza sul suo ruolo nella fatica percepita meno si sa sul recupero muscolare, in particolare sull'influenza che questa ha nella ripresa dell'attività sportiva dopo gare o allenamenti faticosi.

Obiettivo: Lo scopo di questa revisione è quello di analizzare la letteratura disponibile per indagare l'efficacia della crioterapia post esercizio come intervento di recupero negli atleti, attraverso la valutazione della performance.

Materiali e metodi: La seguente revisione sistematica è stata condotta seguendo la checklist del Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses: PRISMA statement. La ricerca bibliografica è stata eseguita sui database elettronici MEDLINE e PEDro.

La selezione preliminare è stata eseguita mediante la lettura del titolo e dell'abstract, eliminando studi non pertinenti alla review question e articoli duplicati. Successivamente sono stati analizzati i full text di ogni articolo eliminando quelli che non rispettavano i criteri di selezione.

Sono stati inclusi 19 RCT in lingua inglese che avessero come popolazione: soggetti sportivi (almeno 2 allenamenti la settimana) e sani. In cui almeno uno dei gruppi oggetto di studio avesse ricevuto la crioterapia post-esercizio come trattamento esclusivo per il recupero della performance. L'entità del recupero doveva essere valutata attraverso test di performance dell'arto inferiore (forza, potenza, resistenza...).

La valutazione della qualità metodologica degli studi è stata effettuata attraverso l'utilizzo della Risk of Bias 2.0.

Risultati: Solamente gli studi di Bailey et al. 2007 e di Ascensão et al. 2011 hanno trovato un effetto statisticamente significativo superiore della crioterapia sul controllo, mentre

Halsen et al. 2014, Pournot et al. 2010 e Tavares et al. 2018 hanno rinvenuto risultati superiori, ma non statisticamente significativi al controllo. La restante mole di letteratura inclusa non ha evidenziato differenze. Dagli studi inclusi l'immersione in acqua fredda risulta la strategia maggiormente utilizzata dagli atleti per il recupero.

Conclusioni: La grande eterogeneità degli studi inclusi non ha permesso di trarre conclusioni sulla reale efficacia della crioterapia, tuttavia, non sembrano esserci effetti avversi e inferiori al controllo, semmai debolmente superiori e questa piccola differenza calata nella realtà clinica potrebbe fare la differenza in determinati contesti sportivi, in cui il più piccolo miglioramento sul recupero della performance potrebbe giovare notevolmente all'atleta.

Parole chiave: *cryotherapy, athletes, performance, recovery.*

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

La crioterapia, nota anche come terapia del freddo, è l'uso locale o generale delle basse temperature a fini terapeutici. È ampiamente utilizzata da secoli nel trattamento nei disordini muscoloscheletrici, Ippocrate, che per primo ha menzionato l'uso di neve e ghiaccio in ambito “sanitario”, è considerato il nonno di questa strategia terapeutica (1).

La crioterapia è comunemente descritta come una procedura per alleviare il dolore e ridurre l'infiammazione (2–5). Sono stati suggeriti diversi possibili meccanismi benefici (6), tra cui la diminuzione della temperatura muscolare, la riduzione del danno muscolare e dell'infiammazione post-esercizio (7), il calo della frequenza e della gittata cardiaca (8), la vasocostrizione periferica, la ridotta formazione di edema periferico (7,9) e l'analgesia (10). Sulla base di ciò che è noto sul post-infortunio (11) e sul post-esercizio (12–14) riguardo la risposta cellulare, è nella fase secondaria conseguente la lesione muscolare in cui l'applicazione della crioterapia potrebbe essere vantaggiosa nel diminuire la proliferazione della lesione iniziale (15–19), riducendo il danno muscolare secondario (15,20–22), e migliorando la risposta rigenerativa (23,24). Di conseguenza, l'applicazione della crioterapia è stata adottata non solo da parte dei medici per il trattamento delle lesioni tissutali (25,26) ma anche dagli atleti per facilitare il recupero dalla performance (27–29).

Le evidenze scientifiche più recenti hanno permesso di identificare le strategie di allenamento più efficaci per migliorare le prestazioni fisiche. Tuttavia, massimizzare la capacità prestazionale di un atleta non è solo una questione di allenamento. Dipende anche da un equilibrio ottimale tra allenamento e recupero al fine di prevenire il disadattamento agli stress psicologici e fisiologici accumulati e indotti dal carico di lavoro (30,31).

Nei giorni che seguono un allenamento intenso o una competizione, gli atleti possono avvertire dolore, rigidità, indolenzimento muscolare (DOMS), aumento della fatica percepita, perdita di forza muscolare che può durare fino a 5-7 giorni (32,33) senso disturbato della posizione articolare (34,35) andando quindi incontro a una diminuzione delle prestazioni (36,37). A questa cascata di eventi può conseguire un aumento del rischio d'infortunio (9,38).

Per questo motivo, c'è un crescente interesse verso i metodi che portano gli atleti ad un rapido recupero dopo periodi di attività intensa, perché spesso, soprattutto durante la stagione agonistica, il tempo di recupero tra gare e/o allenamenti è così breve che potrebbe essere insufficiente per un recupero completo (38,39). Esso può essere definito come il

ritorno all'omeostasi di vari sistemi fisiologici a seguito di sfide metaboliche, infiammatorie e danni muscolari (40) ed è necessario per ottenere la massima prestazione durante la competizione (38).

L'interazione tra carico di allenamento, successiva fatica e adattamento è complessa (41–43) e può essere modulata (positivamente o negativamente) dalla strategia di recupero (44). Sono stati proposti diversi tipi di interventi per migliorare la ripresa dopo l'esercizio fisico e la crioterapia è sicuramente quello più studiato in letteratura. Tuttavia, i reali meccanismi fisiologici alla base dei potenziali benefici degli interventi di raffreddamento non sono ancora chiari (45,46). Sono stati proposti diversi metodi di raffreddamento negli sport per migliorare la ripresa dopo l'esercizio fisico, tra cui l'applicazione o l'immersione in acqua fredda, il raffreddamento con giubbotti o impacchi, camere refrigerate o camere criogeniche, massaggio con ghiaccio e bevande fredde. Tra tutti, l'immersione in acqua fredda (CWI) è la strategia più comunemente utilizzata (47).

Esiste una convinzione di lunga data che la crioterapia riduca il tasso metabolico e quindi l'infiammazione che si verifica dopo il trauma strutturale acuto. Tuttavia, la base scientifica a supporto di tali credenze deriva da prove dimostrate in modelli animali. Inoltre, esami di laboratorio dimostrerebbero che, se si raggiungesse un raffreddamento muscolare sufficiente a seguito di un infortunio, si potrebbe effettivamente ritardare la riparazione cellulare (48–50) e aumentare la cicatrizzazione muscolare (48) o rigenerazione muscolare lenta (51).

Fondamentale per i professionisti è capire che non sono stati dimostrati effetti dannosi comparabili sui processi di guarigione negli esseri umani. Pertanto, i risultati degli studi sugli animali non possono essere applicati direttamente per formare la base dell'applicazione della crioterapia per il recupero negli esseri umani.

Sia i medici che gli atleti devono riconoscere la sfida nel tradurre direttamente i risultati degli effetti del trattamento della crioterapia negli studi sugli animali agli esseri umani (18).

Sebbene siano stati fatti recentemente alcuni progressi nella comprensione della risposta molecolare alla crioterapia (52), la mancanza di prove coerenti e unanimi ha portato a controversie sull'efficacia della maggior parte degli interventi di crioterapia a seguito di esercizio fisico. Rimane una grande lacuna attorno alla base scientifica sull'uso della crioterapia negli esseri umani, in particolare perché le raccomandazioni per i protocolli ottimali derivano in gran parte da prove dimostrate in modelli animali (53).

Mancano prove specifiche per identificare e fornire linee guida sull'applicazione, la durata e la frequenza del trattamento crioterapico (2,54), a seguito di esercizio fisico.

In letteratura, la crioterapia, come intervento post-esercizio, è stata studiata attraverso valutazioni soggettive dei DOMS e valutazioni generali di sforzo percepito (RPE), oltre che da variazioni oggettive dei marcatori plasmatici come creatina-chinasi (CK) e livelli di lattato, o citochine plasmatiche che comprendono le interleuchine (IL) e la proteina C-reattiva (CRP) (55–57).

Solo la revisione di Poppendieck et al. 2013 si è concentrata nell'analisi dell'efficacia della crioterapia post-esercizio attraverso test di performance nella popolazione sportiva, arrivando a concludere che, nonostante i diversi protocolli utilizzati rendessero difficile la comparazione dei risultati, la CWI possa incrementare il recupero della performance negli sprint in maniera significativa.

Sono necessari ulteriori studi per capire se anche altre strategie di raffreddamento possano essere d'aiuto nel recupero della performance, e se solamente la performance negli sprint sia l'unica soggetta ad effetti positivi.

Pertanto, lo scopo di questa revisione sistematica è quello di fare chiarezza, analizzando le attuali prove disponibili sull'efficacia della crioterapia post esercizio nel recupero della performance dell'arto inferiore negli atleti, e di fornire raccomandazioni basate sulle evidenze, per l'applicazione delle diverse modalità di crioterapia a seconda della tipologia di performance indagata.

CAPITOLO 2: MATERIALI E METODI

La seguente revisione sistematica è stata condotta seguendo la checklist del Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses: PRISMA statement (58).

1.1 Obiettivo e quesito di ricerca

L'obiettivo di questa revisione è quello di indagare l'efficacia della crioterapia post esercizio (ghiaccio locale, immersione in acqua fredda, camere refrigerate o criogeniche...) per favorire il recupero negli atleti, attraverso la valutazione della performance.

Il quesito clinico oggetto della ricerca è stato:

“La crioterapia può favorire il recupero della performance negli atleti sani?”

Al fine di identificare le parole chiave da inserire nella stringa di ricerca è stato utilizzato il modello “PICO-S” (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Study design). Poiché l'argomento mira esclusivamente a dimostrare l'efficacia della crioterapia, il Comparison è stato volutamente omissivo per rendere la ricerca più sensibile.

- P (Population): soggetti di entrambi i sessi, sani e sportivi;
- I (Intervention): crioterapia;
- C (Comparison): non specificato nella stringa;
- O (Outcome): recupero della performance;
- S (Study design): randomized controlled trial.

P	Athletes; Sports;
I	Cryotherapy;
C	Non specificato per rendere la ricerca più sensibile
O	Performance; Recovery
S	RCT

Tabella 1. Parole chiave

1.2 Criteri di eleggibilità

Criteri di inclusione:

- Studi randomizzati controllati (RCT) pubblicati in lingua inglese o italiana;

- Studi condotti su popolazione sana e sportiva;
- Studi con almeno un outcome relativo della performance misurata sia prima che dopo l'intervento di raffreddamento;
- Studi in cui le strategie di recupero devono essere state eseguite in almeno uno dei gruppi di studio attraverso l'uso esclusivo della crioterapia.

Criteri di esclusione:

- Irreperibilità dello studio;
- Articoli non pertinenti alla revisione;
- Studi già reperiti in uno dei database;
- Studi con modalità di raffreddamento per via orale;
- Studi cross over.

1.3 Fonti di informazione

La ricerca bibliografica è stata condotta nel periodo tra ottobre 2020 e febbraio 2021 da un singolo revisore, attraverso le banche dati:

1. MEDLINE: database prodotto dalla National Library of Medicine (NLM), grazie all'interfaccia gratuita PubMed, sviluppata dal National Center for Biotechnology Information (NCBI), contenente informazioni sulla letteratura scientifica biomedica dal 1949 ad oggi e riferimenti bibliografici derivanti da più di 5000 riviste. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
2. PEDro: Physiotherapy Evidence Database (banca dati delle evidenze in fisioterapia) è una banca dati gratuita di oltre 41.000 studi randomizzati controllati, revisioni sistematiche e linee guida cliniche specifiche per la fisioterapia. Per ogni studio, revisione o linea guida, PEDro fornisce le referenze bibliografiche, il riassunto ed un link per il testo integrale (quando possibile). La qualità degli studi è valutata in modo indipendente. I punteggi valutativi hanno lo scopo di condurre velocemente il lettore verso gli studi che hanno maggiore probabilità di essere validi e di contenere informazioni cliniche utilizzabili nella pratica clinica. <https://www.pedro.org.au/>

1.4 Strategie di ricerca

Gli articoli su Pubmed sono stati ricercati mediante una stringa di ricerca costruita utilizzando appositi entry terms opportunamente combinati mediante operatori booleani “OR” e “AND”, la stringa è la seguente:

```
((("sports"[MeSH Terms] OR "sport*"[Text Word] OR "athletes"[MeSH Terms] OR "athlet*"[Text Word]) AND ("cryotherapy"[MeSH Terms] OR "cryotherapy"[Text Word] OR "cryotherapies"[Text Word] OR "refrigeration"[MeSH Terms] OR "refriger*"[Text Word] OR "ice water"[Text Word] OR "ice"[MeSH Terms] OR "ice"[Text Word] OR "cold temperature"[MeSH Terms] OR "cold"[Text Word] OR "cold temperature"[Text Word] OR "cold water immersion"[Text Word] OR "water immersion"[Text Word] OR "ice therapy"[Text Word] OR "cold immersion"[Text Word] OR "ice slurry"[Text Word] OR "cooling*"[Text Word] OR "cooled"[Text Word] OR "cools"[Text Word] OR "thermoregulation"[Text Word] OR "body temperature regulation"[MeSH Terms] OR "body temperature regulation"[Text Word] OR "whole body cryotherapy"[Text Word])) AND ("athletic performance"[MeSH Terms] OR "athletic performance"[Text Word] OR perform*[Text Word] OR recover*[Text Word] OR "recovery of function"[MeSH Terms] OR "recovery of function"[Text Word] OR "physical endurance"[MeSH Terms] OR "physical endurance"[Text Word] OR "muscle strength"[MeSH Terms] OR "muscle strength"[Text Word] OR "muscle fatigue"[MeSH Terms] OR "muscle fatigue"[Text Word] OR "fatigue"[MeSH Terms] OR fatigu*[Text Word] OR "psychomotor performance"[MeSH Terms] OR "psychomotor performance"[Text Word] OR "sports"[MeSH Terms] OR sport*[Text Word])) AND (randomizedcontrolledtrial[Filter])
```

Gli articoli su PEDro sono stati selezionati mediante la ricerca avanzata con la seguente stringa:

- Abstract & Title: “cryotherapy”;
- Subdiscipline: “sports”;
- Method: “clinical trial”.

1.5 Selezione degli articoli

Un solo revisore ha eseguito la selezione degli studi, seguendo il processo di Identificazione, Screening, Eleggibilità e Inclusione degli studi. I risultati della ricerca di ogni banca dati dopo aver eseguito lo screening del titolo sono stati importati sul programma di gestione

bibliografica Mendeley; grazie al quale sono stati eliminati i duplicati. L'eleggibilità è stata effettuata leggendo l'abstract e successivamente il testo completo; gli studi che non rispettavano i criteri di inclusione sono stati esclusi, mentre i rimanenti sono stati utilizzati nella revisione. L'intero processo di selezione della letteratura è stato schematizzato nel capitolo 3, sezione "3.1 Selezione degli studi" con il diagramma di flusso PRISMA [60] (Figura 1).

1.6 Processo di raccolta dei dati

La raccolta dati è stata svolta da un singolo revisore attraverso la lettura del testo completo degli articoli inclusi e il successivo inserimento manuale degli item nella tabella descrittiva riportata nel capitolo 3, "3.2 Caratteristiche degli studi".

1.7 Rischio di BIAS

La valutazione del rischio di Bias negli articoli è stata effettuata mediante lo strumento Risk of Bias Tool 2.0 (RoB 2) della Cochrane Collaboration (59). Un ricercatore ha valutato indipendentemente ogni articolo per il rischio di bias. Ogni studio è stato classificato per i seguenti domini:

- Rischio di bias dovuto al processo di randomizzazione
- Rischio di bias dovuto alla deviazione rispetto all'intervento sottoposto
- Rischio di bias dovuto alla mancanza dei dati
- Rischio di bias nella misurazione degli outcome
- Rischio di bias nella selezione dei risultati riportati

Per ciascuna domanda all'interno dei singoli domini si deve rispondere:

- Yes
- Probably yes
- Probably no
- No
- No information

Per ogni dominio è stato assegnato un possibile rischio: "high risk of bias" (-) se il rischio di distorsione per questo elemento era alto, "some concerns" (?) in caso di informazioni riportate insufficienti, o informazioni che rendevano un'interpretazione discutibile e quindi poco chiara o "low risk of bias" (+) se il rischio di distorsione per questo elemento era basso.

1.8 Analisi e sintesi dei dati

I risultati raccolti dalla ricerca in letteratura sono stati esportati in un foglio di lavoro tramite il programma Mendeley, per poterli analizzare ed eliminare i duplicati.

Degli studi inclusi è stata eseguita una sintesi qualitativa dei dati, raccolti in un apposito Data Extraction Form con il fine di mettere in risalto:

- Autore e anno
- Caratteristiche del campione
- Intervento
- Controllo
- Outcome
- Risultati

CAPITOLO 3: RISULTATI

1.9 Selezione degli studi

Dalla ricerca nella banca dati PubMed, sono emersi 512 articoli, mentre la banca dati PEDro ha prodotto 36 risultati.

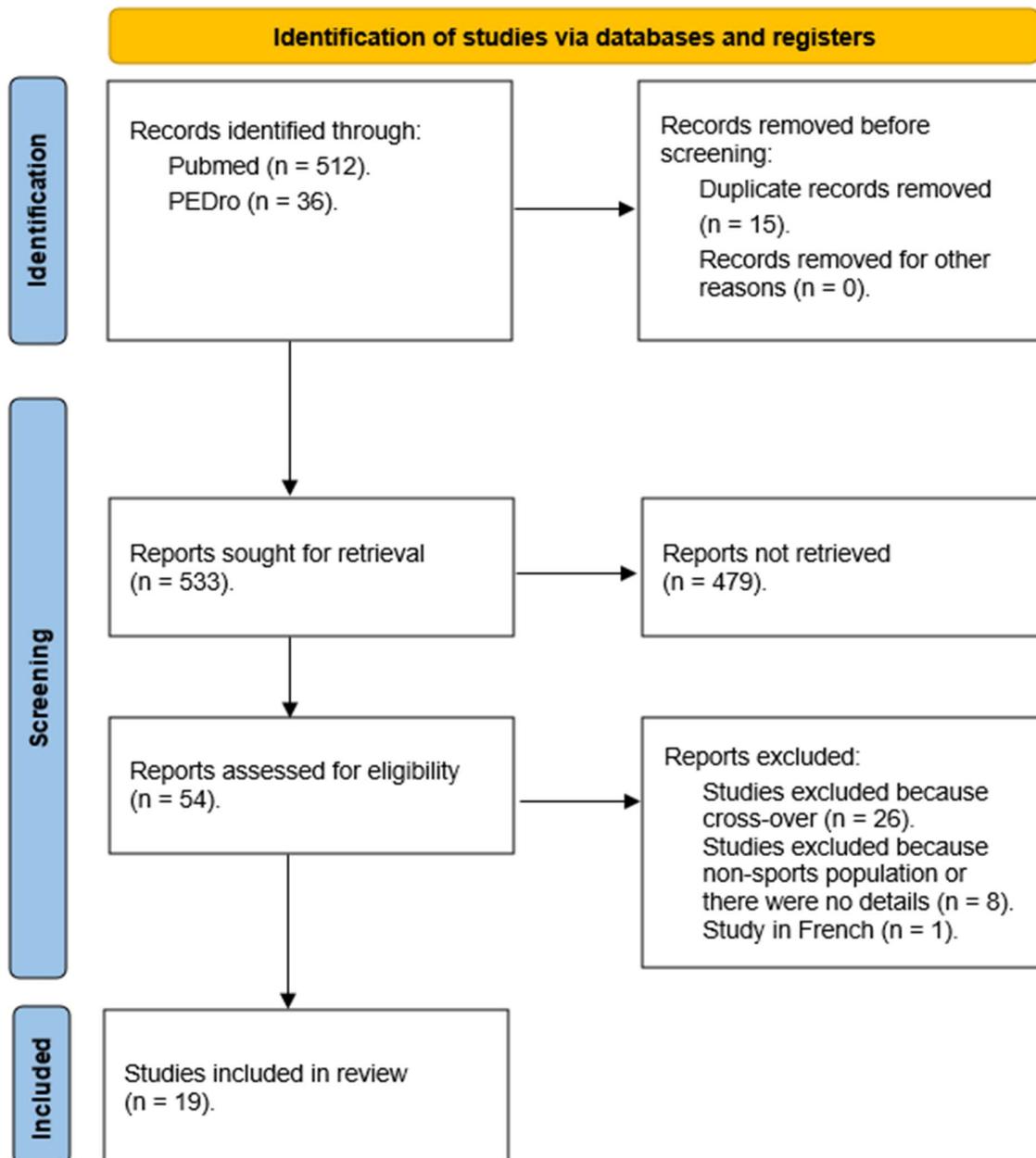
In un primo momento sono stati eliminati i duplicati (15 articoli), risultati comuni alle ricerche effettuate sui due database precedentemente menzionati.

In seguito, sono stati analizzati i restanti articoli attraverso la lettura di titolo e abstract, il che ha portato all'esclusione di ulteriori 479 studi, in quanto non mostravano attinenza con il quesito di ricerca posto a priori o non rispettavano i criteri di selezione. Successivamente, sono stati esclusi dalla revisione altri 35 articoli dopo la lettura full text, perché non rispettavano pienamente i criteri di inclusione.

Sono stati inclusi, dunque, 19 studi all'interno della revisione.

L'intero processo di selezione degli studi è stato schematizzato grazie al Diagramma di Flusso PRISMA (Figura 1), che descrive nel dettaglio l'andamento del numero degli studi analizzati e le ragioni di esclusione degli stessi.

Figura 1. Diagramma di flusso PRISMA



1.10 Caratteristiche degli studi

Tutti e 19 gli studi inclusi sono RCT. Sono stati analizzati in totale 519 soggetti sportivi sani di cui 52 donne (10%).

Quattro studi sono stati condotti su un campione di minori (57,60–62), mentre altri quattro studi sono stati condotti su un campione di professionisti (42,63–65).

Gli sport condotti dalla popolazione presa in esame sono molteplici: i più praticati risultano essere il rugby, il calcio e la corsa.

Il numero di applicazioni della crioterapia variava da un minimo di una seduta a un massimo di diciotto sedute.

Sono state utilizzate differenti strategie di applicazione della crioterapia, riassunte nella tabella 1.

Tabella 1. Protocolli di intervento

Tipo di intervento	Spiegazione	Autore e Anno	Protocollo
<i>Cold water immersion (CWI)</i>	L'immersione in acqua fredda altrimenti nota come bagni di ghiaccio, piscine ad acqua fredda e terapia con acqua fredda è un processo di recupero che prevede l'immersione del corpo in acqua fredda ($\leq 15^{\circ}\text{C}/59^{\circ}\text{F}$) subito dopo l'esercizio nel tentativo di migliorare il processo di recupero.	Ascensão A. et al. 2011; Bailey D. M. et al. 2007; Dantas G. et al. 2019; Tavares F. et al. 2018	Immersione in acqua a 10°C fino a livello delle creste iliache per 10 minuti.
		Broatch J. R. et al. 2017; Pournot H et al. 2010	Immersione in acqua a 10°C fino a livello delle creste iliache per 15 minuti.
		Chow G. C. C. et al. 2017	Immersione in acqua a 10°C fino a livello delle creste iliache per un minuto.
		Crystal N. J. et al. 2013	Immersione in acqua a $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ fino alla sommità della coscia per una durata di 20 minuti.
		De Freitas V. H. et al. 2019	Immersione in acqua a 14°C fino a livello del processo xifoideo per 15 minuti.
		De Nardi M. et al 2011	Immersione in acqua a 15°C fino a livello delle creste iliache per 8 minuti.
		Halsen S. L. et al. 2014	Immersione in acqua a 15°C fino a livello delle creste iliache per 15 minuti.
		Higgins T. R. et al. 2011	Immersione in acqua a $10\text{-}12^{\circ}\text{C}$ fino a livello delle creste iliache per 2 cicli da 5 minuti intervallati da 2.5 minuti fuori dall'acqua in temperatura ambiente.

		Higgins T. R. et al. 2013	Immersione in acqua a 10-12 °C fino a livello delle creste iliache per 5 minuti.
		Jajtner A. R. et al. 2015	Immersione completa della parte inferiore del corpo in acqua a 10-12 °C per 10 minuti.
		Krueger M. et al. 2019	Immersione con solo la testa fuori in acqua a 5-8 °C per 5 minuti.
		Micheletti J. K. et al. 2019	Immersione in acqua a 13 °C fino a livello delle creste iliache per 15 minuti.
		Rupp K. A. et al 2012	Immersione in acqua a 12 °C fino a livello dell'ombelico per 15 minuti.
		Wilson L. J. et al 2017	Immersione in acqua a 8 °C fino a livello delle creste iliache per 10 minuti.
<i>Contrast water therapy (CWT)</i>	Forma di trattamento in cui un arto o l'intero corpo viene immerso in acqua calda seguita dall'immersione immediata dell'arto o del corpo in acqua ghiacciata. Questa procedura viene ripetuta più volte, alternando caldo e freddo.	De Nardi M. et al 2011	Riposo alternato di un minuto in acqua fredda (15 ± 0,5 °C) e un minuto in acqua tiepida (28 ± 0,5 °C) per un totale di 8 minuti nelle due diverse piscine.
		Higgins T. R. et al. 2011	Riposo alternato di un minuto in acqua fredda (10-12 °C) e un minuto in acqua tiepida (38-40 °C) per un totale di 5 cicli.
		Higgins T. R. et al. 2013	Riposo alternato di un minuto in acqua fredda (10-12 °C) e un minuto in acqua tiepida (38-40 °C) per un totale di 7 cicli.
		Pournot H et al. 2010	Immersione alternata a 10 e 42 °C per 5 cicli di un minuto e mezzo in ogni bagno.
<i>Whole body cryotherapy (WBC)</i>	La crioterapia a corpo intero è l'applicazione terapeutica di aria secca estremamente fredda, di solito tra -110°C e -140°C.	Wilson L. J. et al 2017	3 min nella camera impostata a - 85 °C ± 5 °C seguita da un periodo di riposo di 15 minuti in una stanza a temperatura ambiente prima di entrare nuovamente nella camera per altri 4 minuti a - 85 °C ± 5 °C.

<i>Phase change material (PCM)</i>	I materiali a cambiamento di fase sono in grado di immagazzinare e rilasciare grandi quantità di energia, consentendo di mantenere una temperatura all'interno di un intervallo specifico, e quindi prolungare il tempo di applicazione della terapia del freddo.	Kwiecien S. Y. et al. 2021	Quattro confezioni di PCM a 15°C sono state applicate per 3 ore sopra i quadricipiti di entrambe le gambe, due confezioni per gamba.
------------------------------------	---	----------------------------	--

I tempi di follow-up considerati dagli articoli inclusi nella revisione si estendono fino a un massimo di 168 ore dopo l'intervento.

I principali outcome esaminati nella revisione sono stati i test di valutazione diretta della performance. Quattordici articoli hanno utilizzato test di salto dei quali il countermovement jump test il più utilizzato. Otto studi hanno impiegato un dinamometro isocinetico per valutare la forza degli arti inferiori. Due test hanno adoperato un cicloergometro per valutare sia la potenza che la velocità, quest'ultima valutata anche in altri sette articoli attraverso l'esecuzione di sprint su diverse distanze. Un solo articolo ha valutato la performance di equilibrio attraverso il test di organizzazione sensoriale. Quattro studi hanno usato test di agilità come lo square agility test o l'agility t test. Uno studio ha utilizzato i cambiamenti nelle ripetizioni dello squat come parametro di performance.

Le caratteristiche principali degli studi sono sintetizzate nella Tabella 2.

Tabella 1. Caratteristiche degli studi

Autore e anno	Popolazione					Intervento		Outcome	Risultati
	Peso	Età	M/F	Allenamenti	Attività	Tipo	Numero applicazioni		
Ascensão A. et al. 2011	70.6 ± 5.2	18.3 ± 0.8	10 M	6 volte a settimana	Calciatori	TWI	1	Squat jump, CMJT, sprint sui 20 m, dinamometro isocinetico (MVC isometrico degli estensori di ginocchio).	Non sono state osservate differenze significative tra i gruppi nelle prestazioni di salto e sprint. Anche se è stata osservata una significativa diminuzione allo squat jump a 24 h e al CMJT a 24 h e 48 h nel gruppo TWI (P<0,05), mentre nel gruppo CWI la diminuzione della performance si è registrata solo a 24 h nel CMJT. Diminuzioni significative della MVC del quadricipite sono state osservate nel gruppo TWI a 24 ore e 48 ore e nel gruppo di CWI a 48 ore. Tuttavia, la forza del quadricipite era significativamente maggiore a 24 ore nel gruppo CWI rispetto al gruppo TWI (P <0,05).
	68.4 ± 3.8	18.1 ± 1.8	10 M	6 volte a settimana		CWI			
Bailey D. M. et al. 2007	85.9 ± 12.8 kg	23.6 ± 4.1	10 M	5 ± 2 volte a settimana	Abitualmente attivi in diversi sport	CWI	1	Dinamometro isocinetico (MVC isometrica dei flessori ed estensori ginocchio), vertical	La crioterapia ha ridotto i decrementi della MVC a 24 e 48 h rispetto al gruppo di controllo (P<0,05), non sono state osservate altre differenze fra gruppi.
	81.5 ±	21.7 ± 2.0	10 M	4 ± 1 volte a settimana		CON			

	11.2 kg							jump test e LIST (sprint).	
Broatch J. R. et al. 2017	82.9 ± 14.3 kg	26 ± 7	8 M	2/3 volte a settimana	Abitualmente attivi in sport aerobici (corsa o ciclismo)	CON	18	Cicloergometro test sui 2 km, su 20 km (tempo impiegato e potenza media) e prova sotto sforzo incrementale (picco di potenza).	Non ci sono differenze significative tra gruppi ai test somministrati. Tuttavia, entrambi i gruppi sono migliorati in maniera statisticamente significativa al test sotto sforzo e al test sui 2 km.
	77.1 ± 8.1 kg	24 ± 4	8 M	2/3 volte a settimana		CWI			
Chow G. C. C. et al. 2017	64.1 ± 10.2 kg	22.9 ± 2.43	7/6	7.8 ± 2.9 ore/settimana	Rugbisti amatoriali o universitari, con almeno un anno di esperienza e più di 3 ore a settimana di allenamenti	CWI	1	Test di organizzazione sensoriale (performance d'equilibrio), test di riposizionamento attivo dell'angolo articolare del ginocchio (propriocezione articolare).	Non ci sono differenze significative tra gruppi al test d'equilibrio. Il gruppo CWI ha commesso un numero di errori statisticamente maggiore rispetto agli altri due gruppi al test di propriocezione articolare.
	64.6 ± 12.3 kg	21.78 ± 3.37	10/8	6.5 ± 4.0 ore/settimana		TWI			
	62.4 ± 13.7 kg	20.7 ± 2.36	12/10	6.9 ± 2.9 ore/settimana		CON			
Crystal N. J. et al. 2013	75.2 ± 9.7 kg	21.5 ± 3.2	10 M	249 ± 127 min/settimana di intensità moderata; 175 ± 165 min/settimana di intensità vigorosa	Abitualmente attivi in diversi sport	CON	1	Dinamometro isocinetico (MVC degli estensori ginocchio).	Non c'è alcuna differenza significativa nella MVC tra la crioterapia e il gruppo di controllo.
	77.6 ± 9.9 kg	20.9 ± 0.9	10 M	323 ± 271 min/settimana di intensità moderata; 190 ± 154 min/settimana di intensità vigorosa		CWI			

Dantas G. et al. 2019	76.87 ± 7.97 kg	33.0 ± 4.84	10 M	2,87 ± 0,64 volte a settimana	Runners abitudinari	CON	1	Triple hop for distance test e dinamometro isocinetico (picco di potenza degli estensori ginocchio).	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati.
	78.40 ± 5.91 kg	30.28 ± 6.10	10 M	2,71 ± 0,75 volte a settimana		CWI			
	76.85 ± 8.25 kg	31.71 ± 5.43	10 M	2,85 ± 0,89 volte a settimana		TWI			
De Freitas V. H. et al. 2019	89.5 ± 4.2 kg	25.7 ± 6.1	6 M		Pallavolisti professionisti	CWI	5	CMJT, squat jump e square agility test.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati.
	92.5 ± 9.8 kg	24.8 ± 4.7	6 M			LED			
De Nardi M. et al 2011	61.8 ± 3.0 kg	15.5 ± 1	6 M		Calciatori agonisti minorenni con almeno 8 anni di esperienza	CON	4	CMJT, 12 sprint massimali di 20 m e shuttle run test.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati.
	61.8 ± 3.0 kg	15.5 ± 1	6 M			CWI			
	61.8 ± 3.0 kg	15.5 ± 1	6 M			CWT			
Halsen S. L. et al. 2014	70.9 ± 6.5 kg	20.2 ± 1.7	10 M		Ciclisti professionisti	CWI	14	Cicloergometro 2xMMP4min test (performance ad alta intensità ripetute) e high-intensity interval	No differenze rilevanti al test 2xMMP4min nemmeno osservando i risultati dei partecipanti migliori, tuttavia la differenza di potenza tra la prima e la seconda
	68.9 ± 8.0 kg	19.8 ± 1.7	11 M			CON			

								training test (sprint da 6 e 20 s, sprint ripetuti e 2 inseguimenti).	performance al test in T1 rispetto T5, nel gruppo CWI ha mostrato un incremento maggiore rispetto il gruppo CON (OR= 90), ancora più evidente se si osservano i partecipanti migliori. La performance negli sprint durante T5 è aumentata rispetto alla baseline nel gruppo CWI ed è diminuita nel gruppo CONT, con una differenza significativa (OR di 452). Durante il preload sia nell'inseguimento 1 che nel 2 il gruppo CWI ha espresso una maggiore potenza del gruppo di controllo (OR =91 e OR=97 rispettivamente).
Higgins T. R. et al. 2011	84.60 ± 11.19 kg	19.34 ± 0.61	7 M		Rugbisti agonisti	CWI	12	300 m sprint test.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati. È stato identificato solamente un effect size medio (d= 0.53) a favore del gruppo CWT nei confronti del gruppo CWI.
	93.13 ± 12.53 kg	19.03 ± 0.63	8 M	CWT					
	77.38 ± 9.09 kg	19.15 ± 1.1	11 M	CON					
Higgins T. R. et al. 2013	82.38 ±	19.46 ± 0.82	8 M	Lo studio è stato condotto dopo 26 settimane di	Rugbisti agonisti	CWI	1	CMJT, sprint sui 10 m e 40 m.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati.

	11.12 kg			allenamento, che includevano 10 settimane di preseason (5,5 ore/3 sessioni settimanali), seguite da 16 settimane di gare programmate (6,5 ore/3 sessioni settimanali)						
	82.38 ± 11.12 kg	19.46 ± 0.82	8 M			CWT				
	82.38 ± 11.12 kg	19.46 ± 0.82	8 M			CON				
Jajtner A. R. et al. 2015	85.7 ± 5.4 kg	23.8 ± 3.0	10 M		Anni di esperienza in allenamenti di resistenza 6.5 ± 3.5 e un 1-RM medio nello squat di 151,0 ± 31,0 kg	CON	5	Cambiamenti nello squat (ripetizioni totali e potenza media per ripetizione).	Nessuna interazione significativa o differenza fra gruppi è stata osservata per le ripetizioni totali dello squat o per la potenza media per ripetizione.	
	83.5 ± 9.8 kg	23.0 ± 3.0	10 M		NMES					
	77.1 ± 8.2 kg	22.9 ± 2.9	10 M		CWI					
Krueger M. et al. 2019	73.8 ± 7.8 kg	16.6 ± 0.6	9 M	almeno 3 volte a settimana	Nazionale tedesca di hockey su prato	CWI	4	CMJT e 6 sprint ripetuti su 30 m.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati.	
	73.8 ± 7.8 kg	16.6 ± 0.6	9 M	almeno 3 volte a settimana		CON				
Kwecien S. Y. et al. 2021	67.1 ± 11.5 kg	36 ± 8	6/9		Runners con vari gradi di esperienza nella maratona (numero di maratone precedenti: 5 ± 6)	PCM	1	CMJT e dinamometro isocinetico (MVC isometrica degli estensori ginocchio).	Nelle 72 ore successive alla maratona, la forza è diminuita in entrambi i gruppi senza differenze significative tra gruppi. Tuttavia, il gruppo di controllo ha subito una perdita di forza significativa rispetto la baseline a 24 ore e 48 ore dopo	
	69.1 ± 14.4 kg	33 ± 9	5/10			CON				

									la maratona, mentre il gruppo di trattamento PCM ha subito una perdita di forza solo a 24 ore. Rispetto alla baseline, il gruppo di controllo ha sperimentato un'altezza nel salto ridotta a 24 ore e 48 ore dopo la maratona, mentre il gruppo di trattamento PCM non ha mostrato un'altezza del salto ridotta in nessun momento nelle 72 ore successive alla maratona. Tra gruppi non ci sono state differenze significative al test di salto.
Micheletti J. K. et al. 2019	62.64 ± 8.46 kg	15.21 ± 1.06	32 M		Calcianti	CWI	1	Dinamometro isocinetico (MVC isometrica degli estensori ginocchio), 30 m sprint test, agility T test, squat jump, 40 s sprint test.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati.
	66.46 ± 7.82 kg	15.19 ± 1.05	32 M			CON			
Pournot H et al. 2010	73.1 ± 9.7 kg	21.5 ± 4.6	13 M	dalle 6 alle 10 volte a settimana	Atleti d'elite impegnati in diversi sport (football, rugby o pallavolo)	CWI	1	Dinamometro isocinetico (MVC isometrica degli estensori ginocchio), CMJT e P30 s.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati. I valori ai test di tutti i gruppi sono diminuiti significativamente (P <0,05) subito dopo l'esercizio inducente fatica. I dati dopo 1 ora hanno indicato che uno
	73.1 ± 9.7 kg	21.5 ± 4.6	9 M	dalle 6 alle 10 volte a settimana		TWI			
	73.1 ± 9.7 kg	21.5 ± 4.6	10 M	dalle 6 alle 10 volte a settimana		CWT			

	73.1 ± 9.7 kg	21.5 ± 4.6	9 M	dalle 6 alle 10 volte a settimana		CON			stato di prestazione ridotta è rimasto evidente per tutti i gruppi ad eccezione delle misure MVC e CMJT del gruppo CWI e della misura P30 s del gruppo CWT, che non erano significativamente inferiori ai valori pre-esercizio. 24 h dopo le misurazioni di MVC e P30 s hanno indicato che uno stato di prestazione ridotta rimaneva evidente per tutti i gruppi ad eccezione dei gruppi CWI e CWT, che non erano significativamente inferiori ai valori pre-esercizio.
Rupp K. A. et al 2012	72.1 ± 9.1 kg	19.8 ± 1.1	12 (M+F)		Calciatori e calciatrici collegiali	CWI	1	YIRT e CMJT.	Non ci sono state differenze significative tra i gruppi in nessun momento, sebbene vi fosse un effetto significativo nel tempo (p = 0,02) in cui i soggetti aumentavano il CMJT immediatamente dopo l'YIRT e diminuivano a 24 e 48 ore dopo l'YIRT.
	72.1 ± 9.1 kg	19.8 ± 1.1	10 (M+F)			CON			
Tavares F. et al. 2018	105.4 ± 16.3 kg	22.9 ± 2.7	10 M		Rugbisti professionisti	CWI	12	CMJT.	Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi al CMJT. L'analisi della dimensione d'effetto mostra un piccolo effetto in favore del gruppo CWI al test.
	110.2 ± 12.4 kg	22.3 ± 1.9	13 M			CON			

Wilson L. J. et al 2017	77.8 ± 6.9 kg	37.7 ± 8.9	10 M	Runners allenati con un tempo di completamento della maratona previsto sotto le 4,5 ore	WBC	1	Dinamometro isocinetico (picco di potenza e MVC isometrica degli estensori ginocchio), drop jump.	I risultati ai test sono calati in tutti e tre i gruppi rispetto la baseline, ma con un effetto maggiore nel gruppo WBC confrontato al placebo e al gruppo CWI.
	79.2 ± 10.2 kg	41.3 ± 7.6	11 M		CWI			
	75.9 ± 10.2 kg	40.6 ± 7.2	10 M		CON			
LEGENDA: NMES= Neuromuscular electrical stimulation; CWI= Cold-water immersion; CON= Controllo; LIST= Loughborough Intermittent Shuttle Test; MVC= Maximal voluntary contraction TWP= Thermoneutral water immersion placebo; TWI= Thermoneutral water immersion control condition; LED= inactive light emitting diode; CWT= Contrast water therapy; PCM= Phase change material; WBC= Whole body cryotherapy; P30 s= maximal 30-s rowing test; YIRT= yo-yo intermittent recovery test; CMJT= Counter movement jump test.								

1.11 Rischio di BIAS negli studi

I 19 articoli selezionati sono stati valutati mediante lo strumento Risk of Bias Tool 2.0 (RoB 2) della Cochrane per gli studi randomizzati controllati (RCT) e sono stati sintetizzati nei grafici (Figura 2 e Figura 3).

1.11.1 Rischio relativo al processo di randomizzazione

Dieci studi (9,47,57,60,66–71) hanno ricevuto come valutazione “some concerns” mostrando dubbi sulla corretta randomizzazione dei soggetti, con allocazione realmente casuale e mantenimento della “cecità” dei partecipanti fino all’assegnazione del trattamento. Tre articoli (64,65,72) sono stati ritenuti ad alto rischio in quanto i pazienti sono venuti a conoscenza del gruppo a cui erano assegnati prima dell’applicazione dell’intervento.

1.11.2 Rischio relativo all’assegnazione dei partecipanti all’intervento

Diciotto studi hanno ricevuto valutazione “some concerns” per due motivi, uno perché i partecipanti o chi eseguiva il trattamento era a conoscenza di ciò che veniva somministrato, due perché non specificavano se fosse stata utilizzata un’analisi appropriata per stimare l’effetto dell’assegnazione all’intervento.

1.11.3 Rischio relativo ai dati degli outcome mancanti

Tutti gli articoli hanno soddisfatto tutti i requisiti di questo dominio, ottenendo un basso rischio di bias.

1.11.4 Rischio relativo alla misurazione dell’outcome

Tutti gli studi sono stati ritenuti a basso rischio di bias perché l’outcome considerato essendo una misura oggettiva risulta difficile che venga condizionato dalla conoscenza da parte del valutatore del gruppo di appartenenza del soggetto analizzato.

1.11.5 Rischio relativo alla selezione del risultato riportato

Sei articoli hanno destato alcune preoccupazioni portando ad una valutazione dubbia “some concerns” (57,64,65,70,72,73), mentre un singolo studio ha ottenuto un giudizio ad alto rischio di bias (71). Ciò è legato o alla mancata presenza di un piano di analisi specificato a priori con la quale esaminare i dati prima che questi fossero disponibili, oppure perché un outcome è stato analizzato in più modi, ma i dati non sono stati riportati in maniera esaustiva.

1.11.6 Rischio di bias complessivo.

Questa sezione è legata ai domini precedenti, cinque studi hanno ricevuto una valutazione del rischio di bias complessiva alta (57,64,65,71,72). Dodici articoli hanno ottenuto valutazione dubbia “some concerns” (9,42,60,62,63,66–70,73,74), mentre i restanti due articoli hanno mostrato un basso rischio complessivo di bias (61,75).

Figura 2. Risk of bias graph.

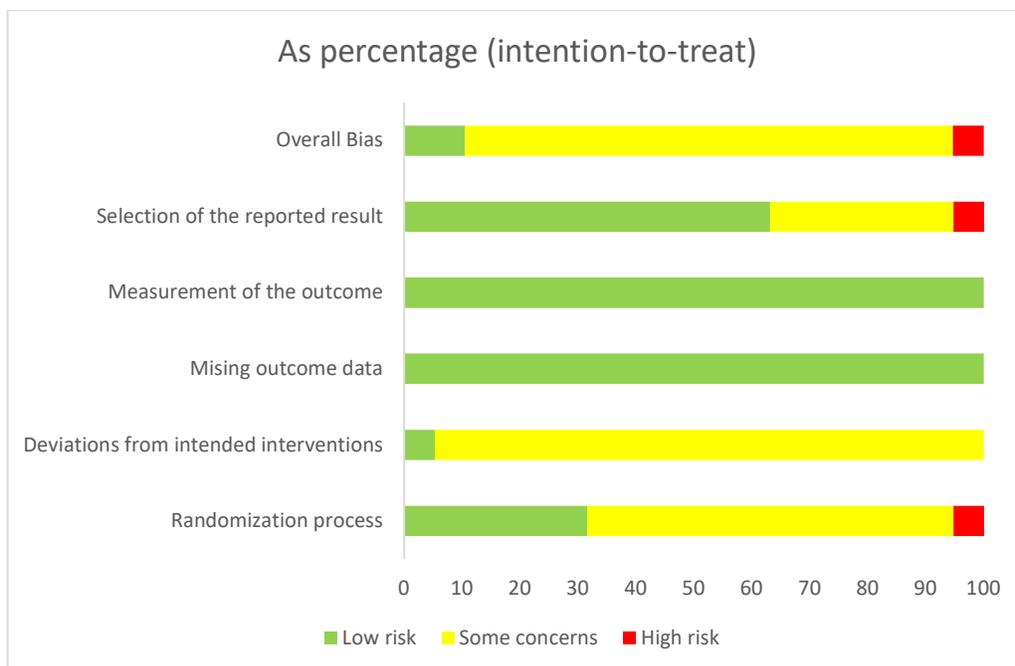


Figura 3. Risk of bias summary.

Autore e Anno	D1	D2	D3	D4	D5	Overall	Legenda
Ascensão A. et al. 2011	!	!	+	+	!	-	+ Low risk ! Some concerns - High risk D1 Randomisation process D2 Deviations from the intended interventions D3 Missing outcome data D4 Measurement of the outcome D5 Selection of the reported result
Bailey D. M. et al. 2007	!	!	+	+	+	!	
Broatch J. R. et al. 2017	!	!	+	+	+	!	
Chow G. C. C. et al. 2017	+	+	+	+	+	+	
Crystal N. J. et al. 2013	-	!	+	+	!	-	
Dantas G. et al. 2019	+	!	+	+	+	!	
De Freitas V. H. et al. 2019	+	!	+	+	+	!	
De Nardi M. et al 2011	!	!	+	+	+	!	
Halson S. L. et al. 2014	!	!	+	+	+	!	
Higgins T. R. et al. 2011	!	!	+	+	+	!	
Higgins T. R. et al. 2013	!	!	+	+	+	!	
Jajtner A. R. et al. 2015	!	!	+	+	+	!	
Krueger M. et al. 2019	+	!	+	+	+	+	
Kwiecien S. Y. et al. 2021	+	!	+	+	!	!	
Micheletti J. K. et al. 2019	+	!	+	+	+	!	
Pournot H et al. 2010	-	!	+	+	!	-	
Rupp K. A. et al 2012	!	!	+	+	!	!	
Tavares F. et al. 2018	-	!	+	+	!	-	
Wilson L. J. et al 2017	!	!	+	+	-	-	

1.12 Analisi dei risultati degli studi inclusi

Ascensão A. et al. 2011 valutano gli effetti di una singola sessione d'immersione in acqua fredda (CWI) o a temperatura ambiente (TWI) dopo una partita sulle disfunzioni muscolari in 20 calciatori. Tra i vari outcome considerati, per la funzione neuromuscolare, hanno utilizzato lo squat jump, il countermovement jump test, gli sprint sui 20 metri e la massima contrazione volontaria (MVC) isometrica degli estensori di ginocchio, eseguiti prima della partita, nei 30 minuti successivi la fine della partita, 24 e 48 ore dopo la partita.

È stata osservata una significativa diminuzione nello squat jump a 24 ore e al countermovement jump test a 24 ore e 48 ore nel gruppo TWI ($P < 0,05$). Una diminuzione al countermovement jump test è stata osservata solo a 24 ore nel gruppo CWI ($P < 0,05$). Non sono state osservate differenze significative tra i gruppi nelle prestazioni di salto in nessuno dei follow up. La capacità di sprint non è stata influenzata durante il recupero e non sono state osservate differenze tra i gruppi di trattamento. Diminuzioni significative nel picco della forza isometrica del quadricipite sono state osservate nel gruppo TWI a 24 ore, 48 ore e nel gruppo CWI a 48 ore. Tuttavia, la forza del quadricipite era significativamente maggiore a 24 ore nel gruppo CWI rispetto al gruppo TWI ($P < 0,05$).

Bailey D. M. et al. 2007, lo scopo di questo studio era di valutare gli effetti di una singola immersione in acqua fredda sugli indici di danno muscolare dopo un periodo di esercizio intermittente prolungato su 20 maschi abitualmente attivi. Ai test di valutazione della funzione muscolare, la MVC degli estensori di ginocchio non è stata influenzata dopo l'esercizio e il trattamento. Tuttavia, l'MVC dei flessori di ginocchio era ridotta a 24 e 48 ore dopo l'esercizio ($P < 0,05$) ed è tornata ai valori pre-esercizio a 168 ore dopo l'esercizio ($P < 0,05$). La crioterapia ha diminuito i decrementi della MVC a 24 e 48 ore rispetto al gruppo di controllo ($P < 0,05$). L'altezza massima al vertical jump era inferiore ai valori pre-esercizio a 24 e 48 ore in entrambi i gruppi ($P < 0,05$). L'altezza al vertical jump non è stata influenzata dalla crioterapia. Il tempo medio nello sprint non ha subito differenze significative dopo l'esercizio e il trattamento.

Broatch J. R. et al. 2017 hanno studiato se una singola sessione di CWI o più applicazioni in 6 settimane post sprint interval training possano portare delle modifiche sul sistema neuromuscolare in 16 sportivi ricreazionali, attraverso la valutazione con cicloergometro del tempo e della potenza media ai test su 2 e 20 km. Nell'arco delle sei settimane entrambi i

gruppi sia CWI che passivo sono migliorati nel tempo e nella potenza espressa ad entrambi i test, senza però mostrare differenze significative tra gruppi ($P>0,05$).

Chow G. C. C. et al. 2017, questo studio controllato randomizzato in cieco singolo a tre braccia, mirava a confrontare gli effetti della CWI post-esercizio, della TWI e dell'assenza di immersione in acqua sulla performance dell'equilibrio e sulla propriocezione dell'articolazione del ginocchio in 53 rugbisti amatoriali. Non sono state riscontrate variazioni significative tra la baseline e il post-intervento nella performance d'equilibrio in nessuno dei gruppi ($P>0,05$). Per quanto riguarda la propriocezione del ginocchio, i risultati hanno mostrato che il gruppo CWI aveva un punteggio più alto di errori rispetto al gruppo TWI nel post-intervento ($P=0.022$).

Crystal N. J. et al. 2013 hanno valutato l'effetto di una singola applicazione di CWI rispetto il controllo su 20 maschi sportivi, dopo 40 minuti di corsa in discesa, valutando su dinamometro isocinetico la MVC degli estensori di ginocchio prima e a 1, 6, 24, 48 e 72 ore dopo la corsa. Non c'è stata alcuna differenza significativa tra i gruppi ($P=0,992$), nonostante sia calata la MVC a 1 ora e sia tornata ai valori basali nei due giorni successivi per poi superarli a 72 ore in entrambi i gruppi.

Dantas G. et al. 2019 hanno svolto uno studio clinico randomizzato controllato (RCT) a tre braccia condotto su trenta podisti, con lo scopo di valutare quale fosse la strategia di recupero più efficace dopo 10 km di corsa tra CWI, riposo, e TWI, attraverso la valutazione di diversi outcome tra cui il triple hop for distance test e la MVC degli estensori di ginocchio analizzati prima, subito dopo la corsa e 24 ore dopo.

Nonostante in tutti e tre i gruppi i valori siano calati dopo la corsa, questi sono tornati a livello basale a 24 ore senza differire in maniera statisticamente significativa ai due follow up.

De Freitas V. H. et al. 2019, lo scopo dello studio era valutare gli effetti della CWI applicata per 5 giorni consecutivi in seguito all'allenamento in 12 pallavolisti professionisti. Giudicando i risultati ottenuti al primo giorno di allenamento, al terzo e il giorno dopo l'ultimo allenamento, ai seguenti test: countermovement jump test, squat jump e square agility test. Il confronto nella performance ai tre test non ha mostrato differenze tra gruppi o ai diversi time point ($P>0.05$).

De Nardi M. et al. 2011 nel presente studio sono stati coinvolti diciotto giovani calciatori per quattro giorni utilizzando come strategie di recupero CWI o TWI dopo ogni sessione di allenamento. Per valutare le variazioni della performance sono stati utilizzati il countermovement jump test, 12 sprint massimali di 20 metri e lo shuttle run test, somministrati dopo ogni sessione di allenamento post-intervento. Entrambi i test non mostrano differenze statisticamente significative tra i gruppi ($P > 0,05$), tuttavia il gruppo che effettua il recupero passivo mostra un decremento delle performance maggiori.

Halson S. L. et al. 2014, ventuno ciclisti professionisti sono stati randomizzati al gruppo CWI o riposo passivo (CON) da effettuare per quattro volte a settimana per un periodo di tempo costituito da 7 giorni di allenamento base, 21 giorni di allenamento intensivo e un 11 giorni di tapering. Ogni settimana, i partecipanti hanno completato un test ciclistico a intervalli ad alta intensità e un test su due periodi di sforzo da 4 minuti separati da 30 minuti (2xMMP4min), per un totale di 5 follow up. Non sono state osservate differenze rilevanti al test 2xMMP4min, nemmeno osservando i risultati dei partecipanti migliori, tuttavia la differenza di potenza tra la prima e la seconda performance al test al primo e all'ultimo follow up, nel gruppo CWI ha mostrato un incremento maggiore rispetto il gruppo CON (OR= 90), ancora più evidente se si osservano i partecipanti migliori. La performance negli sprint durante l'ultimo time point è aumentata rispetto alla baseline nel gruppo CWI, ed è diminuita nel gruppo CON, con una differenza significativa (OR=452). Durante il test 2xMMP4min il gruppo CWI ha espresso una potenza maggiore del gruppo di controllo (OR=91 e OR=97 rispettivamente), confrontando i risultati finali rispetto alla baseline nei due gruppi.

Higgins T. R. et al. 2011 hanno condotto un trial clinico randomizzato controllato tra bagni in acqua a temperature differenti (CWT), CWI e CON, per determinare il recupero durante le competizioni in 26 rugbisti agonisti. Lo studio è stato condotto per quattro settimane, con una partita a settimana e due allenamenti, dopo ogni partita o allenamento i soggetti sono stati sottoposti ad una delle tre modalità di recupero. La differenza nella performance è stata valutata attraverso il 300 metri sprint test, effettuato nella settimana precedente la prima partita e poi ricondotto la settimana dopo la quarta partita. Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi al test somministrato. È stato identificato solamente un effect size medio ($d=0.53$) a favore del gruppo CWT nei confronti del gruppo CWI.

Higgins T. R. et al. 2013 hanno reclutato 24 giocatori agonisti U/20 di rugby e li hanno randomizzati in 3 gruppi: CWI, CWT e CON. Le forme di recupero sono state somministrate immediatamente dopo una partita di rugby. I test sono stati condotti 1 ora prima della partita e a 5 intervalli dopo la partita: 1, 48, 72, 96 e 144 ore. Le variabili dipendenti che valutavano la potenza muscolare includevano il countermovement jump test e gli sprint su 10 e 40 metri. Non ci sono differenze statisticamente significative tra gruppi ai test somministrati. Tuttavia, il gruppo CWT ha riportato un decremento dei risultati inferiore.

Jajtner A. R. et al. 2015 avevano come obiettivo esaminare gli effetti di diverse modalità di recupero, stimolazione elettrica neuromuscolare (NMES), CWI e recupero passivo, sulle prestazioni. Trenta sportivi allenati sono stati esaminati nei cambiamenti delle prestazioni nell'esercizio dello squat (numero di ripetizioni totali e potenza media per ripetizione), confrontando i risultati alla baseline (T0) con quelli ottenuti durante la seconda visita, dove è stato applicato il protocollo d'esercizi per indurre fatica (T2) e quelli a 24 e 48 ore post T2. L'intervento è stato applicato in T2 e 24 ore dopo. Nessuna interazione significativa ($P=0.250$) o effetto principale per gruppo ($P=0.245$) è stato osservato per le ripetizioni totali dello squat. Inoltre, non è stata osservata alcuna interazione significativa ($P=0.663$) o effetto principale per gruppo ($P=0.490$) nella potenza media per ripetizione.

Krueger M. et al. 2019 hanno reclutato l'intera squadra nazionale tedesca under 18 di hockey, e hanno assegnato in modo casuale un intervento giornaliero per 5 giorni di CWI o recupero passivo, per esaminare gli effetti della CWI quotidiana post-esercizio sulle prestazioni attraverso gli sprint ripetuti e il countermovement jump test (CMJ) effettuati nei giorni 1 e 5. Non ci sono stati effetti di tempo, interazione o intervento nei test somministrati.

Kwiecien S. Y. et al. 2021, questo studio mirava a testare l'efficacia su trenta corridori del prolungamento della durata del raffreddamento mediante l'uso di materiali a cambiamento di fase (PCM) sulla funzione neuromuscolare, a seguito di una maratona. Valutando i risultati al countermovement jump test e l'MVC isometrica degli estensori ginocchio registrati alla baseline, 24, 48 e 72 ore dopo la maratona. Dopo la maratona, la forza e l'altezza al CMJ sono diminuite in entrambi i gruppi ($P<0,0001$), senza differenze tra essi. Rispetto al basale, la forza si è ridotta a 24 ($P=0,004$) e 48 ore dopo la maratona ($P=0,008$) nel gruppo di controllo, ma solo a 24 ore ($P=0,028$) nel gruppo PCM. Rispetto alla baseline, l'altezza al

CMJ non è stata ridotta in nessun giorno nel gruppo PCM, ma si è ridotta nel gruppo di controllo a 24 ($P < 0,0001$) e 48 ore ($P = 0,003$) dopo la maratona.

Micheletti J. K. et al. 2019 si sono posti come obiettivo analizzare il recupero post-allenamento di 64 calciatori randomizzati a CWI o a un gruppo di controllo, valutando i parametri funzionali attraverso lo squat jump, il T agility test, il 30 metri sprint test, il 40 secondi sprint test e la massima contrazione isometrica volontaria degli estensori di ginocchio, somministrati prima e in momenti specifici dopo l'allenamento, 1 ora dopo l'MVC e 2 ore dopo gli altri test. Non sono state osservate differenze statisticamente significative tra gruppi.

Pournot H et al. 2010, al fine di indagare l'efficacia di diverse tecniche di recupero sulla forza e potenza in 41 atleti d'élite (calcio, rugby, pallavolo), gli hanno fatto eseguire 20 minuti di esercizio intermittente estenuante seguito da 15 minuti di intervento di recupero, che consisteva in diverse tecniche tra cui: immersione in acqua temperata (36°C), immersione in acqua fredda (10°C), immersione in acqua a diverse temperature ($10\text{--}42^{\circ}\text{C}$) e recupero passivo (PAS). Le prestazioni sono state esaminate con una prova di voga da 30 s (P30 s), con il salto verticale massimo al countermovement jump test e la contrazione volontaria isometrica massima dei muscoli estensori del ginocchio misurate a riposo (pre-esercizio), immediatamente dopo l'esercizio, 1 ora dopo e 24 ore dopo. I valori di MVC, CMJ e P30 s di tutti i gruppi sono diminuiti significativamente ($P < 0,05$) immediatamente dopo l'esercizio in tutti i gruppi. I dati 1 ora dopo hanno indicato che uno stato di performance ridotta è rimasto evidente in tutti i gruppi, ad eccezione dei test MVC e CMJ nel gruppo CWI e della misura al P30 s del gruppo CWT, che non erano significativamente inferiori ai valori pre-esercizio. 24 ore dopo le misurazioni al MVC e al P30 s hanno mostrato che le prestazioni rimanevano ridotte in maniera evidente in tutti i gruppi ad eccezione dei gruppi CWI e CWT, che non erano significativamente inferiori ai valori pre-esercizio.

Rupp K. A. et al 2012 hanno svolto uno studio randomizzato controllato progettato per esaminare l'effetto della CWI come modalità di recupero sulle prestazioni ripetute al test di recupero intermittente yo-yo (YIRT) e al countermovement jump test (CMJ) su ventidue calciatori sani collegiali. L'YIRT è stato condotto alla baseline e a 48 ore, mentre il CMJ alla baseline, post YIRT a 48, e poi a 72 e 96 ore dopo la baseline. Non sono state osservate differenze significative tra il gruppo sperimentale e il controllo nei risultati al YIRT alla

baseline ($P=0,48$) o 48 ore dopo ($P=0,35$). Non ci sono state differenze significative tra i gruppi in nessun momento al CMJ, sebbene vi fosse un effetto significativo nel tempo ($P=0,02$) in cui i soggetti aumentavano il CMJ immediatamente dopo l'YIRT a 48, rispetto la baseline e diminuivano a 72 e 96 ore.

Tavares F. et al. 2018, scopo di questo studio era indagare gli effetti della CWI durante un'intensa fase di preseason di tre settimane, in ventidue atleti d'élite di rugby. Gli atleti sono stati sottoposti a CWI o CON, dopo ogni allenamento per un totale di 12 volte. Per monitorare l'affaticamento neuromuscolare, è stata misurato il picco di forza durante il CMJ, eseguito ogni mattina il primo e il quarto giorno di ciascuna delle 3 settimane di studio. L'analisi delle dimensioni d'effetto dimostra un piccolo effetto a favore del gruppo CWI nei risultati al CMJ. Inoltre, l'analisi delle dimensioni d'effetto ha rivelato che il quarto giorno di ogni settimana, gli atleti del gruppo CON hanno mostrato piccole riduzioni delle prestazioni al CMJ.

Wilson L. J. et al 2017 hanno reclutato trentuno runners allenati, i quali hanno completato una maratona e successivamente sono stati assegnati in modo casuale ad una delle seguenti strategie di recupero CWI, (whole body cryotherapy) WBC o placebo. La funzione neuromuscolare è stata registrata prima della maratona, e a 24, e 48 ore dopo, attraverso l'esecuzione del drop jump test valutando il picco di potenza, e l'MVC isometrica degli estensori ginocchio con un dinamometro. I risultati ai test sono calati in tutti e tre i gruppi rispetto la baseline, ma con un effetto maggiore nel gruppo WBC confrontato al placebo e al gruppo CWI.

CAPITOLO 4: DISCUSSIONE

Dall'analisi dei risultati dei singoli studi non sono emerse differenze statisticamente significative in favore della crioterapia nel recupero della performance post esercizio. Solamente negli studi di Bailey et al. 2007 e di Ascensão et al. 2011, la crioterapia ha mostrato effetti superiori rispetto al gruppo di controllo. Va evidenziato, però, che in questi studi le differenze sulla funzione neuromuscolare tra i gruppi si sono manifestate solo per quanto concerne la massima contrazione isometrica volontaria, mentre nessuna differenza è stata trovata nei test di salto e negli sprint. Per tale motivo l'utilizzo della massima contrazione isometrica volontaria come parametro di valutazione della performance motoria potrebbe non essere il gold standard, in quanto i test funzionali dovrebbero essere misuratori più specifici della prestazione sportiva. Si potrebbe pensare anche ad un'altra ragione che spiegherebbe simile differenza tra le tipologie di test, ovvero che la crioterapia apporti un effetto positivo sulla funzione muscolare ma troppo piccolo perché questo possa riflettersi sulla performance.

Si sottolinea comunque come gli studi di Bailey et al. 2007 e di Ascensão et al. 2011 non siano consistenti con il corpo di evidenze sull'argomento, perché anche Wilson et al. 2017, Pournot et al. 2010, Micheletti et al. 2019, Kwiecien et al. 2021 e Crystal et al. 2013 hanno utilizzato l'MVC come misura di outcome ottenendo risultati opposti. Questa differenza potrebbe essere dovuta al protocollo d'intervento utilizzato: Bailey et al. 2007 e Ascensão et al. 2011 hanno somministrato l'intervento di raffreddamento per 10 minuti a 10°C, mentre gli altri studi hanno utilizzato sia temperature inferiori sia tempistiche maggiori.

Nonostante ciò, non sono stati trovati nemmeno effetti svantaggiosi sull'utilizzo della crioterapia, contrariamente a quanto affermato da alcuni autori sul fatto che la CWI potrebbe avere un effetto negativo sulle prestazioni degli atleti, poiché modifica la generazione dei potenziali d'azione, la velocità di contrazione e la capacità di generare forza (76). Tali affermazioni sono in linea con una tendenza crescente in letteratura che raccomanda contro l'uso della crioterapia, in modo da non ritardare o compromettere il processo di rigenerazione o la risposta di guarigione naturale, che si verifica dopo un infortunio o l'esercizio intenso (25,48,77,78), perché la crioterapia, in particolare il ghiaccio, potrebbe potenzialmente interrompere il processo infiammatorio, che può portare a una ridotta riparazione dei tessuti e alla sintesi ridondante del collagene. Malgrado queste ipotesi nessuno degli studi inclusi ha riportato effetti inferiori della crioterapia rispetto il controllo.

Tre studi inclusi, invece, hanno riportato effetti superiori della CWI rispetto il controllo, sebbene non statisticamente significativi (Halsen et al. 2014, Pournot, et al. 2010 e Tavares et al. 2018). Questo, oltre all'assenza di effetti negativi, porta ragionevolmente a pensare che l'effetto positivo sul recupero dato dalla terapia del freddo possa effettivamente sussistere, ma di un'entità così piccola per cui la maggioranza degli studi non è stato in grado di coglierla.

La strategia di raffreddamento più utilizzata tra gli studi inclusi è l'immersione in acqua fredda, conforme con quanto emerge dai dati estrapolati da altre revisioni (47,79,80), in cui le modalità che somministrano raffreddamento ad aree più ampie del corpo alla volta sono maggiormente utilizzate rispetto al ghiaccio localizzato nel tentativo di accelerare il recupero dopo l'esercizio. Nonostante il largo impiego quotidiano della crioterapia locale la metanalisi di Nogueira et al. 2019 ha concluso che, dopo l'esercizio, la crioterapia locale sotto forma di ghiaccio non diminuisce il dolore o accelera il recupero della forza. Quindi, seppur più semplice da utilizzare nella pratica clinica il suo impiego andrebbe riconsiderato, ed ecco forse spiegato uno dei motivi per cui la letteratura scientifica si sta concentrando più su metodiche di raffreddamento a più aree corporee. Va detto che la CWI esponendo più regioni anatomiche alle basse temperature potrebbe indurre effetti sistemici a differenza dei trattamenti locali, questo sembra sia dovuto non solo alla bassa temperatura a cui l'intero corpo è sottoposto, ma anche alla pressione idrostatica, che apparrebbe influenzare positivamente il recupero post esercizio (6) e di conseguenza essere maggiormente efficace nel migliorare la performance oltre che il dolore.

La possibilità di lavorare su tutto il corpo spiegherebbe anche perché la CWI è la strategia maggiormente utilizzata tra gli sportivi: perché le richieste motorie date dall'attività sportiva, eccezion fatta per alcuni sport, difficilmente coinvolgono un singolo distretto.

Sono stati selezionati studi che includono atleti che svolgessero almeno tre volte a settimana l'attività sportiva. La ragione dietro la suddetta scelta sta nel fatto che gli atleti, a differenza dei sedentari, avrebbero affrontato meglio l'esercizio ad alta intensità, e di conseguenza la reattività alle strategie di recupero sarebbe stata diversa.

Altro motivo che giustifica questa scelta è che l'effetto benefico sul wash-out o su un ridotto rilascio dei marcatori di danno muscolare dipende dal livello degli atleti e anche dai livelli iniziali di CK. Infatti, sembrerebbe che negli atleti professionisti, quando le concentrazioni di

CK sono molto elevate, gli effetti dell'acqua fredda siano superiori nel ridurre i parametri ematologici e il dolore post esercizio (60).

In ultimo, i dati ottenuti sull'efficacia della crioterapia sono più ad appannaggio degli atleti d'élite, perché sono coloro che hanno la possibilità di utilizzare le strategie di recupero direttamente sul campo, o dopo gli allenamenti e le partite, inoltre potrebbe essere una valida strategia per mantenere alti livelli di performance sia nel lungo periodo, vista la durata della stagione agonistica in alcuni sport, sia per il poco tempo di recupero che spesso intercorre tra gli eventi sportivi.

In letteratura sono presenti già tre revisioni sugli effetti del raffreddamento post-esercizio. Halson et al 2011 ha studiato l'influenza del periodo di tempo che intercorre tra l'intervento di crioterapia e il protocollo per indurre fatica sul recupero e ha scoperto che gli effetti del raffreddamento in fase di recupero erano maggiori per gli sport in weight bearing (corsa, sollevamento pesi, allenamenti eccentrici), che per gli sport non weight bearing (nuoto, ciclismo). Tuttavia, lo stato di allenamento dei partecipanti agli studi inclusi variava da soggetti non allenati ad atleti d'élite (47).

Probabilmente questa discrepanza nei risultati potrebbe essere legata alle forze superiori che entrano in gioco nelle attività di carico a livello delle articolazioni degli arti inferiori, ad esempio la forza di reazione al suolo (GRF), interessando quindi non solo la muscolatura, ma andando ad impattare anche sulla componente passiva che si oppone a tali forze, e di conseguenza causando verosimilmente piccoli danni non solo muscolari, ma anche articolari, che potrebbero manifestarsi con un aumento del gonfiore articolare, il quale potrebbe beneficiare della terapia del freddo.

Invece, Leeder et al 2012 ha valutato 14 studi esaminando gli effetti della CWI sul recupero da esercizi eccentrici e ad alta intensità. La revisione includeva studi sia con atleti che con soggetti non allenati o che praticassero sport a livello ricreativo. Gli autori hanno scoperto che sebbene la CWI fosse una strategia efficace per ridurre il dolore muscolare a insorgenza ritardata, gli effetti sulle prestazioni erano meno chiari. Sebbene la CWI non avesse migliorato il recupero della forza muscolare, sono stati riscontrati effetti positivi per la potenza muscolare (prestazioni di salto e sprint) (79).

Più in linea con quanto osservato nella seguente tesi, è la revisione con metanalisi di Poppendieck et al. 2013, ove sono stati inclusi solamente soggetti ben allenati. È infatti emerso che la crioterapia post esercizio avesse un effetto sul recupero della performance non rilevante (2.4%), prendendo come riferimento quanto riportato da Hopkins et al (81),

secondo cui il minimo miglioramento che rende utile una certa strategia è il valore che aumenta le possibilità di vittoria di un atleta del 10% (80). Tuttavia, in questa revisione sono stati esclusi tutti gli studi che eseguissero i test funzionali entro 90 minuti dal termine dell'intervento crioterapico. La giustificazione a tale scelta da parte degli autori proviene dal fatto che per periodi inferiori a 90 minuti tra l'intervento e i test di outcome, gli effetti benefici siano dovuti al pre-raffreddamento (47,82).

Pertanto, il beneficio del 2.4% potrebbe essere superiore se si includessero anche altri articoli, indipendentemente dalla ragione alla base di questo miglioramento. Si evidenzia come questa piccola percentuale di miglioramento a seconda del contesto sportivo in cui viene riportata assume un peso e una rilevanza clinica differente, ad esempio nella specialità olimpica dei 100 metri piani. Infatti, una differenza sul tempo finale del 2.4% assume un valore molto importante per gli atleti d'élite, perché su un ipotetico tempo di 10.03 secondi, tempo con cui Marcell Jacobs ha vinto i campionati italiani, il 2.4% in meno corrisponderebbe ad un tempo finale di 9.79 nonché nuovo record italiano di specialità.

Come è stato precedentemente detto, per un atleta e per il suo staff è fondamentale mantenere il più alto livello prestazionale possibile, e per fare ciò è necessario utilizzare la migliore strategia di recupero. Per definire quale strategia sia superiore alle altre, diverse sono le componenti che possono essere analizzate, come la percezione di fatica, la misura ai test di performance, i sintomi di DOMS e i markers ematici di danno muscolare.

Alcuni di questi parametri sono già stati ben indagati in letteratura: dalla revisione di Hohenauer et al. 2015 è risultato che il raffreddamento ha mostrato effetti significativi nel ridurre i sintomi di DOMS (fino a 96 ore), e la fatica percepita (fino a 24 ore) rispetto a interventi di controllo passivo (83). Tra le diverse modalità di raffreddamento indagate la CWI si è dimostrata superiore anche se sembrerebbe che la crioterapia non abbia alcun effetto su parametri oggettivi del recupero come i marcatori e le citochine del plasma sanguigno.

Tra i vari parametri sopraelencati il gold standard per valutare lo stato di fatica e recupero post-esercizio è la misurazione dei parametri di performance (84). Ecco perché in questa tesi è stato scelto di valutare l'efficacia della crioterapia attraverso test di performance, oltre al fatto che si sa poco in letteratura dell'influenza della crioterapia sul recupero della performance negli sportivi.

In generale esistono dati che mostrano effetti benefici, nessun beneficio e persino effetti dannosi quando la crioterapia viene utilizzata per recuperare la performance (79,80,83,85).

La disparità nei risultati può essere spiegata dalla variabilità dei protocolli di intervento, dalla modalità per indurre fatica e dalla diversa tipologia di soggetti analizzati.

Ad esempio, la temperatura di immersione per la CWI è estremamente variabile, compresa tra 5 e 15 °C. Alcuni autori hanno suggerito che temperature più basse potrebbero avere effetti migliori sul recupero dopo l'esercizio (86). Tuttavia, le prove hanno dimostrato che la riduzione della temperatura dell'acqua non produce ulteriori benefici di recupero (80,87,88) ed è probabile che provochi un aumento del disagio (9,89,90), inteso come stimolo nocivo sui termocettori e nocicettori tale da generare un'esperienza sensoriale spiacevole, ed essendo il dolore un'esperienza soggettiva, il significato che un soggetto attribuisce a un particolare stimolo può influenzare l'interpretazione soggettiva del dolore che sperimenta e di conseguenza influenzare l'esito del trattamento (91,92).

Sembrerebbe, invece, più rilevante la durata dell'immersione rispetto alla temperatura, perché insieme alla frequenza delle immersioni e alla modalità di immersione (continua o intermittente) (83,93,94), è maggiormente correlata con l'entità del cambiamento nella temperatura intramuscolare (95), che andrebbe mantenuta bassa il più a lungo possibile nelle fasi immediatamente successive sia alla lesione che all'esercizio, per ostacolare la proliferazione del danno secondario. Tuttavia, la durata dell'immersione è limitata dalla temperatura dell'acqua poiché le temperature più fredde sono mal tollerate. Inoltre, l'immersione non supera comunemente i 20 minuti, perché potrebbe provocare lesioni o ipotermia (29,85,96). A questo proposito, studi più recenti non hanno mostrato eventi avversi dall'utilizzo prolungato con PCM, rappresentando un'alternativa sicura e pratica alle tradizionali modalità di crioterapia di breve durata. In questa tesi l'unico studio incluso che utilizzava i PCM non ha tuttavia evidenziato differenze statisticamente significative con il controllo, però il gruppo PCM ha sperimentato una perdita di forza inferiore a 48 ore rispetto il controllo, non solo, anche l'altezza dei salti al CMJT non ha mostrato differenze rispetto la baseline a differenza del controllo. Questo indica come i PCM possano essere una strategia valida di trattamento, ciò nonostante, solo ulteriori studi potrebbero rafforzare il suo utilizzo con nuove evidenze.

I campioni oggetto di studio per ogni singolo articolo sono stati ridotti, probabilmente a causa delle difficoltà nel trovare un campione omogeneo per quanto concerne il livello di attività sportiva, oltre alla complessità nel far eseguire alle medesime condizioni (ambientali e temporali) il protocollo di intervento su molteplici pazienti. Per cui ricercatori futuri dovrebbero includere popolazioni di studio più ampie, soprattutto rispetto al sesso, in quanto

gli articoli selezionati utilizzavano principalmente soggetti maschi. Altri studi con le partecipanti di sesso femminile sono necessari per valutare se esiste una differenza specifica per sesso negli effetti del raffreddamento.

Per poter trarre conclusioni sull'effettiva efficacia della crioterapia post esercizio nel recupero della performance, è opportuno che gli studi futuri utilizzino dei protocolli definiti per indurre fatica, non solo, anche la durata dell'intervento e la temperatura dovrebbero essere standardizzate.

A causa della vasta eterogeneità degli studi inclusi non è stato possibile valutare statisticamente l'influenza dei vari parametri di progettazione dello studio (ad es. metodo di raffreddamento, temperatura e durata, tipo di esercizio eseguito) sulla prestazione.

Va infine sottolineato come l'effetto placebo possa giocare un ruolo importante nei soggetti sottoposti a crioterapia, anche perché esistono prove che gli atleti si comportano meglio quando credono di ricevere trattamenti benefici (97). In conclusione, studi futuri dovrebbero, quando possibile, mettere in cieco pazienti, terapisti e valutatori al fine di ridurre i bias.

Quindi, allo stato attuale, l'utilizzo della crioterapia risulta consigliato nei soggetti sportivi di alto livello in cui anche il più piccolo cambiamento nel recupero della funzione muscolare potrebbe avere ricadute importanti sull'esito della prestazione sportiva, rimanendo consapevoli che questo minimo effetto positivo, se presente, potrebbe derivare principalmente da fattori esterni.

1.13 Limiti della revisione

Trattandosi di una tesi, tutto il processo di ricerca, selezione degli studi, estrazione dei dati, e valutazione critica degli studi, è stato eseguito individualmente da una sola persona. Per lo stesso motivo non è stato eseguito neanche un protocollo di revisione e la sua registrazione.

Altri limiti della revisione sono stati legati alle restrizioni metodologiche degli studi inclusi: a) numero limitato di partecipanti, b) grande eterogeneità nella modalità di intervento della crioterapia (durata dell'applicazione, temperature selezionate, e applicazione della crioterapia), c) mancanza di follow-up a tre o quattro giorni dopo l'intervento (impossibilità di esportare risultati a lungo termine), d) diversi protocolli per indurre fatica e differenti test per indagare la performance. Inoltre, va notato che la stragrande maggioranza dei partecipanti negli studi erano maschi, il che rende difficile generalizzare i risultati per entrambi i sessi.

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI

Nonostante l'ampio impiego sul campo e la grande mole di letteratura sulla crioterapia, dalla seguente tesi è emerso non esserci effetti statisticamente significativi in favore del suo utilizzo negli sportivi, anche se una piccola parte di studi ha riportato effetti superiori al controllo e nessuno studio ha riportato risultati inferiori o effetti avversi. Purtroppo, a fronte della grande eterogeneità degli studi non è possibile attualmente trarre delle linee guida riguardo il suo utilizzo nel migliorare la performance post esercizio. Già dimostrati in letteratura sono il suo beneficio nel ridurre la percezione della fatica, e i sintomi di DOMS, entrambi effetti importanti perché migliorano la compliance e le prestazioni durante le competizioni (98).

Quindi, non è possibile concludere che la crioterapia non migliori il recupero delle prestazioni, tuttavia, i reali effetti benefici sulla performance andrebbero ridimensionati, seguendo quanto attualmente si sa sul suo utilizzo e la sua efficacia, tenendo presente l'impatto che potrebbe avere l'effetto placebo. In aggiunta il piccolo miglioramento che potrebbe apportare il suo impiego nell'atleta, potrebbe avere un peso importante se calato in quelle realtà in cui anche il più piccolo miglioramento nella performance può condurre ad un esito differente durante la prestazione sportiva.

In conclusione, sebbene la crioterapia rimanga una strategia di recupero ampiamente accettata ed esistano una pleora di ricerche sul suo utilizzo, le migliori prove attualmente disponibili sono contraddittorie.

BIBLIOGRAFIA

1. Rivenburgh, MS DW. Physical Modalities in the Treatment of Tendon Injuries. *Clin Sports Med*. luglio 1992;11(3):645–59.
2. Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med Auckl NZ*. 1 giugno 2010;40(6):509–17.
3. Mac Auley DC. Ice therapy: how good is the evidence? *Int J Sports Med*. luglio 2001;22(5):379–84.
4. Hubbard TJ, Denegar CR. Does Cryotherapy Improve Outcomes With Soft Tissue Injury? *J Athl Train*. 2004;39(3):278–9.
5. Meeusen R, Lievens P. The use of cryotherapy in sports injuries. *Sports Med Auckl NZ*. dicembre 1986;3(6):398–414.
6. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Med Auckl NZ*. 2006;36(9):747–65.
7. Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci*. marzo 1999;17(3):231–8.
8. Srámek P, Simecková M, Janský L, Savlíková J, Vybíral S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol*. marzo 2000;81(5):436–42.
9. Bailey DM, Erith SJ, Griffin PJ, Dowson A, Brewer DS, Gant N, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *J Sports Sci*. settembre 2007;25(11):1163–70.
10. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med Auckl NZ*. 2003;33(2):145–64.
11. Huard J, Li Y, Fu FH. Muscle injuries and repair: current trends in research. *J Bone Joint Surg Am*. maggio 2002;84(5):822–32.
12. Kendall B, Eston R. Exercise-induced muscle damage and the potential protective role of estrogen. *Sports Med Auckl NZ*. 2002;32(2):103–23.
13. Peake J, Nosaka K, Suzuki K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. *Exerc Immunol Rev*. 2005;11:64–85.
14. Howatson G, van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med Auckl NZ*. 2008;38(6):483–503.
15. Guskiewicz K. Cryotherapy in Sport Injury Management. *Athl Ther Today*. 1996;1(2):60–2.
16. Merrick MA. Secondary Injury After Musculoskeletal Trauma: A Review and Update. *J Athl Train*. 2002;37(2):209–17.
17. Enwemeka C, Allen C, Avila P, Bina J, Konrade J, Munns S. Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;
18. Bleakley CM, Glasgow P, Webb MJ. Cooling an acute muscle injury: can basic scientific theory translate into the clinical setting? *Br J Sports Med*. marzo 2012;46(4):296–8.

19. Ihsan M, Watson G, Lipski M, Abbiss CR. Influence of postexercise cooling on muscle oxygenation and blood volume changes. *Med Sci Sports Exerc.* maggio 2013;45(5):876–82.
20. Knight KL. Cryotherapy : theory, technique and physiology. In 1985.
21. Merrick MA, Rankin JM, Andres FA, Hinman CL. A preliminary examination of cryotherapy and secondary injury in skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc.* 1 novembre 1999;31(11):1516–21.
22. Knight K, Brucker JB, Stoneman P, Rubley MD. *Muscle Injury Management With Cryotherapy.* 2000;
23. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* maggio 2005;33(5):745–64.
24. Dykstra JH, Hill HM, Miller MG, Cheatham CC, Michael TJ, Baker RJ. Comparisons of cubed ice, crushed ice, and wetted ice on intramuscular and surface temperature changes. *J Athl Train.* 1 marzo 2009;44(2):136–41.
25. Tiidus PM. Alternative treatments for muscle injury: massage, cryotherapy, and hyperbaric oxygen. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 28 febbraio 2015;8(2):162–7.
26. Bleakley CM, Davison G. Management of acute soft tissue injury using Protection Rest Ice Compression and Elevation: Recommendations from the Association of Chartered Physiotherapists in Sports and Exercise Medicine (ACPSM) [Executive Summary]. 2010;Execut:1–24.
27. Kovacs MS, Baker LB. Recovery interventions and strategies for improved tennis performance. *Br J Sports Med.* aprile 2014;48 Suppl 1:i18-21.
28. Peake JM. Recovery after exercise: what is the current state of play? *Curr Opin Physiol.* 1 agosto 2019;10:17–26.
29. Versey NG, Halson SL, Dawson BT. Water immersion recovery for athletes: effect on exercise performance and practical recommendations. *Sports Med Auckl NZ.* novembre 2013;43(11):1101–30.
30. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;
31. Soligard T, Schwellnus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med.* settembre 2016;50(17):1030–41.
32. Camargo MZ, Siqueira CPCM, Preti MCP, Nakamura FY, de Lima FM, Dias IFL, et al. Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. *Lasers Med Sci.* 1 settembre 2012;27(5):1051–8.
33. Lewis PB, Ruby D, Bush-Joseph CA. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clin Sports Med.* aprile 2012;31(2):255–62.
34. Saxton JM, Clarkson PM, James R, Miles M, Westerfer M, Clark S, et al. Neuromuscular dysfunction following eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* agosto 1995;27(8):1185–93.
35. Paschalis V, Nikolaidis M, Giakas G, Jamurtas A, Pappas A, Koutedakis Y. The effect of eccentric exercise on position sense and joint reaction angle of the lower limbs. *Muscle Nerve.* 2007;
36. Burt DG, Twist C. The effects of exercise-induced muscle damage on cycling time-trial performance. *J Strength Cond Res.* agosto 2011;25(8):2185–92.

37. Twist C, Eston RG. The effect of exercise-induced muscle damage on perceived exertion and cycling endurance performance. *Eur J Appl Physiol.* 1 marzo 2009;105(4):559–67.
38. Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Med Auckl NZ.* 2006;36(9):781–96.
39. Minett G, Duffield R. Is recovery driven by central or peripheral factors? A role for the brain in recovery following intermittent-sprint exercise. *Front Physiol.* 2014;
40. Hausswirth C, Le Meur Y. Physiological and Nutritional Aspects of Post-Exercise Recovery. *Sports Med.* 1 ottobre 2011;41(10):861–82.
41. Roberts LA, Raastad T, Markworth JF, Figueiredo VC, Egner IM, Shield A, et al. Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. *J Physiol.* 15 settembre 2015;593(18):4285–301.
42. Halson SL, Bartram J, West N, Stephens J, Argus CK, Driller MW, et al. Does hydrotherapy help or hinder adaptation to training in competitive cyclists? *Med Sci Sports Exerc.* agosto 2014;46(8):1631–9.
43. Fröhlich M, Faude O, Klein M, Pieter A, Emrich E, Meyer T. Strength training adaptations after cold-water immersion. *J Strength Cond Res.* settembre 2014;28(9):2628–33.
44. Minett GM, Costello JT. Specificity and context in post-exercise recovery: it is not a one-size-fits-all approach. *Front Physiol.* 2015;6:130.
45. Bleakley CM, Davison GW. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *Br J Sports Med.* febbraio 2010;44(3):179–87.
46. Duffield R. Cooling interventions for the protection and recovery of exercise performance from exercise-induced heat stress. *Med Sport Sci.* 2008;
47. Halson S. Does the Time Frame Between Exercise Influence the Effectiveness Of Hydrotherapy for Recovery? *Int J Sports Physiol Perform.* 1 giugno 2011;6:147–59.
48. Takagi R, Fujita N, Arakawa T, Kawada S, Ishii N, Miki A. Influence of icing on muscle regeneration after crush injury to skeletal muscles in rats. *J Appl Physiol.* 2011;
49. Singh DP, Barani Lonbani Z, Woodruff MA, Parker TJ, Steck R, Peake JM. Effects of Topical Icing on Inflammation, Angiogenesis, Revascularization, and Myofiber Regeneration in Skeletal Muscle Following Contusion Injury. *Front Physiol.* 7 marzo 2017;8:93.
50. Miyakawa M, Kawashima M, Haba D, Sugiyama M, Taniguchi K, Arakawa T. Inhibition of the migration of MCP-1 positive cells by icing applied soon after crush injury to rat skeletal muscle. *Acta Histochem.* aprile 2020;122(3):151511.
51. Kawashima M, Kawanishi N, Tominaga T, Suzuki K, Miyazaki A, Nagata I, et al. Icing after eccentric contraction-induced muscle damage perturbs the disappearance of necrotic muscle fibers and phenotypic dynamics of macrophages in mice. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 maggio 2021;130(5):1410–20.
52. Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. The Influence of Post-Exercise Cold-Water Immersion on Adaptive Responses to Exercise: A Review of the Literature. *Sports Med Auckl NZ.* giugno 2018;48(6):1369–87.
53. Bleakley C, Davison G. Cryotherapy and inflammation: evidence beyond the cardinal signs. *Phys Ther Rev.* 1 dicembre 2010;15.

54. Bleakley C, McDonough S, MacAuley D. The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury: a systematic review of randomized controlled trials. *Am J Sports Med.* febbraio 2004;32(1):251–61.
55. Costello JT, Algar LA, Donnelly AE. Effects of whole-body cryotherapy (-110°C) on proprioception and indices of muscle damage. *Scand J Med Sci Sports.* aprile 2012;22(2):190–8.
56. Pointon M, Duffield R, Cannon J, Marino F. Cold application for neuromuscular recovery following intense lower-body exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1 marzo 2011;111:2977–86.
57. Ascensão A, Leite M, Rebelo AN, Magalhães S, Magalhães J. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *J Sports Sci.* febbraio 2011;29(3):217–25.
58. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Linee guida per il reporting di revisioni sistematiche e meta-analisi: il PRISMA Statement. *OPEN ACCESS.* 2015;7(6):8.
59. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ.* 28 agosto 2019;366:l4898.
60. Nardi MD, Torre AL, Barassi A, Ricci C. Effects of cold-water immersion and contrast-water therapy after training in young soccer players. *J SPORTS MED PHYS Fit.* 2011;(December).
61. Krueger M, Costello JT, Stenzel M, Mester J, Wahl P. The physiological effects of daily cold-water immersion on 5-day tournament performance in international standard youth field-hockey players. *Eur J Appl Physiol.* gennaio 2020;120(1):295–305.
62. Micheletti JK, Vanderlei FM, Machado AF, de Almeida AC, Nakamura FY, Netto Junior J, et al. A New Mathematical Approach to Explore the Post-exercise Recovery Process and Its Applicability in a Cold Water Immersion Protocol. *J Strength Cond Res.* maggio 2019;33(5):1266–75.
63. de Freitas VH, Ramos SP, Bara-Filho MG, Freitas DGS, Coimbra DR, Cecchini R, et al. Effect of Cold Water Immersion Performed on Successive Days on Physical Performance, Muscle Damage, and Inflammatory, Hormonal, and Oxidative Stress Markers in Volleyball Players. *J Strength Cond Res.* febbraio 2019;33(2):502–13.
64. Pournot H, Bieuzen F, Duffield R, Lepretre PM, Cozzolino C, Hausswirth C. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol.* luglio 2011;111(7):1287–95.
65. Tavares F, Beaven M, Teles J, Baker D, Healey P, Smith TB, et al. Effects of Chronic Cold-Water Immersion in Elite Rugby Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 1 febbraio 2019;14(2):156–62.
66. Broatch JR, Petersen A, Bishop DJ. Cold-water immersion following sprint interval training does not alter endurance signaling pathways or training adaptations in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 1 ottobre 2017;313(4):R372–84.
67. Higgins TR, Heazlewood IT, Climstein M. A random control trial of contrast baths and ice baths for recovery during competition in U/20 rugby union. *J Strength Cond Res.* aprile 2011;25(4):1046–51.
68. Higgins TR, Climstein M, Cameron M. Evaluation of hydrotherapy, using passive tests and power tests, for recovery across a cyclic week of competitive rugby union. *J Strength Cond Res.* aprile 2013;27(4):954–65.

69. Jajtner AR, Hoffman JR, Gonzalez AM, Worts PR, Fragala MS, Stout JR. Comparison of the effects of electrical stimulation and cold-water immersion on muscle soreness after resistance exercise. *J Sport Rehabil.* maggio 2015;24(2):99–108.
70. Rupp KA, Selkow NM, Parente WR, Ingersoll CD, Weltman AL, Saliba SA. The effect of cold water immersion on 48-hour performance testing in collegiate soccer players. *J Strength Cond Res.* agosto 2012;26(8):2043–50.
71. Wilson LJ, Cockburn E, Paice K, Sinclair S, Faki T, Hills FA, et al. Recovery following a marathon: a comparison of cold water immersion, whole body cryotherapy and a placebo control. *Eur J Appl Physiol.* gennaio 2018;118(1):153–63.
72. Crystal NJ, Townson DH, Cook SB, LaRoche DP. Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol.* ottobre 2013;113(10):2577–86.
73. Kwiecien SY, McHugh MP, Hicks KM, Keane KM, Howatson G. Prolonging the duration of cooling does not enhance recovery following a marathon. *Scand J Med Sci Sports.* gennaio 2021;31(1):21–9.
74. Dantas G, Barros A, Silva B, Belém L, Ferreira V, Fonseca A, et al. Cold-Water Immersion Does Not Accelerate Performance Recovery After 10-km Street Run: Randomized Controlled Clinical Trial. *Res Q Exerc Sport.* giugno 2020;91(2):228–38.
75. Chow GCC, Yam TTT, Chung JWY, Fong SSM. Effects of postexercise ice-water and room-temperature water immersion on the sensory organization of balance control and lower limb proprioception in amateur rugby players: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* febbraio 2017;96(7):e6146.
76. Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Phys Ther.* aprile 2010;90(4):581–91.
77. White GE, Wells GD. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. *Extreme Physiol Med.* 1 settembre 2013;2(1):26.
78. Dubois B, Esculier JF. Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. *Br J Sports Med.* gennaio 2020;54(2):72–3.
79. Leeder J, Gissane C, van Someren K, Gregson W, Howatson G. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *Br J Sports Med.* marzo 2012;46(4):233–40.
80. Poppendieck W, Faude O, Wegmann M, Meyer T. Cooling and performance recovery of trained athletes: a meta-analytical review. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;
81. Hopkins WG, Hawley JA, Burke LM. Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Med Sci Sports Exerc.* marzo 1999;31(3):472–85.
82. Wegmann M, Faude O, Poppendieck W, Hecksteden A, Fröhlich M, Meyer T. Pre-cooling and sports performance: a meta-analytical review. *Sports Med Auckl NZ.* 1 luglio 2012;42(7):545–64.
83. Hohenauer E, Taeymans J, Baeyens JP, Clarys P, Clijsen R. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE.* 28 settembre 2015;10(9):e0139028.
84. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med Auckl NZ.* 2002;32(2):95–102.

85. Bleakley C, McDonough S, Gardner E, Baxter GD, Hopkins JT, Davison GW. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev.* 15 febbraio 2012;(2):CD008262.
86. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2018;9:403.
87. Corbett A, Husebo B, Malcangio M, Staniland A, Cohen-Mansfield J, Aarsland D, et al. Assessment and treatment of pain in people with dementia. *Nat Rev Neurol.* 10 aprile 2012;8(5):264–74.
88. Sellwood KL, Brukner P, Williams D, Nicol A, Hinman R. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* giugno 2007;41(6):392–7.
89. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of cold water immersion on repeat cycling performance and thermoregulation in the heat. *J Sports Sci.* marzo 2008;26(5):431–40.
90. Versey N, Halson S, Dawson B. Effect of contrast water therapy duration on recovery of cycling performance: a dose–response study. *Eur J Appl Physiol.* 1 gennaio 2011;111(1):37–46.
91. Hirsch MS, Liebert RM. The physical and psychological experience of pain: the effects of labeling and cold pressor temperature on three pain measures in college women. *Pain.* 1 luglio 1998;77(1):41–8.
92. Arntz A, Claassens L. The meaning of pain influences its experienced intensity. *Pain.* maggio 2004;109(1–2):20–5.
93. Machado AF, Almeida AC, Micheletti JK, Vanderlei FM, Tribst MF, Netto Junior J, et al. Dosages of cold-water immersion post exercise on functional and clinical responses: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* novembre 2017;27(11):1356–63.
94. Vieira A, Siqueira AF, Ferreira-Junior JB, Carmo J do, Durigan JLQ, Blazeovich A, et al. The Effect of Water Temperature during Cold-Water Immersion on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage. *Int J Sports Med.* novembre 2016;37(12):937–43.
95. Peiffer JJ, Abbiss CR, Nosaka K, Peake JM, Laursen PB. Effect of cold water immersion after exercise in the heat on muscle function, body temperatures, and vessel diameter. *J Sci Med Sport.* 1 gennaio 2009;12(1):91–6.
96. Machado AF, Ferreira PH, Micheletti JK, de Almeida AC, Lemes ÍR, Vanderlei FM, et al. Can Water Temperature and Immersion Time Influence the Effect of Cold Water Immersion on Muscle Soreness? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ.* aprile 2016;46(4):503–14.
97. Beedie C, Foad A. The Placebo Effect in Sports Performance. *Sports Med.* 2009;
98. Beedie CJ. Placebo Effects in Competitive Sport: Qualitative Data. *J Sports Sci Med.* 1 marzo 2007;6(1):21–8.