



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. 2022/2023

Campus Universitario di Savona

Strategie di trattamento della Sport Related Concussion

Candidata:

Dott.ssa Barranca Roberta

Relatore:

Dott. OMPT Simone De Luca

INDICE

ABSTRACT	4
INTRODUZIONE	6
<i>DEFINIZIONE E MECCANISMO LESIONALE.....</i>	<i>6</i>
<i>EPIDEMIOLOGIA.....</i>	<i>7</i>
<i>SEGNI E SINTOMI</i>	<i>8</i>
<i>OBIETTIVO DELLA REVISIONE</i>	<i>10</i>
MATERIALI E METODI	11
<i>PREMESSA.....</i>	<i>11</i>
<i>QUESITO CLINICO.....</i>	<i>11</i>
<i>CRITERI DI ELEGGIBILITÀ.....</i>	<i>11</i>
<i>STRATEGIA DI RICERCA</i>	<i>12</i>
<i>SELEZIONE DEGLI STUDI.....</i>	<i>13</i>
<i>VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ METODOLOGICA E RISCHIO DI BIAS.....</i>	<i>13</i>
RISULTATI.....	14
<i>SELEZIONE DEGLI STUDI.....</i>	<i>14</i>
<i>CARATTERISTICHE DEGLI STUDI.....</i>	<i>16</i>
<i>ANALISI DEL RISCHIO DI BIAS NEGLI STUDI INCLUSI.....</i>	<i>19</i>
DISCUSSIONE.....	22
<i>TIPOLOGIA DI TRATTAMENTO.....</i>	<i>22</i>
<i>TIPOLOGIA DI ESERCIZIO.....</i>	<i>24</i>
<i>POSOLOGIA DI TRATTAMENTO</i>	<i>24</i>
<i>LIMITI E PUNTI DI FORZA DELLA REVISIONE.....</i>	<i>25</i>
<i>SUGGERIMENTI PER LA RICERCA FUTURA.....</i>	<i>26</i>
CONCLUSIONI.....	27
APPENDICE.....	28
BIBLIOGRAFIA	33

ABSTRACT

Background e obiettivi

La sport-related concussion (SRC) è una sindrome causata da eventi traumatici alla testa, specialmente negli sport di contatto. Si caratterizza clinicamente per un insieme eterogeneo di segni e sintomi fisici, cognitivi, emotivo-comportamentali, vestibolari-oculomotori e disturbi del sonno. In questa revisione narrativa vengono indagati i trattamenti più adeguati durante la fase acuta (24-48 ore) e post-acuta (dopo le 48 ore) in una SRC. L'obiettivo principale di questo studio è approfondire vari approcci nella somministrazione dell'esercizio, valutare differenti modalità e livelli di intensità delle attività proposte, mettendoli in relazione con trattamenti abituali e/o semplici raccomandazioni.

Materiali e metodi

La revisione è stata condotta seguendo il modello del PRISMA statement e la metodologia di analisi dei dati e i criteri di inclusione ed esclusione sono stati predefiniti e documentati nel protocollo in accordo con le linee guida PRISMA-P. Sono stati consultati i motori di ricerca Medline e Cochrane. La qualità degli studi inclusi nella revisione è stata analizzata utilizzando il "Joanna Briggs Critical Appraisal for RCT", ed l'"Amstar 2 for Systematic Reviews".

Risultati

Dalle stringhe di ricerca sono stati identificati 601 record e al termine della selezione solo dieci studi (6 RCT e 4 revisioni sistematiche) sono stati inclusi nella revisione. Dai risultati ottenuti emerge come nella fase acuta di una SRC (prime 24-48 ore post-trauma), il riposo sia la miglior strategia da utilizzare, mentre durante la fase post-acuta, siano efficaci diverse modalità di attività aerobica a livelli di intensità leggera e moderata, con la specifica raccomandazione di rimanere al di sotto della soglia sintomatica per evitare l'esacerbazione dei sintomi e la provocazione di eventi avversi.

Discussioni

In questa revisione sono state analizzate diverse tipologie di attività aerobica (cyclette, tapis roulant, jogging) spesso inserite all'interno di un trattamento multimodale. Il livello di intensità degli interventi variava da basso a moderato e la

progressione nella posologia si è basata specificatamente sulla sintomatologia di ogni singolo paziente. Tutte le tipologie di esercizio proposte si sono dimostrate non dannose e sono risultate efficaci sia in termini di riduzione dei tempi di recupero che di risoluzione dei sintomi.

Conclusioni

I fisioterapisti dovrebbero prendere in considerazione il riposo come più adeguato trattamento nei primi giorni dall'evento traumatico, seguito dalla prescrizione di programmi di esercizio individualizzati, strettamente monitorati, e con gradi di intensità progressive durante la fase post-acuta. Permane la necessità per la ricerca futura di approfondire e determinare in maniera più specifica sia modalità ed intensità di somministrazione dell'esercizio nei pazienti che hanno subito una SRC.

INTRODUZIONE

DEFINIZIONE E MECCANISMO LESIONALE

La sport-related concussion (SRC) è una sindrome che si caratterizza clinicamente per un insieme eterogeneo di segni e sintomi fisici, cognitivi ed emotivo-comportamentali che insorgono a seguito di eventi traumatici alla testa, specialmente negli sport di contatto. Spesso viene definita come l'insieme dei sintomi immediati e transitori di una lesione cerebrale traumatica lieve (mild traumatic brain injury - mTBI), infatti le due definizioni vengono utilizzate in modo intercambiabile. A causa della mancanza di dati in letteratura e della confusione sulla terminologia, sembra non essere chiaro se la commozione cerebrale faccia parte dello spettro delle TBI o se rappresenti il risultato di cambiamenti fisiologici reversibili. Pertanto, è necessario marcare il confine. Il TBI è un trauma, penetrante o meno, che altera la normale funzione cerebrale (1). La severità viene stratificata attraverso la Glasgow Coma Scale (GCS) in "lieve" (GCS 13-15, lieve alterazione dello stato di coscienza), "moderata" (GCS 9-12) e "severa" (GCS 3-8, prolungata perdita dello stato di coscienza o amnesia post-traumatica). Sia la commozione cerebrale che il mTBI presentano alla GCS un punteggio di 13-15, la differenza risiede nel fatto che nel primo caso l'imaging risulta negativo e nel secondo positivo (2).

Gli esperti del "Concussion in Sport Group" (CISG) hanno cercato di fare chiarezza, fornendo una definizione coerente e individuando le caratteristiche peculiari della SRC:

"La SRC è una lesione cerebrale traumatica dovuta a forze biomeccaniche. Le caratteristiche che possono aiutare a definirla clinicamente sono le seguenti (2):

- *può essere causata da un colpo alla testa, al viso, al collo o a qualunque altra parte del corpo che esiti in una forza trasmessa alla testa*
- *tipicamente consiste in una rapida insorgenza di deficit neurologici di breve durata che si risolvono spontaneamente. Tuttavia, in alcuni casi, segni e sintomi possono permanere per minuti o ore*
- *può provocare modifiche neuropatologiche, ma i segni e sintomi acuti riflettono un disturbo funzionale piuttosto che un danno strutturale e, in quanto tale, non si evidenziano anomalie alle neuroimmagini*

- *i segni e sintomi possono o meno determinare una perdita di coscienza, la cui risoluzione è solitamente spontanea”*

EPIDEMIOLOGIA

I centri per la prevenzione e il controllo delle malattie (CDC) stimano che ogni anno si verifichino da 1.6 a 3.8 milioni di SRC. L'ampia variabilità di questi dati è dovuta all'utilizzo di differenti definizioni in ricerca, alla mancanza di un sistema univoco di sorveglianza sui traumi sportivi e alle diverse tipologie di accesso al sistema sanitario che non consentono una raccolta omogenea dei dati epidemiologici (3). Inoltre, tali valori risultano ampiamente sottostimati, in quanto molte persone che subiscono una commozione cerebrale non si sottopongono ad alcun tipo di controllo medico (4,5): due studi stimano che il 45%-65% della popolazione pediatrica (6) e il 42% della popolazione adulta (7) non si rivolgono ad alcun professionista. Tra i motivi che spingono gli atleti, specialmente maschi (8), a nascondere l'infortunio vi sono il desiderio di continuare a giocare e la paura di affrontare gli allenatori (9). Ad esempio, uno studio condotto su atleti di una scuola superiore ha evidenziato che il 40%-45% di loro non ha riferito di aver subito una SRC (10) e da un altro studio su un gruppo di giovani giocatori di rugby è addirittura emersa una percentuale dell'80% (11).

La fascia di età maggiormente colpita è quella tra gli 8 e i 18 anni, popolazione in cui ogni anno si registrano da 1.1 a 1.9 milioni di SRC. Ricerche recenti hanno dimostrato che i tassi di incidenza sono più alti nei bambini tra gli 8 e i 12 anni rispetto agli adolescenti tra i 13 e i 18 anni (12). La popolazione giovanile potrebbe essere maggiormente affetta a causa di una ridotta forza dei muscoli del collo, che non permetterebbe un'adeguata attenuazione delle forze trasmesse al capo (13) e a causa di una mielinizzazione ancora in fase di maturazione che predisporrebbe maggiormente ad un danno assonale (14).

Diversi studi hanno inoltre dimostrato un incremento dell'incidenza negli ultimi decenni (15). Questo aumento potrebbe essere dovuto ad una maggiore educazione e sensibilizzazione da parte dei medici, degli allenatori e della scuola pubblica, che ha incrementato la consapevolezza della popolazione, e all'aumentato utilizzo dei media, determinando una crescita delle segnalazioni e quindi delle diagnosi. Un altro fattore di aumentata incidenza potrebbe risiedere

nella maggior opportunità di partecipazione allo sport, con conseguente maggior esposizione al rischio di infortunio, oppure lo sviluppo della corporatura, della forza e della velocità dei giovani atleti negli anni (16,17). Nonostante ciò, spesso la SRC viene misconosciuta e nei casi in cui viene diagnosticata spesso non viene gestita adeguatamente, mettendo così a rischio lo stato di salute dell'atleta e incrementando il rischio di recidive.

Dai risultati di una revisione emerge che il sesso femminile ha un tasso di rischio più alto (18), ma la ragione ancora non è chiara. Secondo alcuni ciò sarebbe dovuto ad una maggior debolezza della muscolatura cervicale o ad un'azione degli estrogeni (19). Le atlete hanno anche maggior probabilità di riferire un aumento dei sintomi (20) e della durata di questi (21) post-commozione cerebrale.

È stato inoltre dimostrato che presentano più sintomi cognitivi, emotivi, disturbi del sonno e punteggi di memoria verbale peggiori rispetto agli uomini (22). Studi condotti sulla popolazione pediatrica e adolescenziale americana hanno evidenziato che nel sesso maschile gli sport con il più elevato tasso di rischio di SRC sono il football americano, il lacrosse, l'hockey su ghiaccio e il wrestling, mentre nel sesso femminile sono il calcio, il lacrosse, l'hockey su erba e il basket (23). In entrambi i casi l'incidenza di una SRC aumenta durante le competizioni rispetto agli allenamenti (24): negli atleti maschi il rischio è 7 volte maggiore nel lacrosse e nel calcio, 3 volte maggiore nel football americano ed il doppio nel wrestling; nelle atlete femmine è 5 volte maggiore nel lacrosse, nel calcio e nel basket (25).

SEGNI E SINTOMI

I segni e i sintomi della SRC possono essere classificati in 5 categorie:

CATEGORIA	SINTOMI
Somatici	Mal di testa Nausea e/o vomito Dolore cervicale Fotosensibilità

	Fonosensibilità
Vestibolari-oculomotori	Problemi dell'udito e/o tinniti Deficit di equilibrio Vertigini
Cognitivi	Confusione Sentirsi la mente annebbiata Difficoltà a concentrarsi Deficit di memoria Tempi di reazione rallentati Ripetizione delle domande Perdita di coscienza
Emozionali	Irritabilità Labilità emotiva Tristezza Ansia
Sonno	Sonnolenza e/o faticabilità Sentirsi rallentati Difficoltà ad addormentarsi Dormire troppo Dormire troppo poco

Il mal di testa (86%-96%) è il sintomo più frequentemente riportato, seguito da vertigini (65%-75%), difficoltà a concentrarsi (48%-61%) e confusione (40%-46%) (26,27).

La perdita di coscienza non è un requisito necessario per la diagnosi di SRC ed è riportata in meno del 5% dei casi. Recenti studi hanno mostrato numerosi deficit vestibolari e oculomotori, come disturbi dell'accomodazione, deficit di convergenza e disfunzioni dei movimenti saccadici (28).

Saper individuare e riconoscere questa sintomatologia è importante non tanto per fare diagnosi, in quanto segni e sintomi non risultano patognomonici per la SRC, ma perché questi possono mimare problematiche preesistenti dell'atleta, come emicrania e/o altri tipi di mal di testa, disturbi dell'apprendimento, disturbo da deficit dell'attenzione e iperattività (ADHD) e patologie psichiatriche (come depressione e ansia). La commozione cerebrale può temporaneamente peggiorare la manifestazione clinica di questi disturbi, i quali, a loro volta, possono prolungare i tempi di recupero post-SRC.

I fattori prognostici negativi legati all'insuccesso o al rallentamento del trattamento riabilitativo, sono molteplici: in uno studio di Zemek et al. (29) svolto su 2584 pazienti pediatrici, la presenza di emicrania in anamnesi prolunga il tempo di recupero oltre i 28 giorni; dalla revisione di Iverson et al. (30) emerge che soggetti con disturbi psichiatrici, in particolare la depressione, tendano ad avere tempi di recupero più lunghi. Tali risultati suggeriscono che un trattamento precoce e mirato alla risoluzione di questi fattori, potrebbe accelerare il recupero da una SRC.

Questa varietà di sintomi rende la SRC una realtà clinica complessa che richiede una gestione adeguata e specifica da parte del team riabilitativo.

OBIETTIVO DELLA REVISIONE

Viste l'elevata incidenza, la mancanza di concordanza in letteratura e la poca consapevolezza diffusa sia nell'ambito sanitario che nella popolazione generale, relative alla definizione di SRC, lo scopo di questa revisione è quello di individuare gli strumenti disponibili ad oggi per una valutazione accurata e completa della SRC, che permetta di escludere patologie di competenza non fisioterapica e di indirizzare il paziente verso i professionisti e le indagini diagnostiche più adeguati. Un ulteriore obiettivo è quello di indagare quali sono le strategie di trattamento più efficaci da un punto di vista fisioterapico e non, nell'ottica di un approccio multimodale e multiprofessionale.

MATERIALI E METODI

PREMESSA

Nonostante il disegno di studio scelto sia una revisione narrativa, la stesura dell'elaborato è avvenuta secondo le linee guida PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) (31), al fine di adottare una corretta metodologia e minimizzare il rischio di bias.

La metodologia di analisi dei dati e criteri di inclusione ed esclusione sono stati predefiniti e documentati nel protocollo in accordo con le linee guida PRISMA-P (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis Protocols) (32).

QUESITO CLINICO

Lo scopo di questa revisione è indagare lo stato della letteratura attuale riguardante la sport-related concussion, approfondendo gli ambiti di epidemiologia, strategie di valutazione e proposte terapeutiche.

Per identificare le parole chiave ed impostare una stringa di ricerca è stato utilizzato il modello di ricerca PICO, modificato in PO:

- P (Population): sport-related concussion
- O (Outcome): trattamento

CRITERI DI ELEGGIBILITÀ

Criteria di inclusione

- Studi i cui partecipanti hanno subito una recente sport-related concussion o che hanno una storia anamnestica di sport-related concussion
- Studi in cui è specificata l'esposizione ad attività sportiva
- Studi per i quali sia reperibile il full text
- Studi scritti in lingua inglese o italiana
- Studi con popolazione umana

Criteria di esclusione

- Studi in cui l'evento traumatico non sia legato all'attività sportiva

- Studi i cui partecipanti sono incorsi in un evento traumatico sportivo in cui non si sospetta un coinvolgimento del capo
- Studi qualitativi

Non sono state imposte restrizioni per quanto riguarda la data di pubblicazione e l'età dei partecipanti.

STRATEGIA DI RICERCA

È stata condotta una ricerca bibliografica nel periodo compreso tra Febbraio e Aprile 2023 utilizzando le banche dati online di Medline (Pubmed) e Cochrane Library.

Per sviluppare le stringhe di ricerca sono stati combinati termini liberi e MeSH Terms utilizzando gli operatori booleani AND e OR, adattando le strategie di ricerca alle specifiche dei singoli database.

Tabella 1. Stringhe di ricerca

Medline
(("sport-related concussion") OR ("sport-related concussions")) AND (((((((((((((therapeutic) OR (therapeutics[MeSH Terms])) OR (therapeutics)) OR (therapy)) OR (therapies)) OR (treatment)) OR (treatments)) OR (rehabilitation)) OR (rehabilitation[MeSH Terms])) OR ("physical therapy")) OR ("physical therapies")) OR ("physical therapy modalities")) OR ("physical therapy modalities"[MeSH Terms])) OR (physioterapy)))
Cochrane
#1 ("sport-related concussion" OR "sport-related concussions"):ti,ab,kw (Word variations have been searched)
#2 MeSH descriptor: [Therapeutics] explode all trees
#3 MeSH descriptor: [Rehabilitation] explode all trees
#4 MeSH descriptor: [Physical Therapy Modalities] explode all trees
#5 (therapeutic OR therapeutics OR therapy OR therapies OR treatment OR treatments OR rehabilitation OR "physical therapy" OR "physical therapies" OR

"physical therapy modalities" OR physiotherapy):ti,ab,kw (Word variations have been searched)

#6 #2 OR #3 OR #4 OR #5

#7 #1 AND #6

SELEZIONE DEGLI STUDI

La selezione degli studi è stata condotta interamente dall'autore della revisione (RB) e in caso di dubbio è stato consultato il relatore della tesi (SDL).

Dopo aver prodotto le stringhe di ricerca, tramite il software "Zotero" (<https://www.zotero.org/>) sono stati inizialmente eliminati i duplicati. Successivamente, attraverso la lettura di titolo e abstract, è stato effettuato uno screening preliminare, escludendo gli studi non conformi ai criteri di inclusione; dopodiché si è proseguito con l'analisi dei full-text.

VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ METODOLOGICA E RISCHIO DI BIAS

La valutazione del Risk of Bias (RoB) è stata condotta dall'autore in modo indipendente avvalendosi di strumenti differenti in base al disegno di studio: per gli RCT è stata utilizzata il "Joanna Briggs Critical Appraisal for RCT, mentre per le revisioni sistematiche la scala "Amstar 2 for Systematic Reviews".

Il JBI (*vedi Appendice 1*) è uno strumento composto da diverse checklist, ognuna specifica per il tipo di studio da analizzare, in questo caso verrà utilizzata quella per gli studi randomizzati controllati. La checklist si articola in 13 items che indagano il rispetto della cecità sia dei partecipanti che dei ricercatori impegnati nella raccolta dati, nell'erogazione dei trattamenti e nell'analisi dei risultati. Inoltre, vengono valutate la randomizzazione del processo di assegnazione dei partecipanti ai gruppi di trattamento, le differenze tra i gruppi durante i vari follow-up e l'affidabilità delle misure di outcome utilizzate. Infine, il JBI approfondisce l'appropriatezza dell'analisi statistica effettuata prendendo in considerazione eventuali deviazioni dal disegno di studio standard.

L'Amstar 2 (*vedi Appendice 2*) è uno strumento di valutazione critica per revisioni sistematiche di studi randomizzati e/o non randomizzati. È composto da 16 items

che indagano i criteri di inclusione ed esclusione, l'elenco degli studi esclusi ed l'adeguata descrizione di quelli inclusi, l'analisi statistica e gli strumenti utilizzati per valutare la qualità metodologica degli studi oggetto di revisione. Inoltre, viene valutata la potenziale presenza di conflitti d'interesse, inclusi eventuali finanziamenti ricevuti per condurre la revisione. Questa scala valuta che la metodologia della revisione sia ben definita e descritta a priori, cioè prima della conduzione della revisione stessa, che la strategia di ricerca bibliografica utilizzata dagli autori sia completa e che la selezione degli studi sia stata eseguita in parallelo da due o più revisori in cieco.

Entrambi gli strumenti di critical appraisal non hanno l'obiettivo di generare un punteggio numerico complessivo, ma di evidenziare eventuali lacune o potenziali rischi di bias per domini specifici, che possono influenzare la qualità metodologica di uno studio e di conseguenza inficiarne la validità.

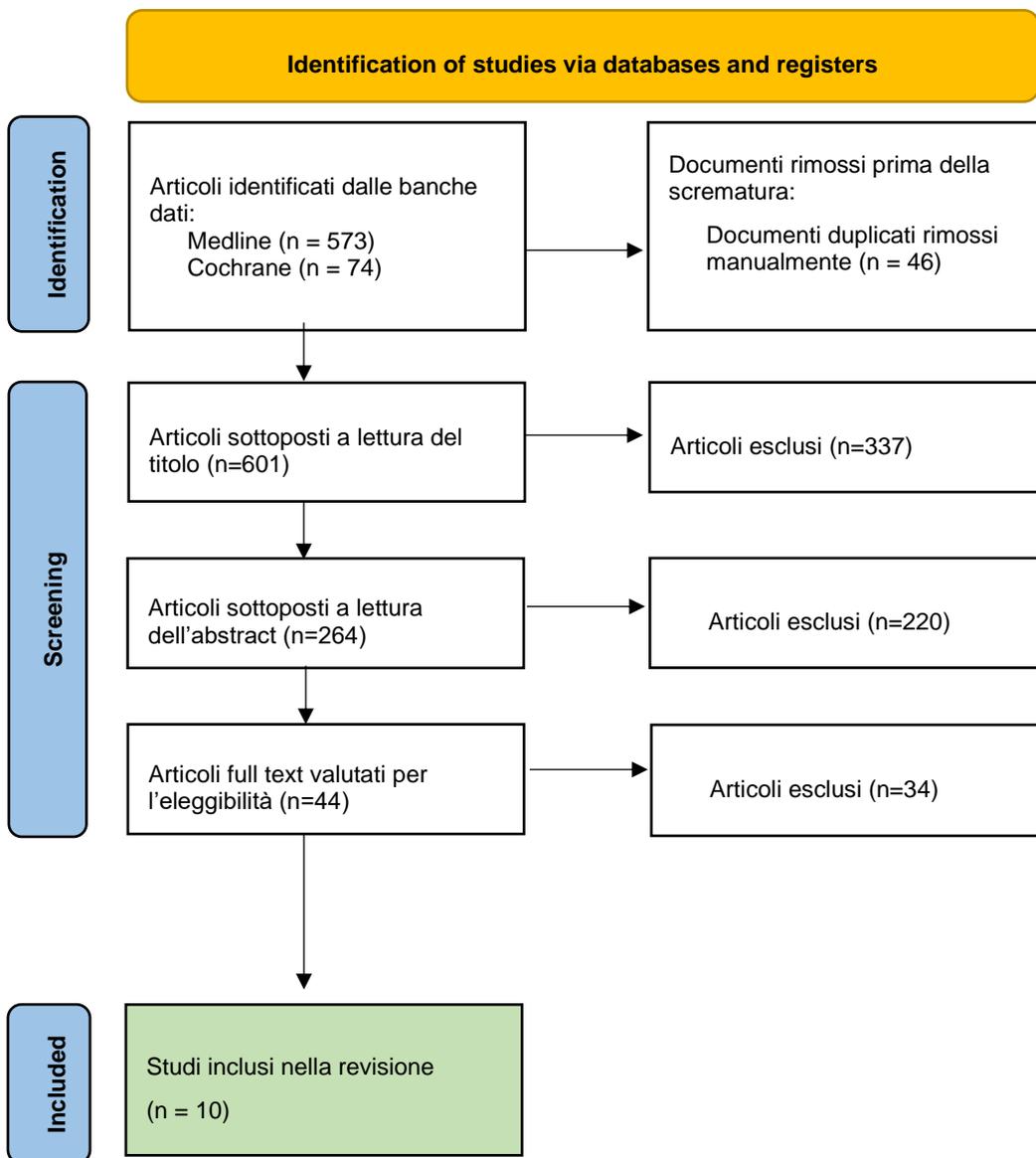
RISULTATI

SELEZIONE DEGLI STUDI

La ricerca ha prodotto 573 risultati su Medline e 74 risultati su Cochrane, per un totale di 647 articoli.

Dopo aver rimosso i duplicati (n=46) i rimanenti 601 articoli sono stati sottoposti a screening, conformemente ai criteri di eleggibilità riportati nel paragrafo "Materiali e metodi", secondo il seguente procedimento: 337 sono stati esclusi in seguito alla lettura del solo titolo, dei rimanenti 264 sono stati eliminati 220 studi in seguito alla lettura dell'abstract. Successivamente l'analisi dei full text dei 44 articoli rimasti ha portato all'esclusione di ulteriori 34 studi, pertanto, al termine del processo di selezione sono stati inclusi nella revisione 10 articoli (*Fig. 1*).

Figura 1. Diagramma di flusso PRISMA 2020



CARATTERISTICHE DEGLI STUDI

Tabella 2. Sintesi degli RCT inclusi nella revisione

Autore, anno	Disegno di studio	Obiettivo	Partecipanti	Tipologia di trattamento	Risultati
Chan et al., 2018	RCT	Valutare la sicurezza della riabilitazione attiva post SRC, rispetto al trattamento clinico usuale (TAU), che comprende l' educazione sulla gestione dei sintomi e una consulenza fisiatrica per la prescrizione di farmaci. Analizzare ulteriormente eventuali eventi avversi acuti e subacuti	19 partecipanti con SRC (età 12-18) a 4 settimane post SRC	<ul style="list-style-type: none"> • TAU • TAU + riabilitazione attiva 	Nessun evento avverso ha mostrato una relazione di causalità con l' intervento, dimostrando la sicurezza della riabilitazione attiva come trattamento post SRC
Hutchison et al., 2022	RCT	Esaminare l' effetto di un intervento basato sull' esercizio aerobico strutturato e facilmente applicabile, rispetto alle istruzioni, alle prescrizioni ed alle raccomandazioni fornite loro dal medico di medicina dello sport.	38 atleti con SRC (età 16-22)	<ul style="list-style-type: none"> • Esercizio aerobico • Raccomandazioni del medico di base 	L' esercizio aerobico personalizzato, si imposta sulla percentuale di frequenza cardiaca massima, è sicuro ed efficace nel velocizzare la risoluzione dei sintomi e riduce il tempo di ritorno alle attività interrotte
Leddy et al., 2019	RCT	Confronto tra l' efficacia dell' esercizio aerobico individualizzato con soglia sotto sintomatica (80% della frequenza cardiaca raggiunta all' esacerbazione dei sintomi alla prima visita), rispetto ad un programma di stretching simile a placebo	103 partecipanti con SRC (età 13-18)	<ul style="list-style-type: none"> • Esercizio aerobico individualizzato • Stretching 	Proporre un trattamento individualizzato in un gruppo di adolescenti post SRC, ha accelerato il recupero (media di 13 giorni del gruppo sperimentale rispetto ai 17 giorni del gruppo di controllo) e ridotto l' incidenza di una ripresa tardiva. I partecipanti sono stati sottoposti ad esercizio aerobico con soglia sotto sintomatica

Autore, anno	Disegno di studio	Obiettivo	Partecipanti	Tipologia di trattamento	Risultati
Micay et al., 2018	RCT	Valutare l' efficacia di un intervento di esercizio aerobico standardizzato in fase post-acuta (dopo 24-48h dall' evento traumatico) in un campione di studenti adolescenti con SRC confrontandolo con la gestione standard (cure abituali)	15 adolescenti con SRC (età 14-18)	<ul style="list-style-type: none"> Esercizio aerobico standardizzato Cure abituali 	L' esercizio aerobico strutturato ed iniziato entro la prima settimana dall' evento traumatico è sicuro da somministrare ed efficace nel ridurre la gravità dei sintomi nelle prime 4 settimane dopo il trauma concussivo
Worts et al., 2022	RCT	Esaminare gli effetti acuti e sistemici (pre-, durante e post-intervento) dell'esercizio aerobico su atleti adolescenti recentemente colpiti da commozione cerebrale, confrontando alcune risposte autonome con quelle dei soggetti sani	19 partecipanti con SRC 11 partecipanti sani (età 13-18)	<ul style="list-style-type: none"> Esercizio aerobico su tapis roulant 	L' esercizio aerobico a bassa intensità (livelli minimi di sforzo) può produrre benefici terapeutici immediatamente anche dopo una singola sessione di trattamento. Gli autori raccomandano di monitorare costantemente alcune variabili come HVR, BP, RPE, PCSS, poiché oltre una certa soglia possono generare eventi avversi
Maerlender et al., 2019	RCT	Verificare l' efficacia di livelli moderati di sforzo fisico quotidiano controllato e programmato sul recupero dopo SRC, rispetto alle raccomandazioni standard del medico di medicina dello sport		<ul style="list-style-type: none"> Sforzo fisico quotidiano Raccomandazioni 	L'attività fisica moderata non ha prodotto effetti statisticamente significativi in termini di riduzione dei tempi di recupero; durante il test da sforzo, sono stati riscontrati sintomi come mal di testa, vertigini e affaticamento

Tabella 3. Sintesi delle revisioni sistematiche incluse nella revisione

Autore, anno	Disegno di studio	Obiettivo	Metodologia di ricerca	Risultati
Baker et al., 2020	Revisione sistematica	Esaminare gli studi presenti in letteratura relativi alla modalità e all' intensità dell' attività fisica raccomandata nella fase di recupero post-commozione cerebrale legata allo sport	La ricerca è stata effettuata sui database CINAHL, PubMed, SPORTDiscus e Web of Science. Tre autori in modalità indipendente hanno incluso 6 studi	L' attività fisica è raccomandata per il recupero post SRC. Varie modalità di attività a livelli di intensità leggera, moderata e alta sono efficaci e possono essere utilizzate in sicurezza durante la fase post-acuta di SRC. È importante iniziare ad un livello basso per poi progredire successivamente, evitando la comparsa o l' esacerbazione dei sintomi.
Langevin et al., 2020	Revisione sistematica	Ricerca della letteratura sugli effetti dei programmi di esercizio aerobico limitati dalla comparsa dei sintomi, rispetto agli interventi di controllo, sull'intensità dei sintomi negli individui con SRC	La ricerca è stata effettuata sui database CENTRAL, MEDLINE, EMBASE e EBM review. Tre autori in modalità indipendente hanno incluso 6 studi	I programmi di esercizio aerobico sono efficaci e sicuri quando vengono avviati dopo il periodo di riposo raccomandato (48 ore), per migliorare il recupero dei sintomi negli adolescenti che hanno sostenuto una SRC
Miutz et al., 2022	Revisione sistematica	Valutare le prove attuali relative a come l' attività fisica (PA) influisca sul recupero da una SRC negli adolescenti rispetto al riposo e/o programmi di stretching	La ricerca è stata effettuata sui database PUBMED, MEDLINE e SPORTDiscus. Due autori in modalità indipendente hanno incluso 22 studi e valutato il rischio di bias mediante la checklist Downs and Black risk of bias (ROB)	Dall' analisi degli studi emerge che, sebbene la gestione e il recupero a seguito di una commozione cerebrale siano complessi, l'impiego di attività fisica può essere una componente che facilita il recupero negli adolescenti
Schneider et al., 2022	Revisione sistematica	Ricerca della letteratura per valutare le migliori metodologie nella gestione di una SRC, dal riposo alla riabilitazione attiva.	La ricerca è stata effettuata sui database PubMed, CINAHL, PsychInfo, Cochrane Controlled Trials Registers, Health STAR, Sport Discus, EMBASE, Web of Science e ProQuest. Un autore ha incluso 14 studi	L' esercizio terapeutico a bassa intensità e la fisioterapia multimodale, si sono rivelati efficaci nella risoluzione dei sintomi post SRC (mal di testa, vertigini, nausea e dolore al collo). Non ci sono però raccomandazioni sull' intensità e le modalità di applicazione

ANALISI DEL RISCHIO DI BIAS NEGLI STUDI INCLUSI

Tabella 4. Valutazione del rischio di bias degli studi RCT inclusi tramite lo strumento “Joanna Briggs Critical Appraisal for RCT”

	Chan et al., 2018	Hutchison et al., 2022	Leddy et al., 2019	Micay et al., 2018	Worts et al., 2022	Maerlender et al., 2015
1. Was true randomization used for assignment of participants to treatment groups?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
2. Was allocation to treatment groups concealed?	Yes	No	No	Unclear	Unclear	Unclear
3. Were treatment groups similar at the baseline?	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
4. Were participants blind to treatment assignment?	Yes	Unclear	No	Unclear	Unclear	Yes
5. Were those delivering treatment blind to treatment assignment?	Yes	No	No	Unclear	Unclear	Unclear
6. Were outcomes assessors blind to treatment assignment?	Yes	No	Yes	Yes	Unclear	Unclear
7. Were treatment groups treated identically other than the intervention of interest?	Unclear	Yes	Unclear	Yes	Yes	Yes
8. Was follow up complete and if not, were differences between groups in terms of their follow up adequately described and analyzed?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
9. Were participants analyzed in the groups to which they were randomized?	Yes	Yes	Yes	Yes	Unclear	Yes
10. Were outcomes measured in the	Yes	Yes	Yes	Yes	Unclear	Unclear

same way for treatment groups?						
11. Were outcomes measured in a reliable way?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Unclear
12. Was appropriate statistical analysis used?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Unclear
13. Was the trial design appropriate, and any deviations from the standard RCT design (individual randomization, parallel groups) accounted for in the conduct and analysis of the trial?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Tabella 5. Valutazione del rischio di bias delle revisioni sistematiche incluse tramite lo strumento "Amstar 2 for systematic review"

	Baker et al., 2020	Langevin., 2020	Miutz et al., 2022	Schneider et al., 2013
1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?	Yes	Yes	Yes	No
2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?	No	No	Yes	Partial yes
3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?	Yes	Yes	Yes	Yes
4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?	Partial yes	Partial yes	Partial yes	Partial yes
5. Did the review authors perform study selection in duplicate?	Yes	Yes	Yes	No

6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?	Partial yes	Yes	Yes	No
7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?	No	No	No	No
8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?	Yes	Partial yes	Partial yes	Yes
9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?	Yes	Yes	Yes	No
10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?	No	No	No	No
11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?	No metanalisi	Yes	No metanalisi	No metanalisi
12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?	No metanalisi	Yes	No metanalisi	No metanalisi
13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?	Yes	Yes	Yes	No
14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?	No	Yes	Yes	No
15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely	Yes	No	Yes	No

impact on the results of the review?				
16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?	No	No	No	No

La qualità metodologica di ciascun RCT è stata valutata tramite il JBI (*Tab. 4*). La maggior parte degli studi ha riportato un basso rischio di bias (4 studi su 6) (33–36). In particolare, studi di Worts et al., (37) e di Maerlender et al., (38) sono risultati poco chiari nella spiegazione della misurazione dei risultati e dell'analisi statistica. Tutti i trial hanno presentato un maggiore rischio di bias nel processo di randomizzazione e nell'assegnazione del trattamento in cieco sia dei partecipanti, sia di coloro che erogavano il trattamento.

Le 4 revisioni sistematiche sono state esaminate utilizzando l'Amstar 2 (*Tab. 5*). La qualità metodologica degli studi inseriti è stata giudicata moderata per quanto riguarda gli studi (39–41) e bassa per lo studio (42). Per tutti e 4 gli studi le maggiori criticità hanno riguardato una strategia di ricerca bibliografica incompleta, una mancata formulazione dei criteri di esclusione e di un elenco degli studi esclusi, nonché l'assenza di riferimenti ad eventuali fonti di finanziamento.

DISCUSSIONE

L'obiettivo di questa revisione è quello di fornire lo stato dell'arte della letteratura rispetto alla gestione e al trattamento della commozione cerebrale correlata allo sport.

TIPOLOGIA DI TRATTAMENTO

La ricerca degli studi ha mostrato che i protocolli per la gestione di una SRC stanno cambiando ed i diversi autori hanno analizzato delle modalità di intervento molto eterogenee. Schneider et al. (42) hanno riconosciuto come un breve periodo di riposo cognitivo e fisico (nelle 24-48 ore successive all'evento traumatico) sia appropriato per la maggior parte dei pazienti, seguito da un periodo post-acuto (dopo le 48 ore fino alla scomparsa dei sintomi) in cui i pazienti dovrebbero essere

incoraggiati a impegnarsi in un'attività fisica graduale e progressiva. Nello studio di Chan et al., (33) è stato somministrato un trattamento clinico usuale (TAU), che comprendeva una sessione educativa sulla gestione dei sintomi e sul ritorno al gioco, una consulenza scolastica per il ritorno a scuola, ed una fisiatrica che includeva la prescrizione di farmaci. Questo è stato confrontato con lo stesso trattamento TAU associato però ad un programma di riabilitazione attiva (allenamento aerobico sub-massimale, coordinazione leggera ed esercizi sport-specifici, tecniche facilitatorie di motor imagery ed esercizi domiciliari). Sia lo studio di Hutchison et al., (34) sia quello di Micay et al., (36) hanno esaminato l'effetto di un intervento basato sull'esercizio aerobico facilmente accessibile e strutturato, rispetto alla normale prescrizione di esercizi di cura che consisteva nelle istruzioni, prescrizioni e raccomandazioni fornite dal medico di medicina dello sport. Leddy et al., (35) confronta nuovamente l'esercizio aerobico individualizzato con soglia sottosintomatica, rispetto ad un programma di stretching simile al placebo, mentre lo scopo dello studio di Maerlender et al., (38) è quello di documentare l'efficacia di livelli moderati di sforzo fisico quotidiano controllato e programmato, rispetto alle raccomandazioni standard date dal medico, nel recupero dopo una SRC.

In ognuno degli studi sopracitati, i risultati hanno mostrato come la riabilitazione attiva, che incorpora l'allenamento aerobico, sia più efficace in pazienti altamente sintomatici, sin dalla fase acuta. I partecipanti hanno mostrato un tempo più rapido nel raggiungimento dello stato asintomatico ed anche il tempo di autorizzazione medica per il return to play era ridotto. Dunque, l'esercizio aerobico strutturato ed iniziato entro la prima settimana dalla commozione cerebrale è efficace e sicuro da somministrare, infatti non sono stati riscontrati peggioramenti né durante, né dopo ogni singola sessione di esercizio e tutti i partecipanti sono stati in grado di completare i diversi protocolli d'intervento. La somministrazione di un intervento di esercizio aerobico sembra essere associata a una riduzione dei punteggi di gravità dei sintomi nelle prime 4 settimane dopo l'infortunio ed inoltre, gli studi analizzati suggeriscono che anche livelli minimi di sforzo possano fornire benefici terapeutici immediatamente dopo una singola sessione di esercizio aerobico in studenti-atleti adolescenti che hanno subito una recente commozione cerebrale.

TIPOLOGIA DI ESERCIZIO

I 6 RCT analizzati hanno utilizzato differenti tipologie di attività aerobica: gli studi di Micay et al. (36) e Maerlender et al. (38) hanno ottenuto risultati a supporto dell'utilizzo della cyclette nel periodo post-acute, mentre gli articoli di Leddy et al. (35) e Worts et al. (37) hanno promosso il tapis roulant come esercizio aerobico. Una scelta più ampia di esercizi è stata riportata dagli studi di Chan et al. (33) e Hutchison et al., (34) i quali hanno utilizzato anche il jogging, tecniche di immaginazione e visualizzazione del task motorio per incoraggiare il paziente, ed esercizi da svolgere a domicilio. I risultati emersi dallo studio di Schneider et al. (42) sottolineano inoltre che un intervento psicologico possa essere efficace nel ridurre la sintomatologia principalmente in soggetti adulti che, dopo l'evento traumatico, mostrano degli stati di depressione e/o soffrono di disturbo d'ansia generalizzato. Inoltre, viene dimostrato che la terapia manuale a livello cervicale associata a specifici esercizi di controllo neuromotorio per la regione cervico-scapolare, sia in grado di ridurre l'intensità di mal di testa, vertigini, nausea e dolore al collo che rappresentano alcuni dei sintomi tipici dopo una SRC. Inoltre, è importante sottolineare che le diverse attività in ciascuno degli studi esaminati siano state proposte inizialmente ad un'intensità ridotta, per poi progredire ad un livello più alto solo quando consentito dai sintomi di ogni singolo partecipante.

POSOLOGIA DI TRATTAMENTO

Le revisioni sistematiche di Miutz et al. (41) e di Langevin et al. (40) sostengono che l'attività fisica sia fondamentale nel recupero post SRC, tanto quanto l'identificazione del livello di soglia sotto-sintomatica per poter somministrare l'esercizio in modo graduale, sicuro e senza il rischio di esacerbazione dei sintomi e/ eventi avversi. Tutti e 6 gli RCT esaminati hanno sostenuto l'impiego di un'attività fisica ad intensità minima, oltre che moderata, nel periodo post-acute da SRC. Tuttavia, ogni studio ha definito il livello di attività in modi leggermente diversi ed attuato una progressione dell'attività differente. Lo studio di Leddy et al. (35) ha utilizzato come linea di base la frequenza cardiaca (FC) a cui i soggetti sono diventati sintomatici sul BCTT. Quindi, per determinare il livello iniziale di attività, definito come "leggero", è stato calcolato l'80% della FC raggiunta sul BCTT, con delle rivalutazioni periodiche a cadenza settimanale. In maniera analoga, Chan et

al. (33) nel programma di riabilitazione attiva hanno impiegato la misurazione della FC per mantenere l'allenamento aerobico ad un livello submassimale (50-60% della FCmax). Maerlender et al. (38) hanno utilizzato la scala dello sforzo percepito, mantenuto tra 0 e 6 su un totale di 10 punti: in questo studio lo sforzo riferito è stato il metro di misura per valutare il livello di attività fisica che ogni partecipante potesse sopportare. Lo studio eseguito da Micay et al. (36) prevedeva che i soggetti iniziassero con un livello di attività leggero, prescrivendo una FC al 50% di FCmax per età. L'esercizio è stato portato ad un livello moderato aumentando la frequenza cardiaca del 5% per singola sessione, fintanto che il paziente è rimasto asintomatico. Allo stesso modo Hutchison et.al (34) hanno calcolato la frequenza cardiaca di ogni sessione di esercizio, facendo progredire i partecipanti dal 60% al 75% della loro FCmax per età. Anche lo studio di Worts et al. (37) ha impostato l'intervento attivo al 40% o al 60% della frequenza cardiaca massima prevista per età, ma senza indurre alcuna progressione successiva.

Nonostante l'eterogeneità nella somministrazione dell'attività fisica, questi studi (33–42) hanno mostrato esiti clinici migliori rispetto alle cure abituali, alle raccomandazioni mediche ed allo stretching, quando era possibile il confronto tra le diverse tipologie di intervento. Anche la durata del recupero è stata ridotta maggiormente in seguito ad un'attività leggera e/o moderata nella fase post-acuta, rispetto ai soggetti con una SRC a cui era stato detto di riposare o di non esercitare.

Nel complesso, questa revisione ha rilevato che varie modalità di attività fisica ed aerobica a livelli di intensità leggera e moderata siano efficaci e sicure durante la fase post-acuta di una SRC. Questi risultati sono in linea con il “The Berlin International Consensus Meeting on Concussion in Sport” (43), il quale risponde con 12 revisioni sistematiche, ad una serie di domande relative a definizione, valutazione e trattamento di una SRC. Anch'esso, infatti, raccomanda e promuove l'esercizio attivo come principale strumento riabilitativo in soggetti che hanno subito una commozione cerebrale.

LIMITI E PUNTI DI FORZA DELLA REVISIONE

Lo studio condotto presenta alcuni limiti. In primis la ricerca bibliografica condotta su due database potrebbe non aver permesso di reperire la totalità degli studi

inerenti l'obiettivo dello studio, mentre la restrizione linguistica decisa per l'inclusione degli articoli potrebbe aver portato all'esclusione di alcuni studi pubblicati in altre lingue diverse dall'italiano e dall'inglese. Infine, i processi di selezione degli studi, di raccolta dei dati e sintesi dei risultati sono stati effettuati da un singolo revisore e questo potrebbe rappresentare un bias nella conduzione metodologica del lavoro.

Il punto di forza di questa revisione è il rigore metodologico applicato nella stesura del protocollo nei vari passaggi della ricerca: selezione, analisi, valutazione e sintesi degli studi da includere. Questo è stato reso possibile seguendo il PRISMA-P. Un altro punto di forza è l'analisi del risk of bias condotto attraverso due strumenti: il "JBI critical appraisal for RCT" e l'"Amstar 2 for Systematic Reviews". Questi strumenti hanno permesso di verificare la qualità metodologica degli studi inclusi.

SUGGERIMENTI PER LA RICERCA FUTURA

Considerando il numero limitato di studi che hanno soddisfatto i criteri di inclusione di questa revisione, ci sono indubbiamente indicazioni per la ricerca futura. Gli studi futuri dovrebbero tener conto della gravità della commozione cerebrale, per garantire che questa non possa rivelarsi fuorviante per quanto riguarda l'efficacia dell'intervento sul recupero. Inoltre, vista la persistenza dei sintomi a seguito di una SRC, gli studi futuri dovrebbero raccogliere e valutare i risultati a lungo termine.

Alla luce dei risultati emersi, ci si auspica una produzione di studi di maggior qualità ed un celere aggiornamento del "The Berlin International Consensus Meeting on Concussion in Sport" (43) tenutosi a Berlino nell'Ottobre del 2016. La letteratura relativa all'attività fisica nella fase post-acuta di una SRC è tuttora incoraggiante e i pazienti trarranno sicuramente beneficio da ulteriori ricerche.

CONCLUSIONI

Le commozioni cerebrali legate allo sport rappresentano una patologia ormai estremamente diffusa. In accordo con la più recente letteratura scientifica e con il “The Berlin International Consensus Meeting on Concussion in Sport” (43), emerge la necessità e l'importanza dell'utilizzo di un approccio multimodale, vista la varietà di segni e sintomi che caratterizzano una SRC. Inoltre, viene raccomandato, già nella fase sub acuta, l'impiego di un trattamento attivo basato sull'esercizio aerobico al fine di favorire un recupero più completo e rapido. È opportuno però sottolineare l'importanza di una progressione graduale dell'intensità (da bassa a moderata) e della posologia dell'attività aerobica che deve essere svolta costantemente al di sotto della soglia sintomatica al fine di limitare la comparsa di eventi avversi. Tuttavia, ad oggi le evidenze scientifiche disponibili, non permettono di definire in maniera adeguata la posologia dell'attività nel periodo post-acuto sia in termini di modalità e tipologia di esercizio che di intensità ottimale. In ogni studio analizzato le diverse modalità di esercizio, tra cui la cyclette, il tapis roulant, la camminata, ed il nuoto hanno portato significativi miglioramenti nel recupero post traumatico. A seguito di questo risultato, sebbene il volume della letteratura sia attualmente limitato sulle modalità di somministrazione dell'attività fisica, i terapeuti dovrebbero prendere in considerazione il riposo come più adeguato trattamento nelle prime 48 ore dall'evento traumatico, seguito dalla prescrizione di programmi di esercizio individualizzati, strettamente monitorati, e con gradi di intensità progressive durante la fase post-acuta dei pazienti con una SRC.

APPENDICE

Appendice 1. JBI CRITICAL APPRAISAL CHECKLIST FOR RCT

	Yes	No	Unclear	NA
1. Was true randomization used for assignment of participants to treatment groups?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Was allocation to treatment groups concealed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Were treatment groups similar at the baseline?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were participants blind to treatment assignment?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were those delivering treatment blind to treatment assignment?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were outcomes assessors blind to treatment assignment?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were treatment groups treated identically other than the intervention of interest?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Was follow up complete and if not, were differences between groups in terms of their follow up adequately described and analyzed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Were participants analyzed in the groups to which they were randomized?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Were outcomes measured in the same way for treatment groups?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Were outcomes measured in a reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Was appropriate statistical analysis used?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Was the trial design appropriate, and any deviations from the standard RCT design (individual randomization, parallel groups) accounted for in the conduct and analysis of the trial?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Appendice 2. AMSTAR 2 FOR SISTEMATIC REVIEW:

1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?

For Yes:

Population

Intervention

Comparator group

Outcome

Optional(recommended)

Timeframe for follow-up

Yes

No

2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?

For Partial Yes:

The authors state that they had a written protocol or guide that included ALL the following:

- review question(s)
- a search strategy
- inclusion/exclusion criteria
- a risk of bias assessment

For Yes:

As for partial yes, plus the protocol should be registered and should also have specified:

- a meta-analysis/synthesis plan, if appropriate, and
- a plan for investigating causes of heterogeneity
- justification for any deviations from the protocol

- Yes
- Partial Yes
- No

3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?

For Yes, the review should satisfy ONE of the following:

- Explanation for including only RCTs
- OR Explanation for including only NRSI
- OR Explanation for including both RCTs and NRSI

- Yes
- No

4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?

For Partial Yes (all the following):

- searched at least 2 databases (relevant to research question)
- provided key word and/or search strategy
- justified publication restrictions

For Yes, should also have (all the following):

- searched the reference lists / bibliographies of included studies
- searched trial/study registries included/consulted content experts in the field
- where relevant, searched for grey literature
- conducted search within 24 months of completion of the review

- Yes
- Partial Yes
- No

5. Did the review authors perform study selection in duplicate?

For Yes, either ONE of the following:

- at least two reviewers independently agreed on selection of eligible studies and achieved consensus on which studies to include
- OR two reviewers selected a sample of eligible studies and achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder selected by one reviewer.

- Yes
- No

6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?

For Yes, either ONE of the following:

- Yes
- No

at least two reviewers achieved consensus on which data to extract from included studies

OR two reviewers extracted data from a sample of eligible studies and achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder extracted by one reviewer.

7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?

For Partial Yes:

provided a list of all potentially relevant studies that were read in full-text form but excluded from the review

For Yes, must also have:

Justified the exclusion from the review of each potentially relevant study

- Yes
 Partial Yes
 No

8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?

For Partial Yes (ALL the following):

- described populations
 described interventions
 described comparators
 described outcomes
 described research designs

For Yes, should also have ALL the following:

- described population in detail
 described intervention in detail (including doses where relevant)
 described comparator in detail (including doses where relevant)
 described study's setting
 timeframe for follow-up

- Yes
 Partial Yes
 No

9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?

RCTs

For Partial Yes, must have assessed RoB from

- unconcealed allocation, and lack of blinding of patients and assessors when assessing outcomes (unnecessary for objective outcomes such as all-cause mortality)

For Yes, must also have assessed RoB from:

- allocation sequence that was not truly random, and
 selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome

- Yes
 Partial Yes
 No
 Includes only NRSI

NRSI

For Partial Yes, must have assessed RoB:

- from confounding, and
 from selection bias

For Yes, must also have assessed RoB:

- methods used to ascertain exposures and outcomes, and
 selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome

- Yes
 Partial Yes
 No
 Includes only NRSI

10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?

For Yes	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> Must have reported on the sources of funding for individual studies included in the review. Note: Reporting that the reviewers looked for this information but it was not reported by study authors also qualifies	<input type="checkbox"/> No
11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?	
RCTs	<input type="checkbox"/> Yes
For Yes:	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results and adjusted for heterogeneity if present.	
<input type="checkbox"/> AND investigated the causes of any heterogeneity	
For NRSI	<input type="checkbox"/> Yes
For Yes:	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results, adjusting for heterogeneity if present	
<input type="checkbox"/> AND they statistically combined effect estimates from NRSI that were adjusted for confounding, rather than combining raw data, or justified combining raw data when adjusted effect estimates were not available	
<input type="checkbox"/> AND they reported separate summary estimates for RCTs and NRSI separately when both were included in the review	
12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?	
For Yes:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> OR, if the pooled estimate was based on RCTs and/or NRSI at variable RoB, the authors performed analyses to investigate possible impact of RoB on summary estimates of effect.	<input type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?	
For Yes:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> OR, if RCTs with moderate or high RoB, or NRSI were included the review provided a discussion of the likely impact of RoB on the results	
14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?	
For Yes:	<input type="checkbox"/> Yes

<input type="checkbox"/> There was no significant heterogeneity in the results	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> OR if heterogeneity was present the authors performed an investigation of sources of any heterogeneity in the results and discussed the impact of this on the results of the review	
15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?	
For Yes:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> performed graphical or statistical tests for publication bias and discussed the likelihood and magnitude of impact of publication bias	<input type="checkbox"/> No
16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?	
For Yes:	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> The authors reported no competing interests OR	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> The authors described their funding sources and how they managed potential conflicts of interest	

BIBLIOGRAFIA

1. Langlois JA, Rutland-Brown W, Wald MM. The Epidemiology and Impact of Traumatic Brain Injury: A Brief Overview. *J Head Trauma Rehabil.* settembre 2006;21(5):375–8.
2. McCrory P, Meeuwisse W, Dvorak J, Aubry M, Bailes J, Broglio S, et al. Consensus statement on concussion in sport—the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *Br J Sports Med.* 26 aprile 2017;bjsports-2017-097699.
3. LaRoche AA, Nelson LD, Connelly PK, Walter KD, McCrea MA. Sport-Related Concussion Reporting and State Legislative Effects. *Clin J Sport Med.* gennaio 2016;26(1):33–9.
4. Daneshvar DH, Nowinski CJ, McKee AC, Cantu RC. The Epidemiology of Sport-Related Concussion. *Clin Sports Med.* gennaio 2011;30(1):1–17.
5. McCrea M, Hammeke T, Olsen G, Leo P, Guskiewicz K. Unreported Concussion in High School Football Players: Implications for Prevention. *Clin J Sport Med.* gennaio 2004;14(1):13–7.
6. Bryan MA, Rowhani-Rahbar A, Comstock RD, Rivara F, on behalf of the Seattle Sports Concussion Research Collaborative. Sports- and Recreation-Related Concussions in US Youth. *Pediatrics.* 1 luglio 2016;138(1):e20154635.
7. Setnik L, Bazarian JJ. The characteristics of patients who do not seek medical treatment for traumatic brain injury. *Brain Inj.* gennaio 2007;21(1):1–9.
8. Wallace J, Covassin T, Beidler E. Sex Differences in High School Athletes' Knowledge of Sport-Related Concussion Symptoms and Reporting Behaviors. *J Athl Train.* 1 luglio 2017;52(7):682–8.
9. Chrisman SP, Quitiquit C, Rivara FP. Qualitative Study of Barriers to Concussive Symptom Reporting in High School Athletics. *J Adolesc Health.* marzo 2013;52(3):330-335.e3.
10. Wallace J, Covassin T, Nogle S, Gould D, Kovan J. Knowledge of Concussion and Reporting Behaviors in High School Athletes With or Without Access to an Athletic Trainer. *J Athl Train.* 1 marzo 2017;52(3):228–35.
11. Sye G, Sullivan SJ, McCrory P, Milne C. High school rugby players' understanding of concussion and return to play guidelines * Commentary. *Br J Sports Med.* 1 dicembre 2006;40(12):1003–5.
12. Kontos AP, Elbin RJ, Fazio-Sumrock VC, Burkhart S, Swindell H, Maroon J, et al. Incidence of Sports-Related Concussion among Youth Football Players Aged 8-12 Years. *J Pediatr.* settembre 2013;163(3):717–20.
13. Buzzini SRR, Guskiewicz KM. Sport-related concussion in the young athlete. *Curr Opin Pediatr.* agosto 2006;18(4):376–82.
14. Giza CC, Hovda DA. The New Neurometabolic Cascade of Concussion. *Neurosurgery.* ottobre 2014;75(Supplement 4):S24–33.
15. Zuckerman SL, Kerr ZY, Yengo-Kahn A, Wasserman E, Covassin T, Solomon GS. Epidemiology of Sports-Related Concussion in NCAA Athletes From

- 2009-2010 to 2013-2014: Incidence, Recurrence, and Mechanisms. *Am J Sports Med.* novembre 2015;43(11):2654–62.
16. Halstead ME, Walter KD, Moffatt K, COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, LaBella CR, Brooks MA, et al. Sport-Related Concussion in Children and Adolescents. *Pediatrics.* 1 dicembre 2018;142(6):e20183074.
 17. Bakhos LL, Lockhart GR, Myers R, Linakis JG. Emergency Department Visits for Concussion in Young Child Athletes. *Pediatrics.* 1 settembre 2010;126(3):e550–6.
 18. O'Connor KL, Baker MM, Dalton SL, Dompier TP, Broglio SP, Kerr ZY. Epidemiology of Sport-Related Concussions in High School Athletes: National Athletic Treatment, Injury and Outcomes Network (NATION), 2011–2012 Through 2013–2014. *J Athl Train.* 1 marzo 2017;52(3):175–85.
 19. Collins CL, Fletcher EN, Fields SK, Kluchurosky L, Rohrkemper MK, Comstock RD, et al. Neck Strength: A Protective Factor Reducing Risk for Concussion in High School Sports. *J Prim Prev.* ottobre 2014;35(5):309–19.
 20. Covassin T, Schatz P, Swanik CB. SEX DIFFERENCES IN NEUROPSYCHOLOGICAL FUNCTION AND POST-CONCUSSION SYMPTOMS OF CONCUSSED COLLEGIATE ATHLETES. *Neurosurgery.* agosto 2007;61(2):345–51.
 21. Berz K, Divine J, Foss KB, Heyl R, Ford KR, Myer GD. Sex-Specific Differences in the Severity of Symptoms and Recovery Rate following Sports-Related Concussion in Young Athletes. *Phys Sportsmed.* maggio 2013;41(2):58–63.
 22. Covassin T, Elbin RJ, Larson E, Kontos AP. Sex and Age Differences in Depression and Baseline Sport-Related Concussion Neurocognitive Performance and Symptoms. *Clin J Sport Med.* marzo 2012;22(2):98–104.
 23. Guerriero RM, Proctor MR, Mannix R, Meehan WP. Epidemiology, trends, assessment and management of sport-related concussion in United States high schools. *Curr Opin Pediatr.* dicembre 2012;24(6):696–701.
 24. Marar M, McIlvain NM, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of Concussions Among United States High School Athletes in 20 Sports. *Am J Sports Med.* aprile 2012;40(4):747–55.
 25. Xiang J, Collins CL, Liu D, McKenzie LB, Comstock RD. Lacrosse Injuries Among High School Boys and Girls in the United States: Academic Years 2008-2009 Through 2011-2012. *Am J Sports Med.* settembre 2014;42(9):2082–8.
 26. Castile L, Collins CL, McIlvain NM, Comstock RD. The epidemiology of new versus recurrent sports concussions among high school athletes, 2005–2010. *Br J Sports Med.* giugno 2012;46(8):603–10.
 27. Meehan WP, d'Hemecourt P, Dawn Comstock R. High School Concussions in the 2008-2009 Academic Year: Mechanism, Symptoms, and Management. *Am J Sports Med.* dicembre 2010;38(12):2405–9.
 28. Ellis MJ, Cordingley DM, Vis S, Reimer KM, Leiter J, Russell K. Clinical predictors of vestibulo-ocular dysfunction in pediatric sports-related concussion. *J Neurosurg Pediatr.* gennaio 2017;19(1):38–45.

29. Zemek R, Barrowman N, Freedman SB, Gravel J, Gagnon I, McGahern C, et al. Clinical Risk Score for Persistent Postconcussion Symptoms Among Children With Acute Concussion in the ED. *JAMA*. 8 marzo 2016;315(10):1014.
30. Iverson GL, Gardner AJ, Terry DP, Ponsford JL, Sills AK, Broshek DK, et al. Predictors of clinical recovery from concussion: a systematic review. *Br J Sports Med*. giugno 2017;51(12):941–8.
31. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 29 marzo 2021;n71.
32. PRISMA-P Group, Moher D, Shamseer L, Clarke M, Gherzi D, Liberati A, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. dicembre 2015;4(1):1.
33. Chan C, Iverson GL, Purtzki J, Wong K, Kwan V, Gagnon I, et al. Safety of Active Rehabilitation for Persistent Symptoms After Pediatric Sport-Related Concussion: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. febbraio 2018;99(2):242–9.
34. Hutchison MG, Di Battista AP, Lawrence DW, Pyndiura K, Corallo D, Richards D. Randomized controlled trial of early aerobic exercise following sport-related concussion: Progressive percentage of age-predicted maximal heart rate versus usual care. Abdelbasset WK, curatore. *PLOS ONE*. 22 dicembre 2022;17(12):e0276336.
35. Leddy JJ, Haider MN, Ellis MJ, Mannix R, Darling SR, Freitas MS, et al. Early Subthreshold Aerobic Exercise for Sport-Related Concussion: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr*. 1 aprile 2019;173(4):319.
36. Micay R, Richards D, Hutchison MG. Feasibility of a postacute structured aerobic exercise intervention following sport concussion in symptomatic adolescents: a randomised controlled study. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1):e000404.
37. Worts PR, Mason JR, Burkhardt SO, Sanchez-Gonzalez MA, Kim JS. The acute, systemic effects of aerobic exercise in recently concussed adolescent student-athletes: preliminary findings. *Eur J Appl Physiol*. giugno 2022;122(6):1441–57.
38. Maerlender A, Rieman W, Lichtenstein J, Condiracci C. Programmed Physical Exertion in Recovery From Sports-Related Concussion: A Randomized Pilot Study. *Dev Neuropsychol*. 4 luglio 2015;40(5):273–8.
39. Baker B, Koch E, Vicari K, Walenta K. Mode and Intensity of Physical Activity During the Postacute Phase of Sport-Related Concussion: A Systematic Review. *J Sport Rehabil*. 1 settembre 2020;30(3):492–500.
40. Langevin P, Frémont P, Fait P, Dubé MO, Bertrand-Charette M, Roy JS. Aerobic Exercise for Sport-related Concussion: A Systematic Review and Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. dicembre 2020;52(12):2491–9.
41. Miutz LN, Burma JS, Lapointe AP, Newel KT, Emery CA, Smirl JD. Physical activity following sport-related concussion in adolescents: a systematic review. *J Appl Physiol Bethesda Md 1985*. 1 maggio 2022;132(5):1250–66.

42. Schneider KJ, Iverson GL, Emery CA, McCrory P, Herring SA, Meeuwisse WH. The effects of rest and treatment following sport-related concussion: a systematic review of the literature. *Br J Sports Med.* aprile 2013;47(5):304–7.
43. Davis GA, Ellenbogen RG, Bailes J, Cantu RC, Johnston KM, Manley GT, et al. The Berlin International Consensus Meeting on Concussion in Sport. *Neurosurgery.* 1 febbraio 2018;82(2):232–6.