



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

Incidenza del whiplash nello sport: una scoping review

Candidato:

Rebecca Bertini

Relatore:

Dott FT, OMPT Stefano Savioli

ABSTRACT

Background: Il whiplash, è una condizione traumatica che incorre successivamente ad un trauma posteriore a livello del torace, risultante in un trasferimento di energia in accelerazione-decelerazione del rachide cervicale. Tipico dei traumi da strada, se ne riscontrano comunemente casi in associazione a sport di contatto come, ad esempio, calcio, rugby e hockey, dove spesso si tratta di infortuni secondari a collisioni ad alta velocità tra giocatori. In letteratura sono presenti diversi studi che riguardano infortuni al distretto testa e collo durante la pratica di attività sportive, ma sembra non esserci una sintesi sui dati epidemiologici relativi, in particolare, al colpo di frusta.

Obiettivo: Data l'eterogeneità degli studi che presentano come oggetto gli infortuni di testa e collo nello sport, con questa revisione cercheremo di fare chiarezza sui dati presenti in letteratura riguardanti l'incidenza del whiplash.

Materiali e metodi: Per rispondere al quesito di ricerca è stata effettuata una scoping review. Sono state consultate le principali banche dati (Medline, Web of Science, Cochrane Library, Scopus, PEDro, Chinal) in data 27 febbraio 2022, con l'intento di effettuare una ricerca il più possibile sensibile, che includesse tutti gli studi disponibili in full text senza vincoli di linguaggio inerenti all'incidenza del colpo di frusta nello sport.

Risultati: Utilizzando i principali motori di ricerca, sono stati trovati 2075 articoli. Al termine della selezione sono stati inclusi 61 studi. La maggior parte sono studi epidemiologici e sono stati svolti negli Stati Uniti. Gli studi contengono informazioni riguardanti l'incidenza del whiplash e, più in generale, dei disordini cervicali nei vari sport. Sono stati estrapolati i dati ed è stata effettuata un'analisi descrittiva.

Discussione: Sono stati identificati il rugby, il football e l'hockey come gli sport più studiati e in cui il colpo di frusta è prevalente. I dati di incidenza, tuttavia, sono molto variabili tra i diversi studi.

Conclusione: Il colpo di frusta è stato identificato come un infortunio prevalente in diversi sport. Tuttavia, la mancanza di una definizione univoca in letteratura potrebbe limitare nella diagnosi e nella gestione e/o prevenzione.

Sommario

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 1 |
| 1.1 | Razionale | 1 |
| 1.2 | Obiettivi | 2 |
| 2 | MATERIALI E METODI | 3 |
| 2.1 | Protocollo e registrazione | 3 |
| 2.2 | Criteri di inclusione..... | 3 |
| 2.3 | Fonti d'informazione | 3 |
| 2.4 | Ricerca | 4 |
| 2.5 | Selezione degli articoli..... | 5 |
| 2.6 | Data charting | 6 |
| 2.7 | Data items | 6 |
| 2.8 | Sintesi dei risultati | 6 |
| 3 | RISULTATI | 7 |
| 3.1 | Selezione delle fonti di evidenza | 7 |
| 3.2 | Caratteristiche delle fonti di evidenza | 9 |
| 3.3 | Risultati delle singole fonti di evidenza..... | 17 |
| 3.4 | Sintesi dei risultati | 23 |
| 4 | DISCUSSIONI | 26 |
| 4.1 | Riassunto dell'evidenza | 26 |
| 4.2 | Limitazioni | 27 |
| 4.3 | Conclusioni | 27 |
| 5 | BIBLIOGRAFIA | 28 |

1 INTRODUZIONE

1.1 Razionale

Le collisioni con veicoli a motore, gli episodi di violenza e le cadute costituiscono le principali tre cause di lesioni alla colonna vertebrale, anche se quelle legate allo sport ci si avvicinano¹. Gli atleti, infatti, sono in una condizione di massimo rischio per infortuni al collo, dato che lo sport conta il 15% delle lesioni al rachide cervicale²³.

Le lesioni sportive possono comprendere traumi alla testa e al collo⁴ che possono risultare in quadri di cervicalgia, riduzione della mobilità, sintomi neurologici, alterazione dello stato mentale o lesioni secondarie (traumi maxillofacciali, agli occhi o agli arti)⁵. I traumi alla testa e al collo sono comuni a sport come, ad esempio, le arti marziali (nel karatè la testa e il collo rappresentano le regioni più colpite da lesioni, con il 57%)⁶, il rugby e il calcio, rispettivamente per il 16% e il 5% delle lesioni⁷ e la ginnastica (13% delle lesioni)⁸. Altri sport che riportano traumi alla testa e al collo sono l'arrampicata, in cui tali lesioni sono legate alla caduta dell'atleta o di oggetti dall'alto⁹, il rodeo (10-29% delle lesioni)¹⁰, lo sci e lo snowboard (1-13% delle lesioni)¹¹.

Le lesioni del rachide cervicale legate allo sport variano da lievi a catastrofiche. I tipi più comuni di infortunio sono stiramenti e distorsioni a muscoli e legamenti che sostengono la colonna vertebrale¹². Queste lesioni possono variare da lievi distorsioni muscolari a fratture vertebrali con conseguente invalidità a lungo termine o morte².

Il rischio di lesione al rachide cervicale è maggiore nel caso di squilibri muscolari che spesso possono essere secondari a condizionamento inadeguato^{2,13}.

Anche gli atleti pediatrici rappresentano una categoria ad alto rischio di lesioni alla colonna cervicale. La spina dorsale immatura, infatti, è ipermobile a causa di lassità legamentosa, faccette articolari poco profonde e angolate, processi spinosi sottosviluppati e incuneamento anteriore fisiologico dei corpi vertebrali. Ossificazione incompleta del processo odontoide, testa relativamente grande e muscoli del collo deboli sono altri fattori che predispongono il rachide cervicale pediatrico a instabilità¹⁴. I tessuti molli che circondano la colonna vertebrale svolgono un ruolo nel proteggere il midollo spinale dall'eccesso di movimenti. Il tono muscolare al momento dell'infortunio può avere una grande influenza sulla forza richiesta per produrre danno al midollo spinale, e il tessuto legamentoso fornisce stabilità in tutta la

colonna vertebrale. I legamenti e i tessuti molli sono generalmente più vulnerabili alle lesioni dovute alle forze di rotazione¹⁴.

Per quanto riguarda i meccanismi di infortunio al rachide cervicale, negli sport di contatto sono stati registrati numerosi episodi di carichi assiali alla testa mentre il collo si trovava in leggera flessione, che possono risultare in una lesione del midollo spinale¹², o traumi in iperflessione¹; sono, inoltre, stati registrati colpi diretti al collo o, indiretti, tramite forze di accelerazione o di decelerazione dagli impatti alla testa e al busto¹⁵; altre lesioni alla colonna cervicale che sono state osservate durante lo sport includono le lesioni vascolari e la sindrome di "Stinger"¹, o lesione del plesso brachiale; le lesioni da iperestensione più comunemente comportano una caduta; nello sport, questo è spesso associato a un infortunio da colpo di frusta¹⁴. È stato visto inoltre che, lo stesso trauma in accelerazione-decelerazione che provoca concussione può anche dare distorsioni, stiramenti, o lesioni da colpo di frusta alla colonna cervicale¹⁶.

Il colpo di frusta, anche indicato come trauma da accelerazione-decelerazione del rachide cervicale, segue le collisioni di veicoli a motore con impatto posteriore. Il particolare meccanismo di lesione del colpo di frusta si vede anche nel rugby, nell'hockey su ghiaccio e nelle arti marziali. I sintomi del colpo di frusta includono dolore al collo e agli arti superiori, parestesie e mal di testa. Un'etiologia precisa per questo tipo di lesione, tuttavia, non è stata definitivamente stabilita¹.

Come spesso riportato, ci sono difficoltà di definizione nel confrontare l'incidenza o la prevalenza delle lesioni all'interno e tra gli sport⁷. Questa revisione ha lo scopo di indagare l'incidenza del colpo di frusta come infortunio nello sport.

1.2 Obiettivi

Questa scoping review è stata condotta con l'obiettivo di mappare la letteratura in merito all'incidenza del colpo di frusta nello sport. È stata formulata la seguente domanda di ricerca: cosa si sa dalla letteratura sull'incidenza del colpo di frusta come infortunio nello sport?

2 MATERIALI E METODI

2.1 Protocollo e registrazione

Per la revisione è stato stilato un protocollo usando il Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis Protocols (PRISMA-P)¹⁷, che è stato rivisto e rivisitato dall'autore. Il protocollo finale non è stato registrato, ma è accessibile su richiesta.

La conduzione della ricerca, lo screening degli articoli e la successiva analisi ed elaborazione dei dati sono stati condotti seguendo le linee guida del *PRISMA-scr Statement*¹⁸, specifico per le scoping review.

2.2 Criteri di inclusione

Per essere inclusi nella revisione gli articoli necessitavano di indicare al loro interno dati di incidenza sul colpo di frusta come infortunio in ambito sportivo. Sono stati inclusi tutti gli articoli che descrivevano questi numeri, senza limiti di data o di linguaggio, purché traducibili con google translate se in lingua diversa dall'inglese, allo scopo di raccogliere più dati possibili. Per lo stesso motivo sono stati inclusi studi quantitativi e qualitativi, senza limiti nel disegno di studio, purché riportassero al loro interno i dati d'incidenza d'interesse. Sono estati esclusi gli articoli che non rientravano nel quadro concettuale dello studio, come quelli che parlavano di altri tipi di infortunio diversi dal colpo di frusta (concussione, traumi cranici ecc.), che non riportavano dati di incidenza, o che non riguardavano l'ambito sportivo. Sono stati inoltre inclusi gli articoli che, anche se non riportavano specificamente il termine "whiplash", parlavano di lesioni al collo e/o al rachide cervicale che, dal punto di vista della meccanica lesionale, potevano essere simili al colpo di frusta anche in associazione ad altri infortuni (concussione, fratture, lesioni fatali ecc.).

2.3 Fonti d'informazione

Per identificare i documenti potenzialmente rilevanti, il 27 febbraio 2022 sono stati consultati i seguenti database: MEDLINE (PubMed), The Cochrane Library (CENTRAL), PEDro, CINAHL, SCOPUS e Web of Science. Sono stati consultati, inoltre, la letteratura grigia e le citazioni degli articoli inclusi nella scoping review. Le strategie di ricerca sono state stilate dall'autore per identificare i termini chiave della ricerca e, successivamente, ridefinite dallo stesso autore. Le strategie di ricerca finali di ciascun database sono state riportate nel paragrafo successivo. I

risultati finali della ricerca sono stati esportati in file RIS e caricati sul software Rayyan che ha facilitato il processo di eliminazione dei duplicati e di selezione degli articoli.

2.4 Ricerca

La stringa di ricerca consisteva in termini chiave che seguivano il protocollo PEO e i loro sinonimi per indagare l'incidenza del colpo di frusta in ambito sportivo.

Per i diversi database sono state formate stringhe di ricerca utilizzando MeshTerms, Subheadings e termini ritenuti importanti per lo scopo della revisione, combinati con gli operatori booleani AND e OR.

Per la stringa sono stati utilizzati tutti i termini riguardanti lo sport (P), il colpo di frusta (E) e la sua incidenza (O). Di seguito vengono presentate le stringhe utilizzate per i vari motori di ricerca e il relativo numero degli articoli trovati.

1. MEDLINE (PubMed)

Su *PubMed* è stata utilizzata la seguente stringa di ricerca:

```
((((athlete*[mesh terms] or (athlete*)) or (sport*[mesh terms])) or (sport*)) and
((((("whiplash injuries"[mesh terms] or ("whiplash injuries")) or ("neck injuries")) or
(whiplash)) or ("neck sprain")) or ("cervical spine injury")) or (wad))) and
((((incidence[mesh terms] or (incidence)) or (prevalence[mesh terms])) or
(prevalence)) or (epidemiology[mesh terms])) or (epidemiology))
```

Tale ricerca ha prodotto 380 risultati.

2. The Cochrane Library (CENTRAL)

Per la ricerca sul database *The Cochrane Library* sono stati utilizzati gli stessi termini selezionati per MEDLINE. Il processo di ricerca è illustrato nella seguente tabella:

| | DETTAGLI RICERCA | RISULTATI |
|-----|--|-----------|
| #1 | MeSH descriptor: [Athletes] in all MeSH products | 1116 |
| #2 | (athlete) | 11014 |
| #3 | MeSH descriptor: [Sports] explode all trees | 16992 |
| #4 | (sport*) | 29275 |
| #5 | #1OR#2OR#3OR#4 | 40705 |
| #6 | MeSH descriptor: [Whiplash Injuries] explode all trees | 224 |
| #7 | (whiplash NEXT (injuries or injury)) OR (neck NEXT (injuries or injury)) OR (whiplash) OR (neck NEXT (sprain*)) OR (cervical NEXT (spine) NEXT (injuries or injury)) | 860 |
| #8 | MeSH descriptor: [Epidemiology] explode all trees | 42 |
| #9 | (epidemiology or epidemiologies) | 77572 |
| #10 | #6OR#7 | 858 |
| #11 | MeSH descriptor: [Incidence] explode all trees | 10689 |
| #12 | (incidence) | 140787 |
| #13 | MeSH descriptor: [Prevalence] explode all trees | 4934 |
| #14 | (prevalence) | 54353 |
| #15 | #8OR#9OR#11#12OR#13OR#14 | 306210 |
| #16 | #5AND#10AND#15 | 27 |

Tabella 1

Tale ricerca, come evidenziato in tabella, ha prodotto 27 risultati.

3. PEDro

È stata effettuata una ricerca su *PEDro*, utilizzando i termini chiave "sport*" e "whiplash*". Tale ricerca ha prodotto 5 articoli.

4. CINHAL

La ricerca è stata eseguita utilizzando la stessa stringa di MEDLINE. Ha prodotto 400 risultati.

5. SCOPUS

Per la ricerca sul database *SCOPUS* sono stati utilizzati gli stessi termini selezionati per MEDLINE. La stringa utilizzata è la seguente:

(ALL(athlete* or sport*) AND ALL("whiplash injuries" or "whiplash injury" or "neck injuries" or "neck injury" or whiplash or "neck sprain*" or "cervical spine injury" or "cervical spine injuries" or WAD) AND ALL(incidence or prevalence or epidemiology))

Sulla ricerca è stato imposto il limite "health profession". Tale ricerca ha prodotto 1077 risultati.

6. Web of science

Per la ricerca su *Web of science* sono stati utilizzati gli stessi termini selezionati per MEDLINE e per gli altri database. La stringa utilizzata è la seguente:

(((((athlete*)) OR (sport*)) AND (((((((("whiplash injuries")) OR ("neck injuries")) OR (whiplash)) OR ("neck sprain")) OR ("cervical spine injury")))) OR (WAD))) AND ((((((incidence)) OR (prevalence)) OR (epidemiology))))))

Tale ricerca ha prodotto 203 risultati.

Per quanto riguarda la letteratura grigia è stato consultato Google Scholar. Sono stati utilizzati gli stessi termini chiave e sinonimi utilizzati per la ricerca su MEDLINE. Anche qui, non sono stati imposti limiti di data, di disegno di studio o di linguaggio, purché gli articoli potessero essere tradotti con google translate.

2.5 Selezione degli articoli

Gli studi ottenuti dalla ricerca sono stati analizzati dall'autore della revisione utilizzando un software esterno, Rayyan. Con esso sono stati raggruppati tutti gli articoli trovati dalle ricerche eseguite sulle diverse banche dati. In seguito all'esclusione dei duplicati, un primo processo di screening degli articoli è stato effettuato leggendo titolo e abstract e, infine, il testo completo

degli articoli rimasti, identificati dall'autore come potenzialmente rilevanti. Sono state inoltre incluse le citazioni rilevanti degli articoli selezionati.

2.6 Data charting

I dati degli studi ammissibili sono stati rappresentati dall'autore della revisione usando uno strumento standardizzato di estrazione dei dati, creato per questo studio. Lo strumento ha catturato informazioni rilevanti sulle caratteristiche chiave dello studio e informazioni dettagliate sull'incidenza del colpo di frusta nei vari sport, comprendendo ed esplicitando le diverse definizioni di "whiplash".

2.7 Data items

Sono stati estratti dati sulle caratteristiche dell'articolo (titolo, autori, anno di pubblicazione, Paese d'origine), sulle caratteristiche della popolazione oggetto di studio (numero di soggetti inclusi nello studio, età media della popolazione, sesso e sport praticato) e sui dati d'incidenza relativi al colpo di frusta (numero di soggetti e percentuali).

2.8 Sintesi dei risultati

Gli studi sono stati raggruppati in sottocategorie in base allo sport a cui si riferivano. Dove possibile, le sottocategorie sono state rappresentate mediante grafici. Ciascun grafico viene accompagnato da una descrizione illustrante lo stato attuale dell'evidenza scientifica e da una tabella esplicativa, che presenta gli studi estrapolati.

3 RISULTATI

3.1 Selezione delle fonti di evidenza

In seguito alla rimozione dei duplicati, sono state identificate un totale di 1792 citazioni dalle ricerche sui database e 24 dalle citazioni. Sulla base del titolo e dell'abstract sono stati esclusi 1376 articoli che non corrispondevano ai criteri di ricerca. Sono risultati 406 articoli a testo integrale da recuperare e valutare per l'ammissibilità. Di questi, 351 sono stati esclusi per le seguenti motivazioni: 55 non riportanti dati di incidenza (outcome errato), 256 riguardavano infortuni diversi dal colpo di frusta (esposizione errata), 58 non reperibili. I rimanenti 61 studi sono stati considerati elegibili per questa revisione. I processi di selezione sono riassunti nel diagramma di flusso sottostante.

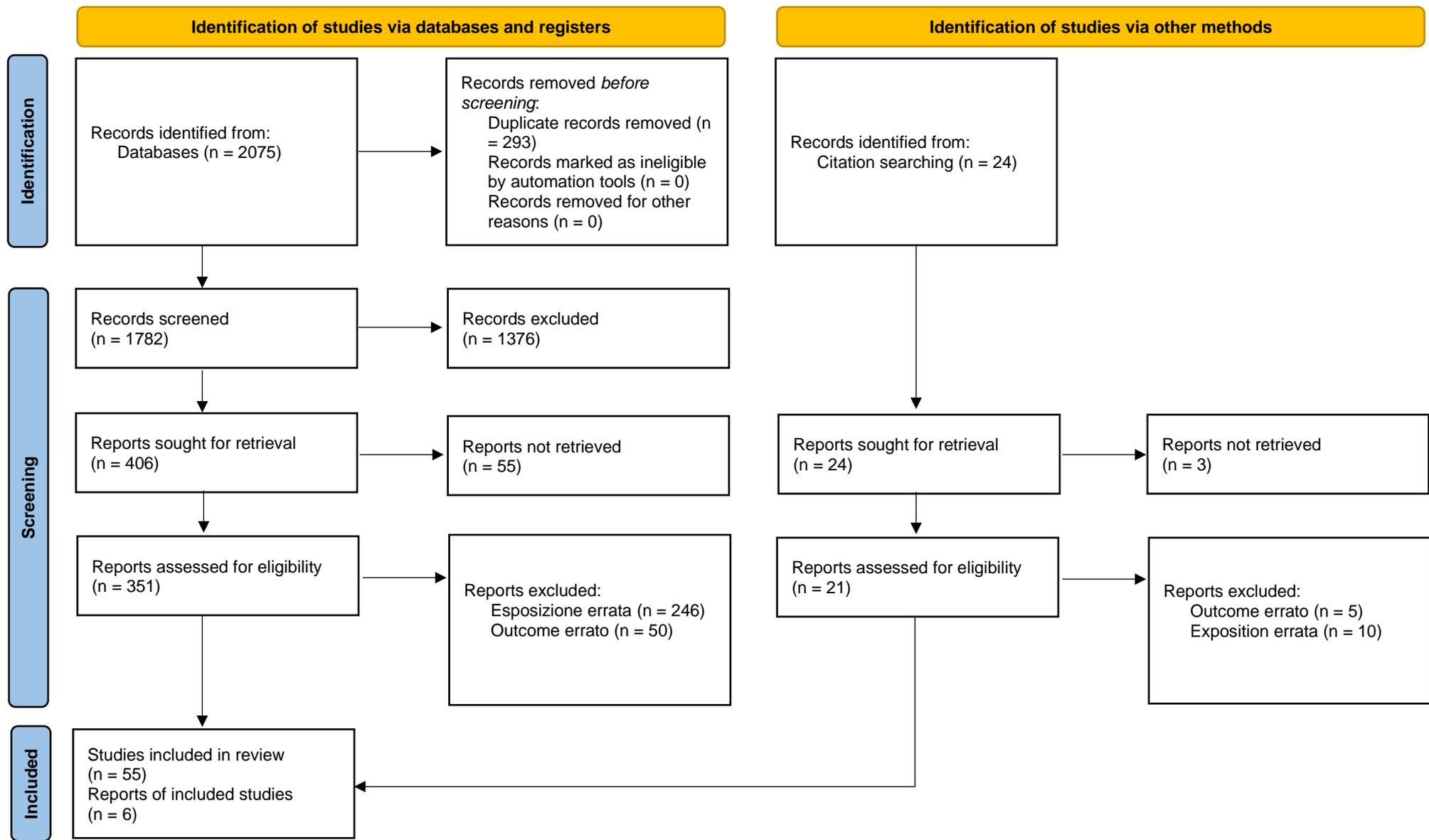


Figura 1

3.2 Caratteristiche delle fonti di evidenza

In tabella 1 sono illustrate le principali caratteristiche degli studi inclusi: primo autore, anno di pubblicazione, titolo, tipo di studio, Paese, numero di partecipanti e definizione della lesione.

| PRIMO AUTORE | ANNO | TITOLO | PAESE | TIPOLOGIA | PARTECIPANTI | DEFINIZIONE DELLA LESIONE |
|-----------------------|------|--|------------------|---------------------------------------|--------------|--|
| Deckey DG. | 2020 | Neck and Cervical Spine Injuries in National College Athletic Association Athletes: A 5-Year Epidemiologic Study | Arizona (USA) | Studio epidemiologico descrittivo | | Strain/sprain/contusion |
| Meron A. | 2018 | Epidemiology of cervical spine injuries in high school athletes over a ten-year period | Aurora (USA) | Studio epidemiologico descrittivo | | Lesioni muscolari, lesioni legamentose |
| Choud DW. | 2021 | Head and Neck Injuries from Rock Climbing: A Query of the National Electronic Injury Surveillance System | California (USA) | | 5097 | Neck strain/sprain |
| Kshirsagar RS. | 2002 | Head Over Wheels: Traumatic head and Neck Injuries Secondary to Mountain Biking | California (USA) | | 18952 | Strain/sprain |
| Chung AS. | 2019 | Epidemiology of Cervical Injuries in NCAA Football Players | Arizona (USA) | Studio epidemiologico descrittivo | 7496 | Cervical strain |
| Carmichael JP. | 2019 | Epidemiology of neck injuries accompanying sport concussions in youth over a 13-year period in a community based healthcare system | Colorado (USA) | Studio epidemiologico cross-sectional | 16885 | Concussione e lesione al collo |
| Schröter C. | 2017 | Cervical spine injury in equestrian sports | Germania | Studio retrospettivo | 503 | Distorsione del rachide cervicale |
| Hume PA. | 2022 | NZ-RugbyHealth Study: Self-reported Injury Experience and Current Health of Former Rugby Union and Non-contact Sport Players | Nuova Zelanda | Studio cross-sectional | 470 | Neck sprain/strain |
| Lee KM. | 2019 | Epidemiology of Cervical Muscle Strains in Collegiate and High School Football Athletes, 2011-2012 Through 2013-2014 | USA | Studio epidemiologico descrittivo | | Cervical strains |

| | | Academic Years | | | | |
|---------------------|------|---|---------------------|--|----------------------------------|--|
| Hind K. | 2020 | Cumulative Sport-Related Injuries and Longer Term Impact in Retired Male Elite- and Amateur-Level Rugby Code Athletes and Non-contact Athletes: A Retrospective Study | UK | Studio cross-sectional | 254 | Neck sprain |
| Stuart MJ. | 2005 | Gridiron football injuries | USA | Revisione sistematica | 74 | Muscle strain |
| Addley K | 1988 | Irish rugby injury survey: Dungannon football club (1986-87) | Irlanda | | 1200 | Muscle/tendon strains |
| Bird Y | 1998 | The New Zealand Rugby Injury and Performance Project: V. Epidemiology of a season of rugby injury | Nuova Zelanda | Studio prospettivo di coorte | 356 | Neck sprains/strains |
| Bottini E. | 2000 | Incidence and nature of the most common rugby injuries sustained in Argentina (1991-1997) | Argentina | | 38933 | Muscular or ligament injury of the cervical column |
| Fuller CW. | 2008 | International rugby board rugby world cup 2007 injury surveillance study | UK | Indagine prospettica sull'intera popolazione | 626 | Muscle/tendon |
| Garraway WM. | 2000 | Impact of professionalism on injuries in rugby union | Scozia | Studio di coorte | 803 | Neck dislocations 1997-1998 |
| Schick DM. | 2008 | Injuries during the 2006 women's rugby world cup | USA | | 339 | Cervical sprain |
| Simmons MM. | 2017 | Injury Surveillance of Head, Neck, and Facial Injuries in Collegiate Ice Hockey Players, 2009-2010 Through 2013-1014 Academic Years | Massachusetts (USA) | Studio epidemiologico descrittivo | 627 | Neck strain |
| Hoge C. | 2020 | Rising trends in Wrestling-associated Injuries in Females | Ohio (USA) | | Da 1500 nel 2005 a 3404 nel 2019 | Head and neck sprain |

| | | | | | | |
|---------------------|------|---|-----------------|--|------|---|
| | | Presenting to US Emergency Departments | | | | |
| Zupon AB. | 2018 | The epidemiology of back/neck/spine injuries in National Collegiate Athletic Association men's and women's ice hockey, 2009/2010 to 2014/2015 | USA | | 2097 | Sprain/strain/contusion/spasm |
| Purchell L. | 2011 | Policy statement – Boxing participation by children and adolescent | USA | | 270 | Neck sprain/strain |
| Gill SD. | 2021 | Gender differences in female and male Australian Football injuries - a prospective observational study of emergency department presentations | Australia | Studio osservazionale prospettico | 1635 | Neck sprain/strains |
| Radel LC. | 2020 | Youth American football quarterback injuries: a descriptive study of 15 years of retrospective data | Minnesota (USA) | Revisione retrospettiva | 64 | Neck pain/strain/sprain |
| Nilsson M. | 2013 | Head and neck injuries in professional soccer | Svezia | Studio prospettivo di corte | 136 | Neck sprain/ligament tear e neck strain/muscle tear |
| Huffman EA. | 2008 | Epidemiology of rare injuries and conditions among United States high school athletes during the 2005-2006 and 2006-2007 school years | USA | Studio prospettivo di coorte | 321 | Neck strains |
| Sanderson K. | 2021 | Why sports concussions are worse for women | UK | | 25 | Whiplash |
| Fuller CW. | 2013 | Rugby World Cup 2011: International Rugby Board injury surveillance study | Irlanda | Indagine prospettica sull'intera popolazione | 615 | Head/neck: joint (non-bone)/ligament, muscle/tendon |
| Hynes LM. | 2005 | Is there a relationship between | Canada | Studio | 183 | Whiplash |

| | | | | | | |
|-----------------------|------|--|----------|--------------------------------------|------|-----------------------------|
| | | whiplash-associated disorders and concussion in hockey? A preliminary study | | osservazionale di coorte prospettivo | | |
| Fuller CW. | 2005 | A six year prospective study of the incidence and causes of head and neck injuries in international football | UK | Studio caso-controllo | 1633 | Whiplash |
| Albright JP. | 1985 | Head and neck injuries in college football: an eight-year analysis | USA | | 342 | Sprain e strain |
| Rust DA. | 2013 | Injury patterns at a large Western United States ski resort with and without snowboarders: the Taos experience | USA | Studio epidemiologico descrittivo | 2166 | Cervical sprain |
| Chow TK. | 2002 | Mechanisms of injury in competitive off-road bicycling | USA | | 97 | Neck strain |
| Minoyama O. | 2004 | Injuries in professional motor car racing drivers at racing circuit between 1996 and 2000 | Giappone | | 2607 | Neck sprains |
| Versteegen GJ. | 1998 | Neck sprain not arising from car accidents: a retrospective study covering 25 years | Olanda | | 680 | Neck sprain |
| Palmer D. | 2021 | Enduro World Series (EWS) Mountain Biking Injuries: A 2-year Prospective Study of 2010 Riders | Irlanda | Studio epidemiologico prospettivo | 188 | Neck Strain |
| Jung H.C. | 2021 | Water ski injuries and chronic pain in collegiate athlete | USA | | 96 | Muscle/tendon |
| Brinkman J.C. | 2021 | Epidemiology of Spine Injuries in National Collegiate Athletic Association Men's Wrestling Athletes | USA | Studio epidemiologico descrittivo | 1970 | Cervical strain |
| Horsley I.G. | 2020 | The epidemiology of injuries in English professional squash; a retrospective analysis between | UK | Analisi retrospettiva | 67 | Neck muscle e neck ligament |

| | | | | | | |
|------------------------|------|---|----------------|---------------------------------------|---------|--|
| | | 2004 and 2015 | | | | |
| Joseph C. | 2019 | Australian netball injuries in 2016: An overview insurance data | Australia | | 1215 | Whiplash |
| Fager K. | 2019 | Prevalence of sports-related injuries in paralympic judo: An exploratory study | Svezia | Studio retrospettivo cross-sectionale | 38 | Sprain, strain or rupture |
| DePasse J.M. | 2019 | Sex- and Sport-Specific Epidemiology of Cervical Spine Injuries Sustained During Sporting Activities | USA | | 27546 | Neck sprain |
| Harmon K.J. | 2018 | Characteristics of sport and recreation-related emergency department visit among school-age children and youth in North Carolina, 2010-2014 | USA | | 213518 | Sprain/strain |
| Hirschhorn R.M. | 2018 | Epidemiology of injuries requiring emergency transport among collegiate and high school student-athletes | Columbia (USA) | Studio epidemiologico descrittivo | 485 | Neck strains |
| Leung F.T | 2017 | Epidemiology of injuries in Australian school level rugby union | Australia | Studio prospettivo osservazionale | 332 | Muscle % tendon, Joint (non-bone) % ligament |
| Klick C. | 2016 | Surfing USA: an epidemiological study of surfing injuries presenting to US Eds 2002 to 2013 | USA | | 2072 | Neck sprain |
| Gomez A.T. | 2016 | Adventure and Extreme sports | USA | | | Sprain |
| Keays G. | 2014 | Longboard and skateboard injuries | Canada | Studio retrospettivo di coorte | 4485 | Head and neck sprain |
| Pollard K.A. | 2013 | Swimming injuries in US Eds: 1990 to 2008 | USA | | 1688924 | Neck sprain/strain |

| | | | | | | |
|----------------------|------|---|----------|-----------------------------------|------|--|
| Aoki H. | 2012 | A 15-year prospective epidemiological account of acute traumatic injuries during official professional soccer league matches in Japan | Giappone | Studio epidemiologico descrittivo | 2947 | Neck sprain/ligament injury Neck strain/tendon injury |
| Mall N.A. | 2012 | Spine and axial skeleton injuries in the national football league | USA | Studio epidemiologico descrittivo | 2208 | Neck sprain |
| Junge A. | 2010 | Injury risk of playing football in Futsal World Cups | Svizzera | Studio prospettivo | 167 | Neck sprain |
| Mountjoy M. | 2010 | Sports injuries and illnesses in the 2009 FINA world Championship (Aquatics) | Canada | Studio prospettivo | 171 | Neck sprain |
| Shields B.J. | 2009 | Cheerleading-related injuries in the United States: A prospective surveillance study | USA | Studio prospettivo | 565 | Neck sprain o strain |
| Alonso J.M. | 2009 | Sports injuries surveillance during the 2007 IAAF world athletics championship | Spagna | Studio prospettivo | 192 | Neck sprain |
| Yard E. | 2008 | An epidemiologic comparison of high school and college wrestling injuries | USA | Studio epidemiologico descrittivo | 287 | Neck sprains/strains |
| Langevoort G. | 2007 | Handball injuries during major international tournaments | Svizzera | | 478 | Nack sprain Neck strain |
| Deitch J.R. | 2006 | Injury risk in professional basketball players: A comparison of Women's National Association and National Basketball Association athletes | USA | Studio di coorte | 1145 | Cervical sprain/strain |
| Neville V.J. | 2006 | Epidemiology of injuries and illnesses in America's Cup yacht racing | UK | Studio prospettivo | 220 | Neck strain |
| Junge A. | 2006 | Injuries in team sport tournament during the 2004 olympic games | Svizzera | Studio di coorte | 377 | Neck strain |

| | | | | | | |
|------------------|------|---|--------|--------------------------------|-------|-------------|
| Ellis MJ. | 2019 | Cervical Spine Dysfunction Following Pediatric Sports-Related Head Trauma | Canada | Studio retrospettivo di coorte | 266 | Whiplash |
| Neil K. | 2021 | Head and Neck Injury Patterns among American Football Players | USA | Studio retrospettivo di coorte | 14447 | Neck sprain |

Tabella 2

3.3 Risultati delle singole fonti di evidenza

I risultati delle singole fonti di evidenza sono riassunti nella tabella 2: vengono rappresentati le caratteristiche della popolazione (età, sesso), i partecipanti, il tipo di sport indagato e i dati d'incidenza totali e, dove possibili, i dati d'incidenza relativi al tipo di sport o alla categoria d'interesse dello studio.

| ARTICOLO | POPOLAZIONE (età, sesso) | PARTECIPANTI | SPORT | INCIDENZA tot n (%) |
|-----------------------|--|--------------|--|---|
| Deckey DG. | Studenti del college Maschi e femmine | | Baseball, Basketball, Football, Field hockey, Ginnastica, Ice hockey, Lacrosse sci, Calcio, Nuoto, Indoor track, Outdoor track, cheerbaseball, Wrestling | 4859 (42.4%) M = 47 (16.4%), M = 335 (87.9%)/F = 415 (100%), M = 2151 (28.7%), F = 37 (100%), F = 25 (100%), M = 221 (78.1%)/F = 99 (84.6%), M = 186 (90.3%)/F = 43 (100%), F = 118 (81.4%), M = 176 (100%)/F = 212 (100%), M = 31 (100%)/F = 55 (100%), M = 188(100%)/F = 58 (100%), M = 0/F = 119 (100%), F = 191 (83.8%), M = 132 (16.1%) |
| Meron A. | High School Maschi e femmine | | Football, Wrestling, Calcio, Lacross Basket, ka, Ice hockey, Cheerleading, Pallavolo, Softball, Ginnastica | 63% Traumi severi = 17% Lesioni legamentose = 11% |
| Chou DW. | Uomini e donne | 5067 | Arrampicata su roccia | 397 (6%) |
| Kshirsagar RS. | Bambini e adulti Maschi e femmine | 18952 | Mountain bike | M = 264 (2%), F = 329 (11,2%) Bambini = 141 (4,6 %), Adulti = 593 (3,7%) |
| Chung AS. | Collegiali | 7496 | Football | 2082 Allenamento = 1123 (29.7%) Competizione = 959 (25.8%) |
| Carmichael JP | 13.5 ± 3.5 anni Maschi e femmine | 16885 | Football, Calcio, lacrobball, Softball, Hockey, Ciclismo, Baseball, Corsa, Lacrosse, Snowboard, Sci, Rugby, Equitaizone, Pallavolo, Nuoto, Tennis | 1779 M = 51/F = 1, M = 16/F = 19, M = 6/F = 4, M = 6/F = 1, M = 6/F = 2, M = 6/F = 3, M = 2/F = 0, M = 2/F = 2, M = 4/F = 3, M = 4/F = 5, M = 4/F = 3, M = 1/F = 0, M = 2/F = 12, M = 0/F = 10, M = 1/F = 0, M = 0/F = 0) |
| Schröter C. | 27,1 ± 13,2 anni Maschi e femmine | 503 | Equitazione | 50 (70.4%) |

| | | | | |
|---------------------|---|--|--|---|
| Hume P. | 43.8 ± 8.1 anni (29-75) Maschi | 470 (127 elite rugby, 171 community rugby, 72 non-contact sport) | Rugby Non-contact sport (cricket, hockey) | Elite rugby = 68.5% Community rugby = 50.9% Non-contact sport = 36.1% |
| Lee KM. | College e High school | | Football | 353 |
| Hind K. | Ex atleti | 254 (83 elite rugby, 106 community rugby, 35 cricket, 30 corsa/nuoto/ciclismo) | Rugby Non-contact sport (cricket, corsa/nuoto/ciclismo) | Elite rugby = 41% Rugby amatoriale = 38% Non-contact sport = 11% |
| Stuart MJ. | High school | 74 | Football | 8 |
| Addley K | 18-46 anni | 1200 | Football | 5 |
| Bird Y. | Studenti under 18, under 21, senior Maschi e femmine | 356 | Rugby | 87% delle lesioni al collo Gioco = 24% (5) Allenamento = 3% (2.6) |
| Bottini E. | Giovani (8-21 anni) e adulti (> 21 anni) | 37933 (11680 adulti, 27253 giovani) | Rugby | 4.6% (43) Adulti = 0.03% Giovani = 0.1% |
| Fuller CW. | 27.6 ± 3.5 anni | 626 | Rugby | 3.7% |
| Garraway WM. | Atleti professionisti | 803 | Rugby | 2 |
| Schick DM. | 28 ± 4.7 | 339 | Rugby | 6.2% (4) |
| Simmons MM. | College 496 uomini, 131 donne | 627 | Hockey sul ghiaccio | Allenamento: M = 5 (5.2%), F = 5 (11.6%) Competizione: M = 21 (5.3%), F = 8 (9.1%) |
| Hoge C. | Donne | Da 1500 nel 2005 a 3404 nel 2019 | Wrestling | 11.8% |
| Zupon AB. | College Uomini e donne | 2097 | Hockey su ghiaccio | M = 334.9, F = 151.4 Allenamento: M = 12, F = 11 Competizione: M = 44, F = 14 |

| | | | | |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Purchell L. | Bambini e adolescenti | | Boxing | 3 (1.6%) |
| Gill SD. | Uomini e donne | 1635 | Football | 51 (3.1%) → 4 contusioni M = 35 (2.5%), F = 16 (6.6%) |
| Radel LC. | | 64 | Football | 7 (10.9%) |
| Nilsson M. | 25.8 ± 4.5 | 136 | Calcio | Neck strain/muscle tear = 5 (3.7%) Neck sprain/ligament tear = 1 (0.7%) |
| Huffman EA | High school Maschi e femmine | 321 | Football, calcio, pallavolo, basket, wrestling baseball, softball | 123 (62.8%) |
| Sanderson K. | Maschi e femmine | 25 | Rugby | F = 50%, M = 1 |
| Fuller CW. | 27.4 ± 3.6 | 615 | Rugby | Competizione: Joint(non- bone)/ligament = 1.3%, Muscle/tendon = 1.3% Allenamento: joint (non- bone)/ligament = 2.9%, muscle/tendon = 0% |
| Hynes LM. | 15-35 anni | 183 | Hockey | 6 |
| Fuller CW. | Uomini e donne | 1633 | Football | 2 |
| Albright JP. | College | 342 | Football | 26 Sprain = 21 Strain = 5 |
| Rust DA. | 31-39 anni | 2166 | Snowboard | 4 (1.4%) |
| Chow TK. | 28.3 (15-59) anni | 97 | Mountain bike | 8 (4.2%) |
| Minoyama O. | Piloti professionisti | 2607 (1030 single car, 1577 saloon) | Corse macchine | Single seat = 17 (34%) Saloon = 33 (53%) |
| Versteergen GJ. | | 680 | Sport | 164 (24%) |
| Palmer D. | Tutte le categorie (under | 188 | Mountain Bike | 1 |

| | | | | |
|------------------------|---|---|---|--|
| | 21, senior professional, masters) Uomini e donne | | | |
| Jung H.C. | 21.4 ± 2.23 Uomini e donne | 96 | Sci d'acqua | 8 (4%) |
| Brinkman J.C. | College | 1070 | Wrestling | 133 Competizione = 88 Allenamento = 45 |
| Horsley I.G. | 25 (18-35) anni Uomini e donne | 67 | Squash | Muscoli = 30.43% Legamenti = 4.35% |
| Joseph C. | 34 ± 17 years | 1215 | Netball | < 5 |
| Fager K. | Atleti paralimpici | 38 | Judo paralimpico | 1 |
| DePasse J.M. | | 27546 | Football, Weightlifting/aerobics, Cycling, Trampoline, Diving/swimming | 191.54 |
| Harmon K.J. | 5-18 anni | 213518 | Football, Basket, Calcio, Baseball e softball, Pallavolo, Lacross e field hockey, Flag football, Rugby, Wrestling, Arti marziali, Racquet sports, Golf, Box, Bowling, Atletica, Cheerleading, softtenn, Yoga, Trampoline, Frisbee | 37 |
| Hirschhorn R.M. | College, high school | 485 (339 college, 146 high school) | | College = 21 High School = 14 |
| Leung F.T | Scuola | 332 | Rugby | Muscle & tendon = 9 Joint (non-bone) & Ligament = 3 |
| Klick C. | | 2072 | Surf | 86 |
| Gomez A.T. | | | Skateboard | 0.1% |
| Keays G. | 14.3 anni loangboard 12.7 anni skateboard | 4485 (287 loangboarding e 4198 skateboarding) | Loangboard e skateboard | 6 (0.1%) Loangboard = 1 (0.3%) Skateboard = 249 (5.9%) |
| Pollard K.A. | | 1688924 | Nuoto | 9% |

| | | | | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|--|--|
| Aoki H. | Atleti professionisti | 2947 | calcio | Neck sprain = 14 (1.5%) Neck strain = 1 (0.2%) |
| Mall N.A. | | 2208 | Football | 153 (15.5%) |
| Junge A. | | 165 | Football | 4 |
| Mountjoy M. | | 171 | Nuoto, tuffi | 5 Nuoto = 2 Tuffi = 3 |
| Shields B.J. | | 565 | Cheerleading | 37 (7%) |
| Alonso J.M. | | 192 | | 1 |
| Yard E. | High school | 287 | Wrestling | 5.4% |
| Langevoort G. | | 478 | Pallamano | Neck sprain = 1 Neck strain = 4 |
| Deitch J.R. | Atleti professionisti | 1145 (702 NBA, 443 WNBA) | Basket | NBA = 23 (0.8%) WNBA = 14 (0.9%) |
| Neville V.J. | 35 ± 5 anni Uomini | 220 | Yacht racing | 5 (0.2%) |
| Junge A. | Uomini e donne | 377 | Calcio, pallamano, basket, field hockey, baseball, softball, water polo, pallavolo | 4 Calcio = 0 Pallamano = 4 Basket = 0 Field Hockey = 0 |
| Ellis MJ. | 6-19 anni Maschi | 246 | Hockey, Football, Calcio, Basket | 32.5% |
| Neil K. | 13 anni Maschi e femmine | 14447 | Football | 988 |

Tabella 3

3.4 Sintesi dei risultati

Sessantuno articoli esaminano l'incidenza del colpo di frusta in ambito sportivo. La maggior parte dagli USA (n = 31) e UK (n = 6). Altri paesi con meno di cinque studi includono: Canada (n = 4), Svizzera (n = 3), Australia (n = 3), Irlanda (n = 3), Nuova Zelanda (n = 2), Svezia (n = 2), Giappone (n = 2), Olanda (n = 1), Germania (n = 1), Argentina (n = 1), Scozia (n = 1) e Spagna (n = 1). La maggior parte degli studi sono stati condotti per attività sportive in età scolare, con 15 studi che indagavano gli sport nelle scuole superiori e nei college americani. 6 studi includono bambini sotto i 14 anni e 4 studi sono stati condotti su atleti professionisti. 2 studi includono atleti sopra i 40 anni, che si sono ritirati dall'attività sportiva, 1 studio include atleti paralimpici. Per quanto riguarda i rimanenti studi sono stati condotti su atleti amatoriali o non è stato specificato.

La maggior parte degli studi sono studi epidemiologici prospettivi e retrospettivi.

Solo cinque articoli menzionano il termine "whiplash" indagandone l'incidenza, tutti gli altri parlano di "neck strain" o "neck sprain".

Gli sport più indagati e con più elevata incidenza di questo infortunio sono il football (n = 18), il rugby (n = 12) e l'hockey (n = 10). Sono seguiti da altri sport come calcio, basket, arti marziali (wrestling, judo, karatè, box), pallavolo, cheerleading, equitazione, baseball, sport di montagna (arrampicata, mountain bike, sci, snowboard) e sport acquatici (nuoto, sci d'acqua, water polo, tuffi). Il grafico sottostante evidenzia la diversa prevalenza dei vari sport indagati negli studi inclusi nella revisione.

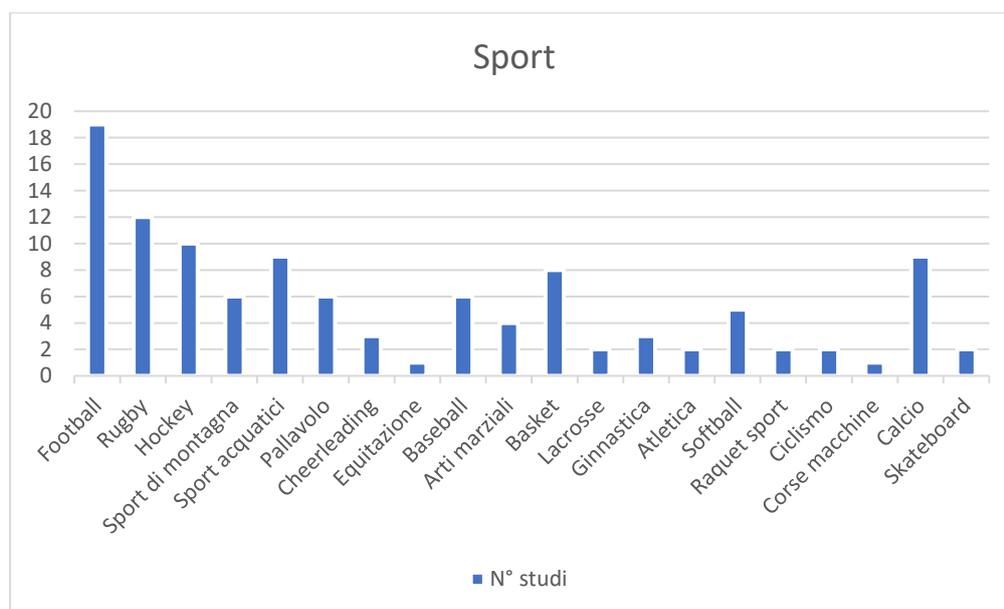


Figura 2

Per quanto riguarda i dati di incidenza del colpo di frusta, nei grafici sottostanti vengono rappresentati gli sport più rappresentati in rapporto ai diversi studi.

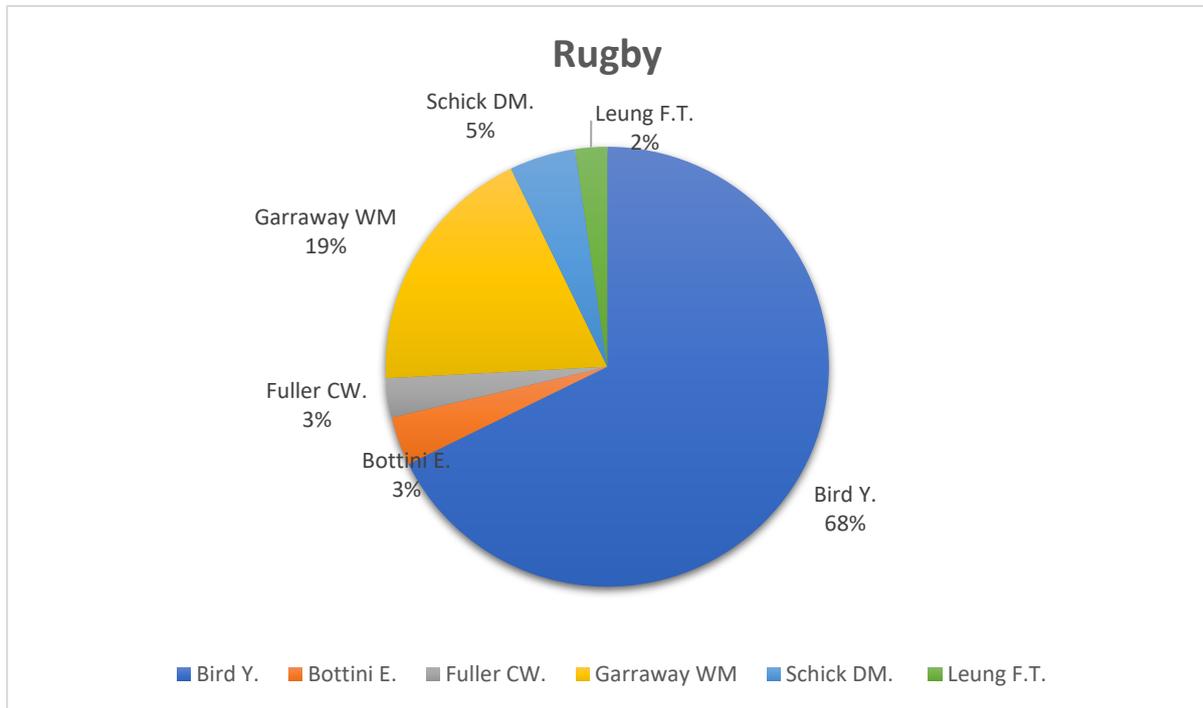


Figura 3

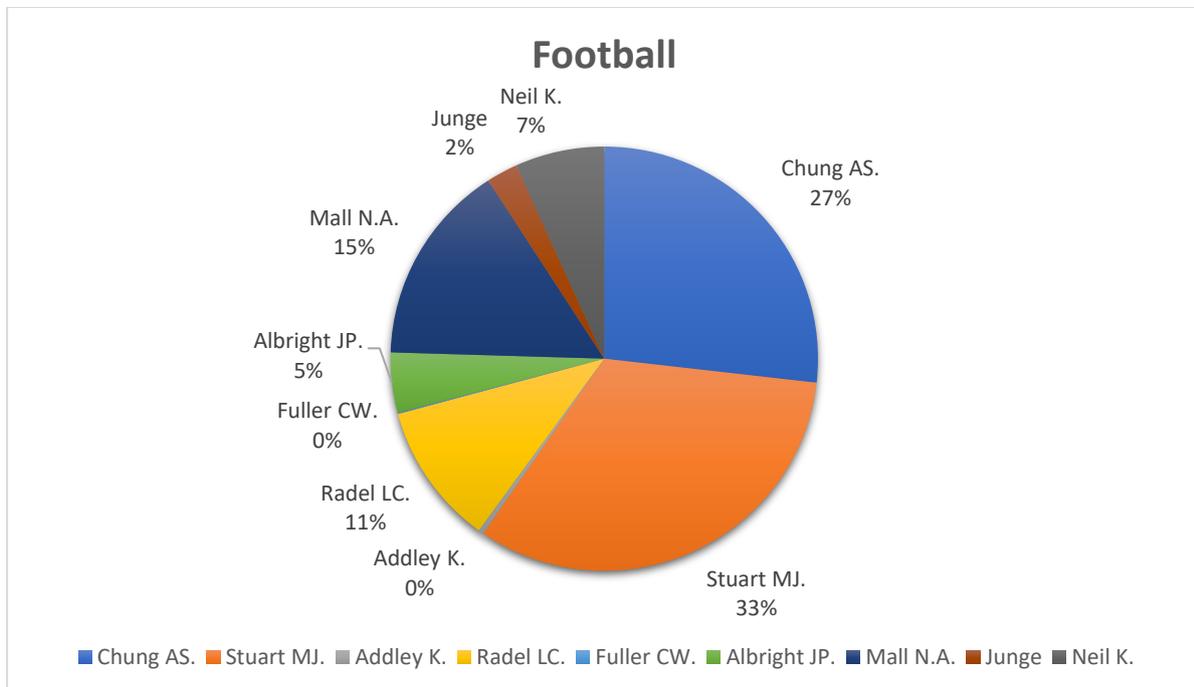


Figura 4

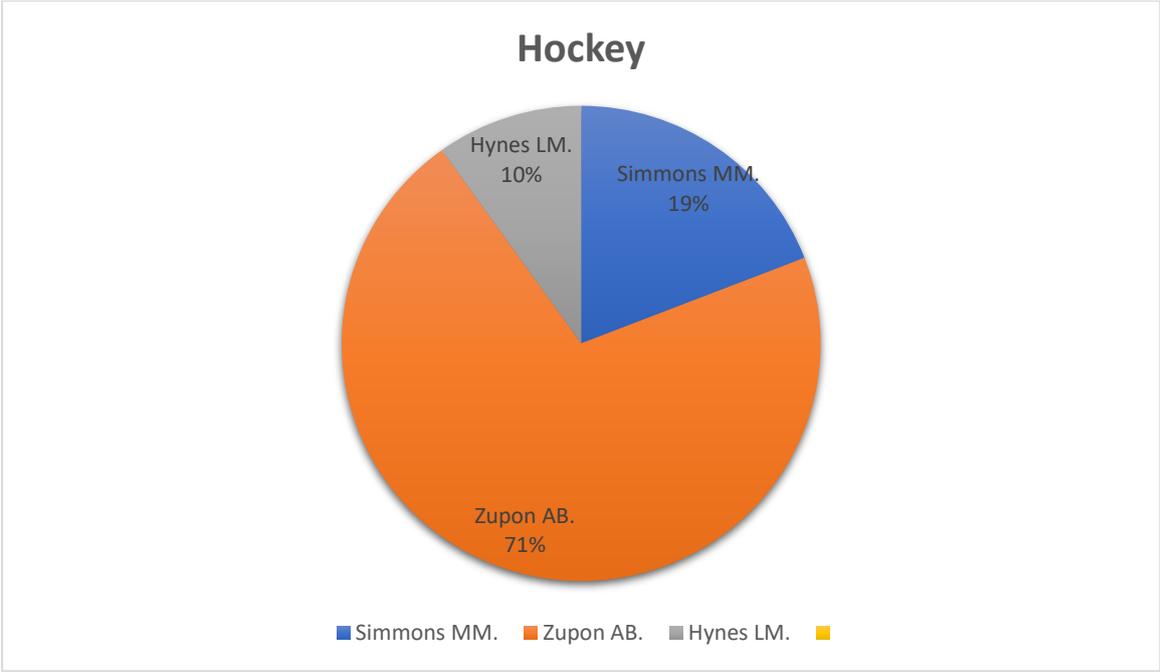


Figura 5

4 DISCUSSIONI

4.1 Riassunto dell'evidenza

In questa scoping review sono stati identificati 61 studi che indagano l'incidenza del colpo di frusta nello sport. I risultati riportati sono, tuttavia, dati misti in quanto, nella maggior parte degli studi, vengono inclusi oltre al colpo di frusta, altre categorie più ampie di infortunio come le distorsioni cervicali o gli sforzi cervicali, in cui non viene specificato il termine "whiplash". Questi studi potrebbero includere, quindi, non solo l'infortunio del colpo di frusta, ma anche semplici stiramenti o contratture muscolari, portando a risultati d'incidenza variabili. Occorre pertanto tenere conto di questa variabilità nei risultati della revisione.

Dai risultati emerge che, in base alla tipologia di sport, il rugby, il football e l'hockey sono quelli maggiormente rappresentati in letteratura per quanto riguarda il colpo di frusta. Probabilmente ciò è dovuto alle dinamiche di gioco e ai possibili meccanismi lesionali legati agli sport da contatto, che li rendono più a rischio rispetto ad altri. Le cadute all'indietro in seguito a collisione tra giocatori, infatti, possono portare a meccanismi di accelerazione-decelerazione del rachide cervicale tipici del colpo di frusta¹³. Questi sport vengono seguiti dagli sport acquatici, dal calcio e dal basket. Meno rappresentati in letteratura risultano, invece, gli sport di montagna, la pallavolo, il baseball, il softball seguiti dalle arti marziali, dal cheerleading, dall'equitazione, dal lacrosse, dalla ginnastica, dall'atletica, dai raquet sport, dal ciclismo, dalla corsa alle macchine, dallo skateboard. Questi ultimi sport vengono meno rappresentati in letteratura o perché possono essere considerati come sport meno a rischio per quanto riguarda le dinamiche di gioco, oppure perché probabilmente non sono stati sufficientemente indagati per quanto riguarda il colpo di frusta e gli infortuni cervicali. Ad esempio, nelle arti marziali vengono indagati i traumi maxillo-facciali e, in particolare, le fratture facciali che spesso non considerano i possibili traumi associati al collo⁶. Oppure, nella maggior parte degli sport elencati viene indagata la concussione¹³, intesa come trauma cranico che può andare da lieve a grave, senza considerare il possibile colpo di frusta associato. In letteratura si parla anche di traumi fatali¹⁵ che potrebbero includere meccanismi simili al colpo di frusta ma che, nella maggior parte dei casi, non sono stati indagati.

I dati di incidenza del colpo di frusta per quanto riguarda gli sport più rappresentati in letteratura variano: nel rugby dal 68% nello studio di Bird Y. al 2% nello studio di Leung F.T; nel football dal 33% nello studio di Stuart MJ. allo 0% negli studi di Fuller CW. e Addley K;

nell'hockey dal 71% nello studio di Zupon AB. al 10% nello studio di Hynes LM. Queste percentuali variabili potrebbero essere attribuite alla mancanza di una definizione univoca in letteratura del termine whiplash nello sport. Infatti, mentre la definizione di colpo di frusta è chiara per quanto riguarda le collisioni di veicoli a motore, in ambito sportivo c'è ancora confusione.

4.2 Limitazioni

Questa revisione presenta alcune limitazioni. Prime tra tutte l'ampia variabilità dei dati di incidenza. Essa potrebbe essere dovuta al fatto che, allo scopo di raccogliere più dati possibili, in questa revisione sono stati inclusi studi che non menzionavano direttamente il termine "whiplash" ma che parlavano di "neck strain" o "neck sprain". Queste ultime definizioni, infatti, spesso includevano, insieme al meccanismo traumatico del colpo di frusta, altre meccaniche lesionali come stiramenti cervicali muscolari o legamentosi. Ciò è dovuto al fatto che tra i vari studi non esiste una concordanza sulla definizione di whiplash e ne deriva, perciò, un'ampia variabilità di dati.

4.3 Conclusioni

Lo scopo di questa revisione era quello di indagare quanti e quali studi fossero presenti in letteratura che riportavano l'incidenza del colpo di frusta nello sport. Sono stati individuati numerosi sport in cui è presente questo tipo di infortunio, dato che indica un'ampia diffusione. Dalla revisione si possono dedurre gli sport maggiormente a rischio. Inoltre, data l'elevata prevalenza di questo infortunio nello sport, è necessario saperlo riconoscere per poterlo trattare e prevenire adeguatamente. È fondamentale una corretta valutazione dell'atleta per poterlo indirizzare a un adeguato trattamento e ritorno allo sport.

A questo scopo, potrebbe essere utile raggiungere una definizione univoca in letteratura per arrivare a un migliore inquadramento di questo tipo di infortunio e per il relativo trattamento e/o prevenzione. Ciò potrebbe, inoltre, limitare ritorni precoci allo sport che potrebbero altrimenti portare più facilmente a recidive o a dolori cronici più difficili da trattare e che potrebbero limitare la prestazione sportiva dell'atleta.

5 BIBLIOGRAFIA

1. Puvanesarajah, V., Qureshi, R., Cancienne, J. M. & Hassanzadeh, H. *Traumatic Sports-Related Cervical Spine Injuries*. www.clinicalspinesurgery.com (2016).
2. Deckey, D. G. *et al.* Neck and Cervical Spine Injuries in National College Athletic Association Athletes: A 5-Year Epidemiologic Study. *Spine (Phila Pa 1976)* **45**, 55–64 (2020).
3. Chung, A. S. *et al.* Epidemiology of Cervical Injuries in NCAA Football Players. *Spine (Phila Pa 1976)* **44**, 848–854 (2019).
4. Scheffler, P., Wolter, N. E., Namavarian, A., Propst, E. J. & Chan, Y. Contact sport related head and neck injuries in pediatric athletes. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* **121**, 6–9 (2019).
5. Swain, M. S., Lystad, R. P., Pollard, H. & Bonello, R. Incidence and severity of neck injury in Rugby Union: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport* **14**, 383–389 (2011).
6. Lystad, R. P. *et al.* Epidemiology of injuries in Olympic-style karate competitions: systematic review and meta-analysis. doi:10.1136/bjsports-2020-101990.
7. McIntosh, A. S., Mccrory, P., Finch, C. F. & Wolfe, R. Head, face and neck injury in youth rugby: incidence and risk factors. *Br J Sports Med* **44**, 188–193 (2010).
8. Thomas, R. E. & Thomas, B. C. A systematic review of injuries in gymnastics. *Physician and Sportsmedicine* **47**, 96–121 (2019).
9. Chou, D. W., Kshirsagar, R. & Liang, J. Head and Neck Injuries from Rock Climbing: A Query of the National Electronic Injury Surveillance System. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology* **130**, 18–23 (2021).
10. Meyers, M. C. & Laurent, C. M. *The Rodeo Athlete Injuries-Part II*.
11. Hagel, B. E., Russell, K., Goulet, C., Nettel-Aguirre, A. & Pless, I. B. Original Contribution Helmet Use and Risk of Neck Injury in Skiers and Snowboarders. **171**, (2010).
12. Meron, A., McMullen, C., Laker, S. R., Currie, D. & Comstock, R. D. Epidemiology of Cervical Spine Injuries in High School Athletes Over a Ten-Year Period. *PM and R* **10**, 365–372 (2018).
13. Elliott, J. *et al.* Injury Reduction Programs for Reducing the Incidence of Sport-Related Head and Neck Injuries Including Concussion: A Systematic Review. *Sports Medicine* vol. 51 2373–2388 (2021).
14. Jagannathan J, Dumont AS, Prevedello DM, Shaffrey CI & Jane JA Jr. *Cervical spine injuries in pediatric athletes: mechanisms and management*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17112196/> doi:10.3171/foc.2006.21.4.7.
15. Alas, H. *et al.* Sports-related cervical spine fracture and spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)* **46**, 22–28 (2021).
16. Carmichael, J. P., Staton, E. W., Blatchford, P. J. & Stevens-Lapsley, J. EPIDEMIOLOGY of NECK INJURIES ACCOMPANYING SPORT CONCUSSIONS in YOUTH OVER a 13-YEAR PERIOD IN a

COMMUNITY-BASED HEALTHCARE SYSTEM. *International Journal of Sports Physical Therapy* **14**, 334–344 (2019).

17. Liberati, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* **339**, (2009).
18. Tricco, A. C. *et al.* PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine* vol. 169 467–473 (2018).