



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 valutazione della Sport Related Concussion

Candidato:

Dott.ssa Alessia Bovero

Relatore:

Dott. OMPT Simone De Luca

INDICE

Abstract	6
Introduzione	8
Definizione e meccanismo lesionale.....	8
Epidemiologia.....	9
Segni e sintomi.....	10
Obiettivo della revisione.....	12
Materiali e metodi	13
Premessa.....	13
Quesito clinico.....	13
Criteri di eleggibilità.....	13
Strategia di ricerca.....	14
Selezione degli studi.....	15
Critical appraisal degli studi inclusi.....	15
Risultati	16
Selezione degli studi.....	16
Caratteristiche degli studi.....	17
Analisi del rischio di bias negli studi inclusi.....	20
Sintesi dei risultati degli studi inclusi.....	22
Discussione	33
Premessa.....	33
Domini clinici oggetto di valutazione.....	33
Valutazione dell'equilibrio.....	35
Valutazione neurocognitiva.....	36

Valutazione di attività dual-task.....	36
Valutazione della kinesiofobia.....	37
Altri test.....	37
Limiti della revisione.....	38
Indicazioni per la ricerca futura.....	39
Conclusioni.....	40
Key points.....	40
Appendice.....	41
Bibliografia.....	46

ABSTRACT

Background: la Sport Related Concussion (SRC) è una sindrome che si caratterizza clinicamente per un insieme di segni e sintomi fisici, cognitivi ed emotivo-comportamentali che insorgono a seguito di eventi traumatici alla testa, specialmente negli sport di contatto. L'eterogeneità della sintomatologia rende la sua valutazione complessa e dispendiosa, in termini di tempo, attrezzature e setting, oltre a richiedere un'adeguata preparazione di allenatori e professionisti sanitari.

Obiettivi: lo scopo è quello di individuare gli strumenti disponibili ad oggi per una valutazione accurata e completa della SRC.

Metodi: la ricerca è stata condotta, secondo le linee guida PRISMA, sulle banche dati Medline (Pubmed) e Cochrane Library (Febbraio-Aprile 2023). Sono stati esclusi studi in cui l'evento traumatico non fosse legato all'attività sportiva e in cui non si sospettasse un coinvolgimento del capo, mentre non sono state previste restrizioni per quanto riguarda la data di pubblicazione e l'età dei partecipanti. Lo screening degli articoli, l'estrazione dei dati e l'analisi del rischio di bias ("AXIS" per gli studi osservazionali; "Joanna Briggs Critical Appraisal for Systematic Reviews" per le revisioni sistematiche) sono stati effettuati da un singolo revisore.

Risultati: le stringhe di ricerca hanno prodotto 1004 articoli. Di questi, solo 11 (8 studi osservazionali e 3 revisioni sistematiche) sono stati inclusi nella revisione, poiché conformi ai criteri di inclusione. La qualità metodologica degli studi inclusi è risultata medio-bassa. Gli studi si soffermano sui domini clinici oggetto di valutazione (segni e sintomi, funzioni cognitive, equilibrio, controllo motorio, oculomotricità, tolleranza all'esercizio, tempo di reazione e kinesiofobia) e sugli strumenti diagnostici attualmente utilizzati per ciascuno di essi.

Conclusioni: ad oggi non esiste un gold standard diagnostico e la diagnosi dipende dal giudizio soggettivo del clinico. Gli strumenti attualmente utilizzati richiedono tempo e specifiche attrezzature e non permettono di individuare in maniera accurata gli atleti che hanno subito una SRC. Gli studi inclusi operano un confronto tra atleti post concussione e atleti sani. Ricerche future dovranno considerare gruppi di controllo formati da atleti che hanno subito un infortunio di altra natura, in modo da capire se i test di valutazione sono specifici per la SRC o se producono risultati simili

in altri disturbi muscoloscheletrici. Tuttavia, sembra esserci una crescente consapevolezza dell'importanza della valutazione multidimensionale della 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 marcarne 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). Inoltre, le atlete riferiscono un numero maggiore di sintomi (cognitivi, emotivi, disturbi del sonno) (20), una maggior durata degli stessi (21) e presentano 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 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 un'alta prevalenza di 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 i suddetti 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, si è visto che la presenza di emicrania in anamnesi prolunga il tempo di recupero oltre i 28 giorni; dalla revisione di Iverson et al. (30) è emerso che soggetti con disturbi psichiatrici, in particolare la depressione, tendono 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, 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, di indirizzare il paziente verso i professionisti e le indagini diagnostiche più adeguati e di identificare correttamente gli impairment che saranno poi il target del trattamento riabilitativo.

MATERIALI E METODI

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 le strategie di valutazione, da un punto di vista fisioterapico, della sport-related concussion.

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

- P (Population): sport-related concussion
- O (Outcome): valutazione clinica

CRITERI DI ELEGGIBILITÀ

Criteri 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 riguardanti la valutazione clinica iniziale
- Studi per i quali sia reperibile il full text
- Studi scritti in lingua inglese o italiana
- Studi con popolazione umana

Criteri 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 riguardanti la valutazione strumentale ed altri esami specialistici di competenza non fisioterapica (es. bioimmagini, esami elettrofisiologici, valutazione psichiatrica)
- 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 (((((((((((((diagnosis) OR (diagnosis[MeSH Terms]))) OR ("diagnoses and examinations")) OR (assessment)) OR (examination)) OR (evaluation)) OR ("physical exam")) OR ("physical exams")) OR ("physical examination")) OR ("physical examination"[MeSH Terms])) OR ("diagnostic test")) OR ("symptom assessment"[MeSH Terms])) OR ("symptom assessment")) OR ("symptom evaluation")) OR ("physical examinations and diagnoses"))
Cochrane
#1 ("sport-related concussion" OR "sport-related concussions"):ti,ab,kw (Word variations have been searched)
#2 MeSH descriptor: [Diagnosis] explode all trees
#3 MeSH descriptor: [Physical Examination] explode all trees

#4 MeSH descriptor: [Symptom Assessment] explode all trees

#5 ("diagnoses and examinations" OR diagnosis OR assessment OR examination OR evaluation OR "physical exam" OR "physical exams" OR "physical examination" OR "diagnostic test" OR "symptom assessment" OR "symptom evaluation" OR "physical examinations and diagnoses"):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 (AB) 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.

CRITICAL APPRAISAL DEGLI STUDI INCLUSI

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 studi osservazionali è stata utilizzata la scala “AXIS” (33), mentre per le revisioni sistematiche il “Joanna Briggs Critical Appraisal for Systematic Reviews” (34).

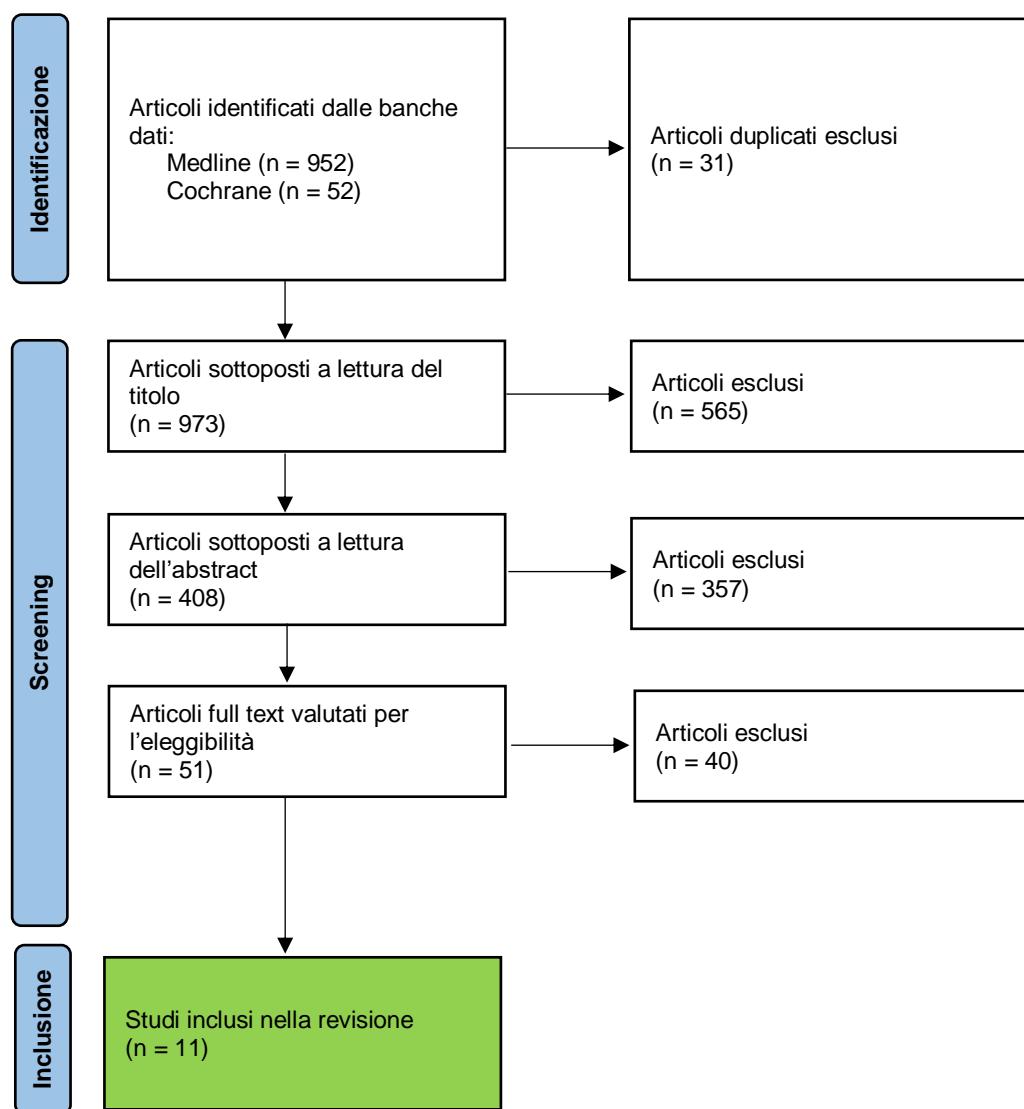
RISULTATI

SELEZIONE DEGLI STUDI

La ricerca ha prodotto 952 risultati su Medline e 52 risultati su Cochrane, per un totale di 1004 records.

Dopo aver rimosso i duplicati ($n = 31$), i rimanenti 973 articoli sono stati sottoposti a screening, conformemente ai criteri di eleggibilità riportati nel paragrafo “Materiali e metodi”, secondo il seguente procedimento: 565 sono stati esclusi in seguito alla lettura del solo titolo, dei rimanenti 408 sono stati eliminati 357 studi in seguito alla lettura dell’abstract. Successivamente la fase di analisi dei full text dei 51 articoli rimanenti ha portato all’esclusione di 40 studi, pertanto, al termine del processo di selezione sono stati inclusi nella revisione 11 articoli (Figura 1).

Figura 1. Diagramma di flusso PRISMA 2020



CARATTERISTICHE DEGLI STUDI

Tabella 2. *Sintesi degli studi osservazionali inclusi nella revisione*

Autore, anno	Disegno di studio	Obiettivo	Partecipanti	Strumenti di valutazione	Risultati
Cosgrave et al., 2023	Studio di coorte prospettico	Valutare l'accuratezza diagnostica del Cogstate Brief Battery (CBB) e del King-Devick test (K-D test), due strumenti che valutano rispettivamente la sfera neurocognitiva e l'oculomotricità.	135 giocatori di rugby (16.7 ± 0.82 anni); 18 SRC in 16 partecipanti	SCAT-3 CBB K-D test	CBB e K-D test presentano una scarsa sensibilità (42% e 48%), e un alto tasso di falsi positivi (33% e 11%), per cui se applicati isolatamente potrebbero indirizzare al RTS atleti che non hanno raggiunto un recupero completo.
Merchant-Borna et al., 2017	Studio di coorte	Valutare l'accuratezza della Nintendo Wii Balance Board (WBB) nel rilevare i cambiamenti del controllo posturale nel tempo in atleti che hanno subito una SRC, confrontandola con il Balance Error Scoring System (BESS).	19 atleti con SRC (19.2 ± 1.2 anni)	WVBB BESS ImPACT	La WVBB potrebbe essere utilizzata in alternativa al BESS nell'atleta post-SRC visto la maggior sensibilità nell'identificare deficit di equilibrio minori e la maggior oggettività di valutazione.
Howell et al., 2019	Studio cross-sectional	1) Valutare gli effetti di una SRC sulla capacità di completare task motori di diversa complessità, isolatamente o associati a task cognitivi. 2) Analizzare le differenze nei medesimi task tra soggetti con SRC che riportano deficit di equilibrio e soggetti con SRC che non li riportano.	49 atleti con SRC (14.9 ± 1.9 anni) vs 65 controlli sani (14.9 ± 1.6 anni)		Integrare task dinamici nella valutazione (es. cammino) al posto di quelli statici (es. stazione eretta) sembra facilitare il riconoscimento di una SRC e degli impairment associati. Invece, l'impatto del dual-task non sembra essere d'aiuto nel discriminare atleti SRC con deficit di equilibrio da atleti SRC senza tali deficit.
Corwin et al., 2023	Studio cross-sectional	Determinare la combinazione di elementi, tratti da quattro batterie comunemente utilizzate nella valutazione della SRC, che massimizzi la differenziazione tra atleti adolescenti che hanno subito una concussione da quelli che non l'hanno subita.	231 atleti con SRC (età media: 15.6 anni) vs 166 atleti sani (età media: 15.6 anni)	VVE SCAT-5 PCSI K-D test	Il modello composto da valutazione di saccadi e riflesso vestibolo-oculare della VVE, mBESS in posizione bipodalica, scala dei sintomi dello SCAT-5/PCSI e tempo di completamento del K-D test ha la stessa accuratezza diagnostica delle batterie standardizzate.

Autore, anno	Disegno di studio	Obiettivo	Partecipanti	Strumenti di valutazione	Risultati
Sherry et al., 2021	Studio di coorte prospettico	Identificare tra i seguenti strumenti quelli che meglio discriminano gli atleti che subiscono una SRC dai controlli sani nella fase acuta: la PCSS come inventario dei sintomi, l'ImPACT per la sfera cognitiva, il VOMS per i deficit vestibolari e oculomotori e il BESS per l'equilibrio.	64 atleti con SRC vs 59 controlli sani (15.07 ± 2.23 anni)	PCSS ImPACT VOMS BESS	PCSS e VOMS hanno mostrato la miglior capacità predittiva, classificando correttamente l'85% dei componenti del campione. Gli autori ne consigliano l'utilizzo combinato e non isolato.
Haider et al., 2019	Studio di caso-controllo	Valutare se il Buffalo Concussion Bike Test (BCBT), che prevede l'utilizzo di un cicloergometro, possa rappresentare una valida alternativa al Buffalo Concussion Treadmill Test (BCTT), che prevede invece l'utilizzo di un treadmill, nell'individuare i valori di frequenza cardiaca ai quali vengono esacerbati sintomi nei soggetti che hanno subito una SRC.	20 atleti con SRC vs 20 atleti sani (15.9 ± 1.1 anni)	BCTT BCBT	La frequenza cardiaca di provocazione dei sintomi nei due test è risultata equivalente in maniera statisticamente significativa ($p<0.05$): il BCBT potrebbe essere impiegato nella valutazione della tolleranza all'esercizio, nell'impostazione di un trattamento incentrato sull'esercizio aerobico e nella valutazione per il return to play dell'atleta con SRC.
Reinking et al., 2022	Studio di coorte prospettico	Valutare la presenza di kinesiofobia in atleti adolescenti che hanno subito una SRC e la sua correlazione con la severità dei sintomi post-concussione e il tempo di reazione.	32 atleti con SRC (15.2 ± 1.7 anni) vs 17 controlli sani (16.5 ± 1.3 anni)	TSK PCSI Drop-Stick Clinical Reaction Time test	Viste l'elevata incidenza e la correlazione con la sintomatologia e i tempi di reazione, la kinesiofobia è un aspetto che dovrebbe essere considerato a pari degli altri segni e sintomi tradizionalmente valutati nella SRC, soprattutto al momento del return to sport.
Büttner et al., 2021	Studio di coorte prospettico	Ricercare la presenza di impairment sensorimotori in atleti amatoriali che hanno subito una SRC in confronto con controlli sani, attraverso due test, funzionali dinamici: lo Star Excursion Balance Test (SEBT) e il Multiple Hop Test (MHT).	50 atleti amatoriali con SRC (22.9 ± 5.1 anni) vs 50 controlli sani (23.8 ± 4.6 anni)	SEBT MHT	Sono emerse differenze statisticamente significative tra i due gruppi al MHT ($p<0.0001$) ma non al SEBT ($p=0.4$). Il MHT potrebbe rappresentare un valido strumento per i clinici nella valutazione degli impairment sensorimotori in acuto e al momento del return to sport.

Tabella 3. Sintesi delle revisioni sistematiche incluse nella revisione

Autore, anno	Disegno di studio	Obiettivo	Metodologia di ricerca	Risultati
Register-Mihalik et al., 2013	Revisione sistematica	Ricerca della letteratura sull'utilizzo di attività dual-task, che associano un compito motorio ad uno cognitivo, nella valutazione della SRC.	La ricerca è stata effettuata sui database MEDLINE, Embase e CINAHL. Due autori in modalità indipendente hanno incluso 19 studi.	Gli studi inclusi prendono in considerazione come task motorio l'equilibrio o il cammino. Dal confronto tra soggetti che hanno subito una SRC e controlli sani, emerge che i primi presentano tempi di reazione maggiori, strategie di cammino meno efficienti e deficit di equilibrio più marcati nelle attività dual-task, sia in acuto che a lungo termine (fino a 6 anni dall'infortunio), mentre si equivalgono quando i task motori e cognitivi vengono eseguiti singolarmente. Tali informazioni suggeriscono che test in dual-task potrebbero differenziare atleti che hanno subito una concussione da soggetti sani e che modifiche delle capacità attente potrebbero permanere a lungo termine.
Putukian, 2017	Revisione sistematica	Ricerca della letteratura sulla valutazione clinica a bordo campo della Sport-Related Concussion.	La ricerca è stata effettuata su MEDLINE (dal 1968 al 2015). Un autore ha incluso 96 studi.	Una valutazione adeguata dovrebbe includere: screening iniziale per escludere danni severi, valutazione di segni e sintomi, funzioni cognitive, equilibrio, test combinati e test aggiuntivi (es. K-D test). Lo strumento standardizzato che mette assieme i vari domini affetti è il Sideline Concussion Assessment Tool (SCAT), sviluppato dall'International Concussion in Sport (ICS) group, il cui utilizzo è raccomandato se associato al giudizio soggettivo del clinico. Senza una valutazione alla baseline pre-infortunio è difficile interpretare la presenza o assenza di segni e sintomi, dato che essi potrebbero essere associati ad altre condizioni e disturbi.
Feddermann-Demont et al., 2017	Revisione sistematica	Individuare quali domini clinici dovrebbero essere valutati a seguito di una SRC e se una valutazione alla baseline potrebbe facilitare l'interpretazione dei risultati ai test.	La ricerca è stata effettuata sui database MEDLINE, Embase, PsycINFO, Cochrane, CINAHL e SPORTDiscus. Due autori in modalità indipendente hanno incluso 33 studi e valutato il rischio di bias mediante la Newcastle-Ottawa Scale (NOS).	I sintomi a seguito di una concussione sono eterogenei e coinvolgono diversi sistemi, ma gli studi inclusi si concentrano sulla valutazione dei deficit neurocognitivi (88.2%) e dell'equilibrio (28.2%) e si soffermano sul conteggio dei sintomi piuttosto che sulla loro valutazione dettagliata attraverso scale o questionari sintomo-specifici allontanandosi da un approccio interdisciplinare. Per quanto riguarda la valutazione alla baseline essa sembra essere a discrezione degli esaminatori: richiede spese in termini di tempo e denaro, ma alla luce di alcuni risultati post-concussione. risultare utile nell'interpretazione dei risultati post-concussione.

ANALISI DEL RISCHIO DI BIAS NEGLI STUDI INCLUSI

Tabella 4. *Valutazione del rischio di bias degli studi osservazionali inclusi tramite AXIS*

	Cosgrave et al., 2023	Merchant-Borna et al., 2017	Howell et al., 2019	Corwin et al., 2023	Sherry et al., 2021	Haider et al., 2019	Reinking et al., 2022	Büttner et al., 2021
1. Were the aims/objectives of the study clear?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
2. Was the study design appropriate for the states aim(s)?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
3. Was the sample size justified?	No	No	No	No	No	No	No	No
4. Was the target/reference population clearly defined? (Is it clear who the research was about?)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
5. Was the sample frame taken from an appropriate population base so that it closely represented the target/reference population under investigation?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
6. Was the selection process likely to select subjects/participants that were representative of the target/reference population under investigation?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
7. Were measures undertaken to address and categorise non-responders?	No	No	No	Yes	No	No	No	No
8. Were the risk factor and outcome variables measured appropriate to the aims of the study?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
9. Were the risk factor and outcome variables measured correctly using instruments/measurements that had been trialled, piloted or published previously?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
10. Is it clear what was used to determine statistical significance and/or precision estimates? (eg, p values, CIs)	Yes	Yes	Yes	Yes	TSE	Yes	Yes	TSE
11. Were the methods (including statistical methods) sufficiently described to enable them to be repeated?	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No

12. Were the basic data adequately described?	Yes	TSE	Yes	Yes	Yes	Yes	TSE	Yes
13. Does the response rate raise concerns about non-response bias?	No	No	No	No	Yes	No	No	No
14. If appropriate, was information about non-responders described?	NA	NA	NA	Yes	NA	NA	NA	NA
15. Were the results internally consistent?	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
16. Were the results for the analyses described in the methods, presented?	Yes							
17. Were the authors' discussions and conclusions justified by the results?	Yes							
18. Were the limitations of the study discussed?	Yes							
19. Were there any funding sources or conflicts of interest that may affect the authors' interpretation of the results?	No	DNK	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
20. Was ethical approval or consent of participants attained?	Yes							

Legenda: TSE=To Some Extent; DNK=Do Not Know; NA=Not Applicable.

Tabella 5. *Valutazione del rischio di bias delle revisioni sistematiche incluse tramite lo strumento “Joanna Briggs Critical Appraisal for Systematic Reviews”*

	Register-Mihalik et al., 2013	Putukian, 2017	Feddermann-Demont et al., 2017
1. Is the review question clearly and explicitly stated?	Yes	Yes	Yes
2. Were the inclusion criteria appropriate for the review question?	No	No	No
3. Was the search strategy appropriate?	No	No	Unclear
4. Were the sources and resources used to search for studies adequate?	Yes	No	No
5. Were the criteria for appraising studies appropriate?	No	No	Yes
6. Was critical appraisal conducted by two or more reviewers independently?	No	No	Yes
7. Were there methods to minimize errors in data extraction?	Unclear	No	No

8. Were the methods used to combine studies appropriate?	No	No	No
9. Was the likelihood of publication bias assessed?	No	No	No
10. Were recommendations for policy and/or practice supported by the reported data?	Yes	Yes	Yes
11. Were the specific directives for new research appropriate?	Yes	Yes	Yes

SINTESI DEI RISULTATI DEGLI STUDI INCLUSI

Cosgrave et al. (2023)

I partecipanti sono stati valutati mediante la batteria comprendente SCAT3 (Sport Concussion Assessment Tool), CBB e K-D test nel periodo preseason e dopo il trauma (da 1 a 7 giorni dopo; media: 3.9 giorni), dopodiché sono stati sottoposti ad un programma individualizzato di trattamento e rivalutati ogni settimana fino al pieno recupero. Gli esiti dei test hanno dimostrato una debole concordanza ($p=0.344$) tra la valutazione clinica standard tramite SCAT3 e i test oggetto dello studio. Nello specifico, CBB e K-D test presentano una scarsa sensibilità e un alto tasso di falsi positivi, per cui se applicati isolatamente potrebbero indirizzare al return to sport atleti che non hanno raggiunto un recupero completo (Tabella 6). Infatti, si è osservato accordo sullo stato di guarigione dei partecipanti solamente nel 38% delle valutazioni. Inoltre, si evidenzia un effetto apprendimento nell'ultima esecuzione del CBB e del K-D test, con un netto miglioramento rispetto alla baseline: questo potrebbe in parte spiegare i valori di sensibilità dei due test.

Tabella 6. Indici psicometrici CBB e K-D test

Clinical assessment vs CBB and K-D Test.

	CBB	K-D Test
Sensitivity	0.42	0.48
Specificity	0.67	0.9
False positive rate	0.33	0.11
False negative rate	0.58	0.52
Positive predictive value	0.65	0.88
Negative predictive value	0.44	0.52

Merchant-Borna et al. (2017)

Il Balance Error Scoring System (BESS) è uno strumento di valutazione di facile applicabilità, rapida esecuzione e costi minimi, che tuttavia ha diversi limiti, come ad esempio la scarsa affidabilità inter- e intra-operatore e la sua dipendenza dall'abilità e dall'esperienza dell'esaminatore, mentre la Nintendo Wii Balance Board (WBB) è una pedana di forza portatile e relativamente economica. Tramite tali strumenti e l'ImPACT (test neurocognitivo), sono stati valutati 19 atleti che hanno subito una SRC in tre momenti diversi: prima dell'inizio della stagione sportiva (baseline), 3 giorni e 7 giorni dopo la concussione. Il BESS prevede il mantenimento di 3 posizioni (appoggio bipodalico, appoggio monopodalico e tandem) in 2 condizioni (superficie solida e superficie morbida) ad occhi chiusi per 20 secondi; alla WBB è stata valutata la variazione del centro di pressione (COP; velocità del tracciato totale, velocità del tracciato antero-posteriore, velocità del tracciato medio-laterale, ampiezza del tracciato antero-posteriore, ampiezza del tracciato medio-laterale, deviazione standard antero-posteriore, deviazione standard medio-laterale) in stazione eretta bipodalica con occhi aperti (30 secondi), in stazione eretta monopodalica con occhi aperti (sull'arto dominante; 10 secondi), in stazione eretta bipodalica con occhi chiusi (30 secondi) e in stazione eretta monopodalica con occhi chiusi (sull'arto dominante; 10 secondi). Delle 7 variabili del BESS esaminate (il numero di errori nelle 3 posizioni in entrambe le condizioni e il punteggio totale), solamente una ha evidenziato un cambiamento statisticamente significativo ($p<0.05$) del controllo posturale, nello specifico la posizione in tandem su superficie morbida al giorno 7 rispetto al giorno 3 post-concussione. Invece, 5 delle 7 variabili esaminate alla WBB hanno mostrato un cambiamento significativo nel tempo: 3 variabili hanno registrato un peggioramento dell'equilibrio tra la baseline e il terzo giorno post-concussione, mentre 5 variabili un miglioramento tra il giorno 3 e il giorno 7 post-concussione (Tabella 7). È emersa una correlazione significativa ($p<0.05$) tra BESS e ImPACT, tra WBB e ImPACT e tra BESS e WBB. Tuttavia, il WBB è lo strumento che ha individuato il maggior peggioramento nella performance dalla baseline al terzo giorno post-concussione e il maggior miglioramento dal terzo al settimo giorno post-concussione: con la WBB al terzo giorno è risultato positivo un atleta considerato già negativo al BESS e all'ImPACT,

mentre, similarmennte, al settimo giorno è risultato positivo alla WBB un altro soggetto risultato negativo agli altri due test.

Tabella 7. Cambiamenti nei punteggi alla valutazione dell'equilibrio e della neurocognizione post-SRC

Balance Assessment	Baseline to Day 3			Baseline to Day 7			Day 3 to Day 7		
	Change, Mean \pm SD	t Value	P Value	Change, Mean \pm SD	t Value	P Value	Change, Mean \pm SD	t Value	P Value
Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Test^a									
Verbal memory	-5.05 \pm 8.63	2.55	.01	1.05 \pm 11.66	-0.39	.35	6.11 \pm 8.31	-3.20	.003
Visual memory	-0.26 \pm 12.56	0.09	.46	-4.00 \pm 15.82	1.10	.86	-3.74 \pm 11.28	1.44	.92
Visual-motor speed	-1.62 \pm 6.97	1.01	.16	1.13 \pm 6.19	-0.79	.22	2.75 \pm 5.05	-2.37	.01
Reaction time	0.02 \pm 0.08	-1.04	.16	0.00 \pm 0.08	0.25	.40	-0.02 \pm 0.05	2.28	.02
Impulse control	1.26 \pm 6.09	-0.90	.19	0.42 \pm 3.59	-0.51	.69	-0.84 \pm 5.28	0.69	.25
Total symptom score	7.89 \pm 10.45	-3.29	.002	0.47 \pm 9.43	-0.22	.59	-7.42 \pm 7.53	4.30	<.001
Cognitive efficiency	0.00 \pm 0.18	0.87	.20	0.08 \pm 0.19	-1.49	.08	0.08 \pm 0.08	-4.35	<.001
Balance Error Scoring System									
Double-legged stance on a firm surface	0.16 \pm 0.50	-1.37	.09	0.11 \pm 0.32	-1.46	.92	-0.05 \pm 0.52	0.44	.33
Single-legged stance on a firm surface	1.11 \pm 3.98	-1.21	.11	0.32 \pm 3.42	-0.80	.78	-0.79 \pm 3.51	0.74	.24
Tandem stance on a firm surface	0.47 \pm 2.80	-0.74	.24	-0.21 \pm 2.70	0.26	.40	-0.68 \pm 1.20	2.29	.02
Double-legged stance on foam surface	0.42 \pm 1.50	-1.22	.12	0.26 \pm 1.63	-0.70	.76	-0.16 \pm 1.26	0.55	.30
Single-legged stance on foam surface	0.21 \pm 2.90	-0.32	.35	-0.74 \pm 3.05	0.61	.28	-0.95 \pm 2.63	1.18	.13
Tandem stance on foam surface	0.05 \pm 3.54	-0.06	.42	-0.32 \pm 3.07	0.08	.47	-0.37 \pm 2.22	0.43	.34
Total	2.42 \pm 10.48	-1.01	.14	-0.58 \pm 10.97	-0.16	.56	-3.00 \pm 6.60	1.63	.06
Wii Balance Board^{b,c}									
log path velocity (overall)	0.26 \pm 0.78	-1.47	.08	-0.04 \pm 0.47	0.33	.37	-0.30 \pm 0.71	1.83	.042
log anterior-posterior path velocity	0.26 \pm 0.62	-1.82	.043	-0.03 \pm 0.39	0.31	.38	-0.29 \pm 0.59	2.12	.02
log anterior-posterior amplitude	0.36 \pm 0.53	-2.94	.004	0.04 \pm 0.41	-0.47	.68	-0.31 \pm 0.43	3.20	.003
log anterior-posterior SD	0.39 \pm 0.48	-3.53	.001	0.08 \pm 0.46	-0.78	.78	-0.31 \pm 0.43	3.10	.003
log medial-lateral path velocity	0.25 \pm 1.06	-1.03	.16	-0.05 \pm 0.71	0.32	.38	-0.30 \pm 0.95	1.40	.09
log medial-lateral amplitude	0.22 \pm 1.21	-0.79	.22	-0.17 \pm 0.79	0.95	.18	-0.39 \pm 1.15	1.48	.08
log medial-lateral SD	0.35 \pm 1.33	-1.14	.13	-0.13 \pm 0.78	0.73	.24	-0.48 \pm 1.19	1.75	.048

Howell et al. (2019)

I partecipanti hanno completato un protocollo comprendente 4 attività: stazione eretta (single-task), stazione eretta associata a un test cognitivo (dual-task), cammino (single-task), cammino associato a un test cognitivo (dual-task). Per la stazione eretta ai soggetti è stato richiesto di mantenere la posizione per 30 secondi ad occhi aperti con le mani sui fianchi, mentre per il cammino di raggiungere un target posto a 8 metri sul pavimento e di tornare al punto di partenza alla velocità in cui si sentivano sicuri. Nelle prove dual-task è stato estratto un test cognitivo tra i seguenti: fare lo spelling al contrario di parole composte da 5 lettere, sottrarre progressivamente 6 o 7 da un numero a due cifre o recitare i mesi al contrario. Le misure di outcome scelte sono state per la stazione eretta l'entità delle oscillazioni sul piano coronale e sagittale, mentre per il cammino la velocità media. La capacità cognitiva è stata valutata tramite il tasso di precisione nel completamento del task cognitivo (numero di risposte corrette/numero di risposte totali). Dai risultati è emerso che i soggetti con SRC camminano più lentamente sia in single-task che in dual-task e hanno una capacità cognitiva statisticamente inferiore ($p<0.013$) rispetto

al gruppo dei controlli; invece, non sono emerse differenze significative tra i due gruppi nei task in stazione eretta. In entrambi i gruppi si è registrata una differenza statisticamente significativa tra single-task e dual-task in tutte le attività (Tabella 8). Contrariamente a quelle che erano le aspettative degli autori, l'impatto del dual-task sull'esecuzione delle attività non differisce in maniera significativa ($p>0.013$) tra i due gruppi (Tabella 9). Per quanto riguarda invece gli atleti SRC con deficit di equilibrio, essi hanno registrato un impatto del dual-task sulla velocità media di cammino significativamente maggiore ($p<0.05$) rispetto agli atleti SRC senza deficit di equilibrio (Figura 2).

Tabella 8. *Media \pm SD per le misure assolute di cammino, stazione eretta e performance cognitiva*

Table 2 Mean \pm SD for absolute measures of gait, quiet stance, and cognitive performance

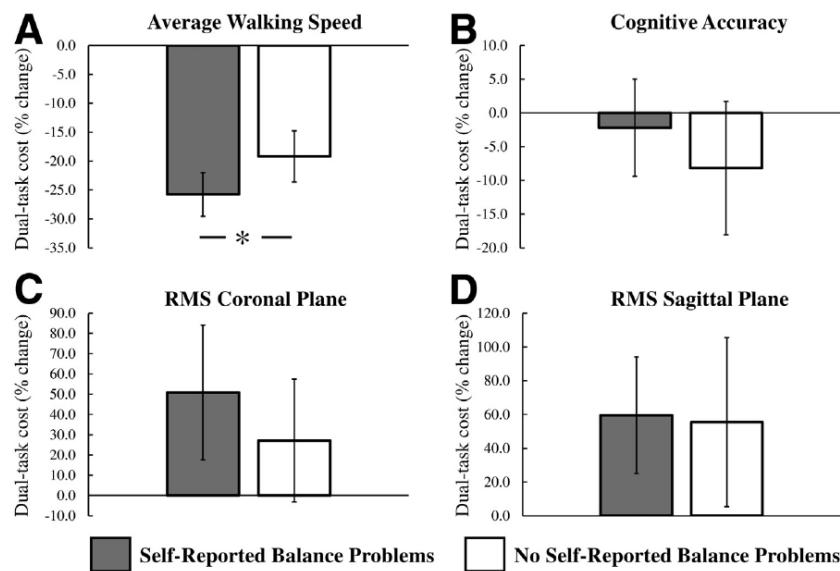
Variable	Condition	Concussion Group	Control Group	Between-Group Effect D	Main Effect of Task	Main Effect of Group	Interaction
Gait speed (m/s)	Single	1.08 \pm 0.17	1.18 \pm 0.15	0.58	$P<.001$	$P=.002$	$P=.69$
	Dual	0.83 \pm 0.17	0.92 \pm 0.15	0.53			
Cognitive task accuracy (% correct)	Single	91.1 \pm 11.7	94.6 \pm 6.4	0.38	$P=.01$	$P=.01$	$P=.30$
	Dual	86.4 \pm 17.3	92.1 \pm 7.1	0.47			
RMS coronal plane (m/s ²)	Single	0.86 \pm 0.64	0.98 \pm 0.86	0.16	$P=.007$	$P=.25$	$P=.58$
	Dual	1.20 \pm 0.52	1.26 \pm 0.65	0.09			
RMS sagittal plane (m/s ²)	Single	0.46 \pm 0.34	0.52 \pm 0.46	0.15	$P=.003$	$P=.04$	$P=.57$
	Dual	0.56 \pm 0.24	0.73 \pm 0.47	0.20			

Tabella 9. *Confronto dell'impatto del dual-task tra i gruppi SRC e controlli*

Table 3 Dual-task cost comparisons between concussion and control groups

Dual-Task Cost Variable	Concussion Group	Control Group	Between-Group Effect D	P Value
Gait speed	-23.1 \pm 10.1	-21.5 \pm 10.4	0.15	.42
Cognitive accuracy	-2.16 [-9.54, 1.89]	-2.40 [-5.64, 2.44]	0.17	.58
RMS coronal plane	44.8 [1.70, 134]	56.4 [-9.5, 121.7]	0.05	.76
RMS sagittal plane	37.8 [-2.00, 106]	32.3 [0.10, 156]	0.48	.60

Figura 2. Effetti dei deficit di equilibrio riportati dagli atleti SRC nei compiti dual-task



Corwin et al. (2023)

Le batterie di valutazione prese in considerazione sono le seguenti: “Visio-Vestibular Examination” (VVE), “Sport Concussion Assessment Tool – 5^a Edizione” (SCAT – 5, che include il “modified Balance Error Scoring System” (mBESS)), “King Devick” test (K-D) e “Post-Concussion Symptom Inventory” (PCSI). Dall’analisi statistica è emerso un modello a quattro fattori che ha mostrato la stessa accuratezza diagnostica degli strumenti standardizzati sopra elencati. Tale modello è composto da: valutazione di saccadi e riflesso vestibolo-oculare (VOR) della VVE, mBESS in posizione bipodalica, scala dei sintomi dello SCAT-5 o del PCSI (gli autori suggeriscono di usare lo SCAT-5 nelle situazioni più acute e il PCSI in quelle subacute) e tempo di completamento del K-D test. Questo è un esempio di cluster che permetterebbe ai clinici di risparmiare tempo e risorse nel processo valutativo di una possibile SRC: infatti, l’esecuzione delle batterie standardizzate richiederebbe fino a 30 minuti per ogni singolo paziente e porterebbe a valutare più volte medesimi aspetti.

Sherry et al. (2021)

Lo studio mette a confronto strumenti che valutano diversi aspetti clinicamente rilevanti in una SRC: la Post-Concussion Symptom Scale (PCSS) come inventario

dei sintomi fisici, cognitivi, affettivi e correlati al sonno tipicamente presenti a seguito di una SRC; l' Immediate Postconcussion Assessment and Cognitive Testing (ImPACT) per la sfera cognitiva; il Vestibular/Ocular Motor Screening (VOMS) per i deficit vestibolari e oculomotori e il Balance Error Scoring System (BESS) per l'equilibrio. Sono stati messi a confronto i risultati dei due gruppi ed è emersa una differenza statisticamente significativa ($p<0.05$) per tutti gli strumenti. È stata poi analizzata la capacità predittiva di tali strumenti attraverso una regressione logistica, con risultati significativi per la PCSS e il VOMS che hanno classificato correttamente l'85% dei componenti del campione (il 78,3% degli atleti con SRC e il 91,2% dei controlli). Lo studio sottolinea l'importanza del VOMS che attraverso specifici movimenti del capo e degli occhi consente la provocazione dei sintomi vestibolari (es. dizziness, cefalea e nausea) che i soggetti con SRC potrebbero non riportare in un semplice inventario dei sintomi associati proprio perché non elicitabili spontaneamente, con conseguente mancata diagnosi o incompleto inquadramento clinico. In conclusione, gli autori consigliano l'utilizzo combinato di un inventario dei sintomi riportati dall'atleta e di uno screening che eliciti i sintomi vestibolari e oculomotori, tuttavia suggeriscono anche di non utilizzare tali strumenti in maniera isolata per i seguenti motivi: essi forniscono informazioni soggettive ma non oggettive; il loro utilizzo permette di inquadrare correttamente l'85% dei soggetti (con un possibile ritorno precoce all'attività sportiva per il restante 15%) e nello studio non sono stati confrontati due gruppi di atleti, ma due popolazioni eterogenee (atleti vs non atleti).

Haider et al. (2019)

I partecipanti hanno dapprima svolto il BCTT ed entro i 3 giorni successivi il BCBT. Per ciascun test al termine di ogni step (1 minuto per il BCTT in cui si aumentavano l'inclinazione e la velocità del treadmill; 2 minuti per il BCBT in cui si incrementava la resistenza del cicloergometro) sono stati rilevati i seguenti parametri, fino all'esacerbazione dei sintomi o all'interruzione volontaria: frequenza cardiaca, severità dei sintomi post-concussione mediante una scala visuo-analogica (VAS) e sforzo percepito mediante la scala di Borg (RPE). In entrambi i gruppi, la frequenza cardiaca alla quale sono stati elicitati i sintomi nei due test è risultata equivalente in maniera statisticamente significativa ($p<0.05$): tutti i partecipanti che sono risultati

sintomatici sul treadmill sono risultati sintomatici allo stesso modo sul cicloergometro.

Reinking et al. (2022)

Il gruppo SRC è stato valutato entro 14 giorni dalla concussione e successivamente al momento del return to play (tempo tra le due valutazioni: 34.6 ± 33.5 giorni); il gruppo di controllo è stato valutato al momento del reclutamento e rivalutato approssimativamente 28 giorni dopo (tempo tra le due valutazioni: 27.5 ± 0.5 giorni), numero di giorni che secondo gli autori poteva corrispondere al tempo di return to play per gli atleti con SRC. Ad ogni valutazione sono state completate le seguenti scale e misurazioni: la Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK) per la kinesiofobia (la TSK ha un punteggio complessivo che può andare da 17 a 68; uno score maggiore o uguale a 37 viene etichettato come “high”, tenendo conto che maggiore è il punteggio registrato maggiore è il grado di kinesiofobia), il Drop-Stick Clinical Reaction Time Test per il CRT e il Post-Concussion Symptom Inventory (PCSI) per la severità dei sintomi post-concussione. In acuto, gli atleti con SRC hanno riportato punteggi e un tasso di esiti “high” alla TSK significativamente maggiori rispetto al gruppo di controllo ($p<0.05$). Invece, alla seconda valutazione non è emersa una differenza significativa tra i due gruppi, con una percentuale di punteggi “high” del 28% nel gruppo SRC e del 24% nel gruppo di controllo (Figura 3). Nel gruppo SRC è stata rilevata una correlazione significativa tra score alla TSK e severità dei sintomi post-concussione (PCSI) in entrambe le valutazioni e tra TSK e CRT esclusivamente al return to play (Figura 4).

Figura 3. Distribuzione dei punteggi alla TSK per il gruppo concussione e il gruppo di controllo in acuto e al RTP

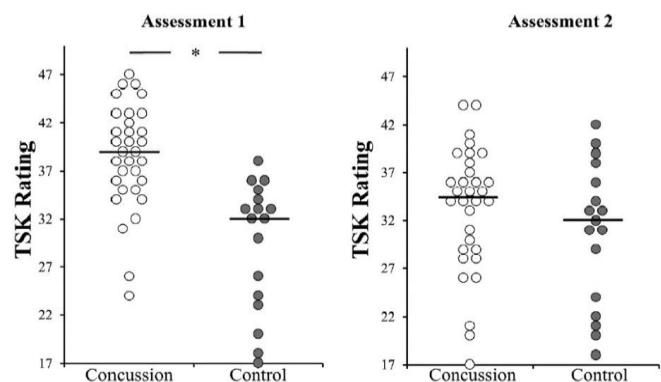
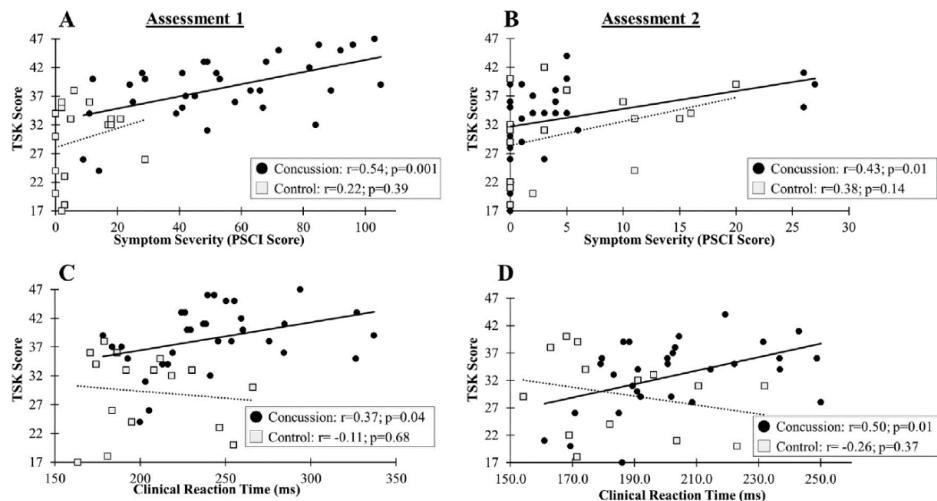


Figura 4. Relazione dei punteggi alla TSK con la severità dei sintomi post-concussione (A e B), e con il tempo di reazione (C e D)

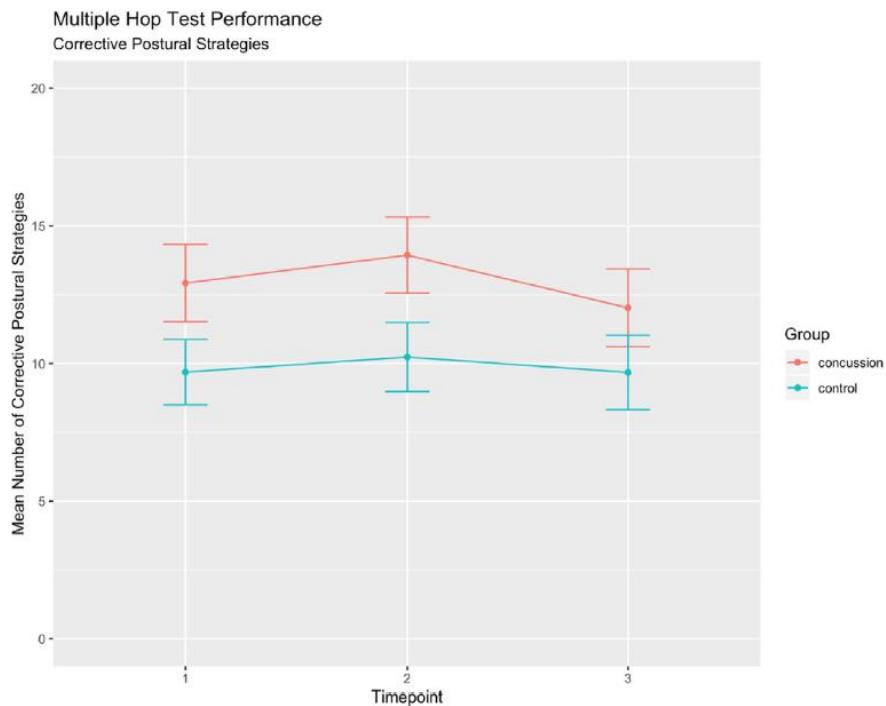


Büttner et al. (2021)

In questo studio si mettono a confronto atleti amatoriali che hanno subito una SRC con controlli sani per investigare la presenza di impairment sensorimotori nei primi attraverso due test funzionali dinamici: lo Star Excursion Balance Test (SEBT; test che valuta l'equilibrio dinamico attraverso un single-leg squat e il raggiungimento con l'arto non in carico del punto più lontano possibile su otto linee disposte a 45° l'una dall'altra) e il Multiple Hop Test (MHT; test che valuta l'equilibrio dinamico, in cui il soggetto deve saltare e atterrare in maniera stabile con un piede solo lungo un percorso formato da 10 segni numerati sul pavimento disposti in maniera multidirezionale). I partecipanti sono stati valutati in tre momenti sequenziali: il gruppo SRC entro una settimana dalla concussione, al momento del return-to-sporting activity (RTA) e 2 settimane dopo il RTA; il gruppo di controllo al momento del reclutamento e approssimativamente 2 settimane e 4 settimane dopo la valutazione iniziale. Non sono emerse differenze statisticamente significative tra i due gruppi al SEBT ($p=0.4$), mentre nel MHT gli atleti SRC hanno mostrato un numero significativamente maggiore di aggiustamenti posturali alla valutazione iniziale ($p<0.0001$) e al RTA ($p<0.0001$), ma non 2 settimane dopo il RTA ($p=0.043$; Figura 5). Dai risultati emerge che il SEBT, nonostante sia più appropriato rispetto ai test funzionali statici nell'individuare deficit sensorimotori, non sia sufficientemente dinamico per elicitare tali deficit nella popolazione SRC. Gli autori ipotizzano che i miglioramenti al MHT negli atleti SRC a 2 settimane dal RTA

potrebbero essere dovuti sia al recupero spontaneo sia agli effetti positivi indotti dalla ripresa degli allenamenti.

Figura 5. *Media del numero di aggiustamenti posturali al MHT nel gruppo concussione e nel gruppo di controllo nel tempo*



Register-Mihalik et al. (2013)

Gli studi inclusi prendono in considerazione come task motorio l'equilibrio, valutato ad esempio tramite il Balance Error Scoring System (BESS), o il cammino, di cui si analizzano velocità, lunghezza e larghezza del passo. Dal confronto tra soggetti che hanno subito una SRC e controlli sani, effettuato da 13 studi, emerge che i primi presentano tempi di reazione maggiori, strategie di cammino meno efficienti e deficit di equilibrio più marcati nelle attività dual-task, sia in acuto che a lungo termine (fino a 6 anni dall'infortunio), mentre si equivalgono quando i task motori e cognitivi vengono eseguiti singolarmente. Tali informazioni suggeriscono che test in dual-task potrebbero differenziare atleti che hanno subito una concussione da soggetti sani e che modifiche delle capacità attente potrebbero permanere per lungo tempo. Tuttavia, molti test applicati negli studi inclusi richiedono particolari attrezzature, setting e tempo, il che li rende difficilmente trasferibili nella pratica clinica comune, dove viene individuata la maggior parte delle SRC. I risultati della

revisione devono però essere presi in considerazione con cautela, vista la bassa qualità metodologica con la quale è stata condotta.

Putukian (2017)

Basandosi sui risultati degli studi inclusi, l'autore ha suddiviso il processo valutativo in sei componenti: screening iniziale, segni e sintomi, funzioni cognitive, equilibrio, test combinati e test aggiuntivi. Lo screening iniziale ha lo scopo di escludere severi danni cerebrali (es. emorragia cerebrale, frattura cranica) e/o alla colonna cervicale, attraverso una valutazione dello stato di coscienza attraverso la Glasgow Coma Scale (GCS). Se il soggetto è cosciente è indicato porre domande che indaghino orientamento spazio-temporale e memoria a breve e lungo termine, come ad esempio se si ricorda cosa è successo prima e dopo l'infortunio, giorno, mese ed anno correnti o il luogo in cui si trova, il punteggio della partita in corso, chi è stato l'ultimo giocatore a segnare, ecc. È poi opportuno indagare segni e sintomi e la relativa severità, nonostante essi varino in maniera considerevole da soggetto a soggetto e non siano specifici della concussione, attraverso opportune scale come la Post-Concussion Scale Revised, la Head Injury Scale, la SCAT postconcussive symptom scale e il Post-Concussive Symptom Score (PCSS). Senza una valutazione alla baseline pre-infortunio è difficile interpretare la presenza o assenza di segni e sintomi, dato che essi potrebbero essere associati ad altre condizioni e disturbi. Tuttavia, anche includendo una valutazione alla baseline permarrebbero delle difficoltà: ad esempio, un atleta potrebbe evidenziare fatighe, mal di testa, sonnolenza e deficit di concentrazione, sintomi caratteristici di una SRC, in un periodo stressante come quello del preseason, in cui si effettuano allenamenti quotidianamente e si comincia la scuola. I test cognitivi (es. Standardized Assessment of Concussion (SAC)) e sull'equilibrio (es. Balance Error Scoring System (BESS)) permettono di differenziare con una certa sicurezza atleti con SRC da atleti che non hanno subito una concussione se eseguiti nelle prime 24-48 ore. La valutazione di eventuali deficit oculomotori mediante il King-Devick test (K-D test) e del tempo di reazione attraverso un Drop-Stick Clinical Reaction Time test hanno mostrato risultati promettenti e dovrebbero essere integrati nell'analisi multimodale della SRC. Lo strumento standardizzato che condensa la valutazione dei vari domini affetti a seguito di una SRC è il Sideline Concussion Assessment Tool (SCAT), sviluppato dall'International Concussion in Sport (CIS) group. Il suo utilizzo è

raccomandato se associato al giudizio soggettivo del clinico: conoscere l'atleta e individuare delle modifiche anche sottili della sua personalità può portare alla diagnosi di SRC, nonostante un eventuale esito negativo alla valutazione oggettiva standardizzata. Alla luce di ciò e della possibile insorgenza ritardata dei sintomi, l'autore sottolinea che in caso di sospetto di SRC, anche se minimo, è indicato rimuovere l'atleta dalla competizione e sospendere gli eventuali allenamenti della giornata, piuttosto che rischiare di peggiorare il quadro clinico. Tuttavia, spesso l'accuratezza della valutazione e la decisione di tenere il soggetto a seguito di una SRC fuori dal gioco sono ostacolate sia dai tempi ristretti che dalla volontà degli atleti e degli allenatori di far rientrare l'atleta in campo. Tale revisione deve essere presa in considerazione con cautela vista la sua bassa qualità metodologica.

Feddermann-Dumont et al. (2017)

Sono stati inclusi 33 studi osservazionali (pubblicati tra il 1995 e il 2015), per un totale di 3284 atleti che hanno subito una SRC (età media: 17.4 anni). Dall'analisi emerge che i sintomi a seguito di una concussione sono eterogenei e coinvolgono diversi sistemi (vestibolare, sensorimotorio, neurocognitivo, oculomotorio, cervicale, psicologico), ma gli studi inclusi si concentrano sulla valutazione dei deficit neurocognitivi (88.2%) e dell'equilibrio (28.2%) e si soffermano sul conteggio dei sintomi (19 studi), ad esempio attraverso la Post-Concussion Symptom Scale (PCSS), piuttosto che sulla loro valutazione dettagliata attraverso scale o questionari sintomo-specifici (2 studi), allontanandosi da un approccio interdisciplinare: gli autori suggeriscono che future ricerche dovrebbero considerare studi che valutino in maniera analitica tutti i domini coinvolti in una SRC e che si dovrebbero includere nelle batterie di test, utilizzate nella pratica clinica quotidiana, strumenti di valutazione standardizzati per i deficit vestibolari e oculomotori. Per quanto riguarda la valutazione alla baseline (effettuata nell'81.8% degli studi), essa sembra essere a discrezione degli esaminatori: richiede spese in termini di tempo e denaro, ma alla luce di alcuni risultati può risultare utile nell'interpretazione dei risultati post-concussione. Vista la complessiva bassa qualità degli studi inclusi (qualità bassa: 4.3%; qualità discreta: 84.8%; qualità buona: 10.9%), le conclusioni della revisione devono essere considerate con cautela.

DISCUSSIONE

L’obiettivo della presente 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, di indirizzare il paziente verso i professionisti e le indagini diagnostiche più adeguati e di identificare correttamente gli impairment sui quali impostare successivamente il trattamento riabilitativo. Dalla ricerca e al termine del processo di selezione sono stati identificati 8 studi osservazionali e 3 revisioni sistematiche di qualità metodologica medio-bassa, che però propongono contenuti che dovrebbero essere approfonditi e maggiormente indagati dalla ricerca futura.

DOMINI CLINICI OGGETTO DI VALUTAZIONE

Dall’analisi degli studi presenti in letteratura è emerso che ad oggi non esiste uno strumento standardizzato che permetta di fare diagnosi di SRC. Gli esperti del “Concussion in Sport Group” (CISG) consigliano l’utilizzo del “Sport Concussion Assessment Tool – 5[^] edizione” (SCAT-5; Appendice 1) che prevede uno screening preliminare a bordo campo, per escludere danni neurologici severi e una successiva valutazione più approfondita in un ambiente privo di distrazioni, che si compone di: inventario dei sintomi, test cognitivi, esame neurologico di base e test per l’equilibrio (“modified Balance Error Scoring System – mBESS). Tuttavia, la sua efficacia diminuisce significativamente 3-5 giorni dopo la concussione e, inoltre, non valuta in maniera dettagliata tutti gli aspetti che potrebbero essere interessati a seguito di una SRC (2). Oltre allo SCAT-5, esistono strumenti di valutazione specifici per i singoli domini clinici che permettono un’analisi più approfondita, ma data l’eterogeneità della presentazione clinica dell’atleta post SRC, il clinico sarebbe costretto ad applicare una scala di valutazione per ogni singolo dominio, con conseguente dilatazione delle tempistiche e ridondanza di alcuni items comuni a più scale. Corwin et al. (35) hanno cercato di ovviare a tale problema creando un modello di valutazione completo e di rapida somministrazione, attraverso l’integrazione di elementi tratti da quattro batterie comunemente utilizzate a seguito di una SRC: valutazione di saccadi e riflesso vestibolo-oculare (VOR) della “Visio-Vestibular Examination” (VVE); mBESS in posizione bipodalica; scala dei sintomi dello SCAT-5 o del “Post-Concussion Symptom Inventory” (PCSI) (gli autori

suggeriscono di usare lo SCAT-5 nelle situazioni più acute e il PCSI in quelle subacute) e tempo di completamento del “King Devick test” (K-D test). Tale strumento di valutazione presenta un’accuratezza diagnostica equivalente a quella delle singole batterie, tuttavia la sua applicazione non è ancora raccomandata per due motivi: in primis, i partecipanti sono stati valutati mediamente a 10 giorni dall’infortunio, perciò i risultati non possono essere generalizzati alla popolazione valutata immediatamente dopo la concussione e in secondo luogo non ne sono state ancora valutate le proprietà psicométriche. Nonostante gli autori sembrano concordare sulla necessità di una valutazione multidimensionale, dalla revisione sistematica di Feddermann-Demont et al. (36) emerge che la maggior parte degli studi sulla valutazione post-SRC sia incentrata solo sui deficit cognitivi e dell’equilibrio e su un mero elenco quantitativo dei sintomi piuttosto che sulle loro caratteristiche cliniche. Putukian (37) nel suo studio individua sei fasi che dovrebbero far parte del processo valutativo della SRC: 1) screening iniziale, che ha lo scopo di escludere i danni neurologici più severi e di verificare l’orientamento del soggetto, 2) inventario dei segni e sintomi, con la relativa severità, 3) test cognitivi, 4) test per l’equilibrio, 5) test aggiuntivi, come il King-Devick test per l’oculomotricità e il Drop-Stick Clinical Reaction Time Test per il tempo di reazione e 6) test combinati, come lo SCAT. Tuttavia, rimanendo in linea con le raccomandazioni del CISG, l’autore rimarca l’importanza del giudizio soggettivo del clinico: se i test risultano negativi e permane comunque il sospetto di SRC (perché ad esempio il clinico nota dei cambiamenti di personalità o una scarsa lucidità) è indicato rimuovere l’atleta dal gioco in quanto non esiste un gold standard diagnostico e potrebbe esserci un’insorgenza ritardata della sintomatologia. Alla luce di queste limitazioni, Sherry et al. (38) mettono a confronto una serie di scale comunemente impiegate nella diagnosi di SRC e dall’analisi emerge che la “Post-Concussion Symptom Scale” (PCSS) e il “Vestibular-Ocular Motor Screening” (VOMS) presentano una maggior capacità predittiva, risultando in grado di individuare correttamente l’85% dei soggetti in fase acuta e subacuta. Il loro utilizzo non deve essere isolato ma combinato, alla luce del fatto che gli atleti tendono a sottostimare i loro sintomi e che questi spesso si risolvono spontaneamente prima della comparsa dei deficit vestibolari. Un’altra questione trattata nelle due revisioni sopracitate (36,37) è la valutazione degli atleti alla baseline nel periodo preseasong (atleta sano). Gli autori concordano sul fatto che uno screening pre-infortunio

sarebbe d'aiuto nella successiva interpretazione dei risultati ai test post-SRC, tuttavia, sono in accordo anche sul fatto che, oltre ai costi in termini di tempo e denaro e quindi alla difficile applicabilità nella pratica clinica quotidiana, i dati raccolti alla baseline dovrebbero essere considerati con cautela: infatti, i segni e sintomi tipici di una SRC, oltre ad essere eterogenei, non sono patognomonici e potrebbero celare disturbi di diversa natura.

Nonostante siano stati fatti dei tentativi per identificare sia gli strumenti più accurati tra quelli esistenti sia nuovi modelli valutativi, ad oggi non esiste ancora uno strumento standardizzato che permetta di fare diagnosi di SRC o, perlomeno, di condurre una valutazione completa senza dover ricorrere a più scale per i singoli domini clinici. Tuttavia, sembra esserci una crescente consapevolezza dell'importanza della valutazione multidimensionale della SRC e i ricercatori sembrano essere sulla giusta strada.

VALUTAZIONE DELL'EQUILIBRIO

Il controllo posturale è uno degli aspetti più approfonditi nella valutazione della SRC, come emerso anche dalla revisione di Feddermann-Demont et al. (36). La scala maggiormente utilizzata è il BESS, o in alternativa la sua versione modificata mBESS. La differenza sostanziale tra le due è che la prima prevede il mantenimento di tre posizioni (stazione eretta bipodalica, stazione eretta monopodalica e tandem) ad occhi chiusi per 20 secondi sia su una superficie solida che morbida, mentre la seconda valuta l'equilibrio esclusivamente su superficie solida, risultando così di più rapida applicazione. Il modello valutativo a più fattori di Corwin et al. (35), visto in precedenza, ha incluso il mBESS in posizione bipodalica, come nello SCAT-5, lo strumento standardizzato raccomandato dal CISG (2). Studi meno recenti si sono concentrati sull'analisi del BESS: Putukian (37) afferma che l'equilibrio è una componente fondamentale del processo valutativo della SRC e propone l'utilizzo della scala, mentre Sherry et al. (38), hanno evidenziato una differenza statisticamente significativa ($p<0.05$) tra atleti SRC e atleti sani nei risultati al test, ma non nella sua capacità predittiva. Nello studio di Merchant-Borna et al. (39) è emerso che la Wii Balance Board (WBB) potrebbe potenzialmente sostituire il BESS, in quanto caratterizzata da una maggior sensibilità nell'intercettare sia i peggioramenti che i miglioramenti dell'equilibrio e in quanto fornisce dati oggettivi.

Il limite di tutti questi studi, così come della pratica clinica comune, è che si prende in considerazione principalmente l'equilibrio statico. Dato che la popolazione colpita da SRC è quella sportiva, bisogna tenere in considerazione che l'attività svolta da questi soggetti richiede un buon controllo posturale dinamico, il che rende necessaria una valutazione dell'equilibrio più funzionale. A tale scopo, Büttner et al. (40) studiano la capacità dello "Star Excursion Balance Test" (SEBT), test per il controllo posturale dinamico, di individuare impairment sensorimotori: nonostante il SEBT sia più indicato rispetto ai test statici, non ha mostrato differenze statisticamente significative tra soggetti SRC e controlli sani. L'equilibrio è uno dei domini che registra maggiori danni a seguito di una SRC e che quindi deve essere sempre valutato: ciò è comunemente riconosciuto dalla comunità scientifica e dai professionisti che si interfacciano con gli atleti; tuttavia, ancora non sembra esserci accordo su quali siano gli strumenti più adeguati a tale scopo.

VALUTAZIONE NEUROCOGNITIVA

Assieme all'equilibrio, la sfera cognitiva è il dominio clinico più studiato nell'ambito della SRC (36). Uno degli strumenti più utilizzati è senza dubbio la "Standardized Assessment of Concussion" (SAC), inclusa nello SCAT-5, la cui accuratezza inizia però a diminuire dopo le prime 24-48 ore post SRC (37). Un altro strumento che è stato approfondito dagli autori negli ultimi anni è l'ImPACT, che sembra differenziare in maniera significativa i soggetti con concussione da quelli sani, seppur mostrando una scarsa capacità predittiva (38). Un altro test neurocognitivo a disposizione dei clinici è la "Cogstate Brief Battery" (CBB), di cui però è emersa una scarsa sensibilità (42%), che comporta un elevato tasso di falsi positivi, permettendo ad atleti non ancora completamente guariti di riprendere l'attività sportiva: gli autori ne sconsigliano l'applicazione in maniera isolata (41). Così come per il controllo posturale, ad oggi non esiste uno strumento standardizzato che permetta di valutare in maniera oggettiva i deficit cognitivi a seguito di una SRC.

VALUTAZIONE DI ATTIVITÀ DUAL-TASK

Alla luce dell'eterogeneità dei sintomi a seguito di una SRC, diversi autori hanno ipotizzato che l'utilizzo di test in dual task (motorio-cognitivo) possa elicitare deficit del controllo motorio altrimenti non osservabili con attività motorie o cognitive più semplici. La revisione sistematica di Register-Mihalik et al. (42) conferma tale

ipotesi; tuttavia, la qualità metodologica con cui è stata condotta è scarsa, per cui i risultati sono da considerarsi con cautela. Invece, dallo studio di Howell et al. (43) è emersa una differenza statisticamente significativa tra soggetti SRC e controlli sani per quanto riguarda la velocità di cammino in dual-task (motorio e cognitivo), ma tale differenza è emersa anche nel cammino non associato al secondo compito cognitivo: ciò sembra dimostrare che il dual-task non è necessario per la provocazione di specifici deficit a seguito di una concussione. Tuttavia, gli autori sospettano che con un campione di dimensioni maggiori e con l'utilizzo di misure di outcome e condizioni sperimentali più appropriate sarebbero potuti emergere risultati diversi.

VALUTAZIONE DELLA KINESIOFOBIA

La kinesiofobia è stata largamente studiata in diverse tipologie di infortuni muscoloscheletrici, come nella lesione del legamento crociato anteriore, ma non nella SRC. Reinking et al. (44) hanno però evidenziato un'elevata incidenza tra i soggetti che subiscono una SRC, con una differenza significativa rispetto ai controlli sani nei punteggi alla "Tampa Scale of Kinesiophobia" (TSK) in fase acuta. Inoltre, è emersa una correlazione tra kinesiofobia e severità dei sintomi post-concussione, sia in acuto che al momento del return to play. I risultati dello studio sottolineano l'importanza di considerare la kinesiofobia al pari degli altri sintomi caratteristici di una SRC, soprattutto al momento della ripresa dell'attività sportiva, in quanto la sua presenza rappresenterebbe un fattore fortemente limitante per il ritorno alle condizioni pre-infortunio.

ALTRI TEST

Negli ultimi anni c'è stata una crescita esponenziale degli studi presenti in letteratura sull'utilizzo dei test oculomotori nel processo valutativo della SRC. Lo strumento sicuramente più diffuso è il "King-Devick test" (K-D test), che consiste nel leggere il più velocemente possibile una serie di numeri su tre schermi a difficoltà crescente, senza muovere la testa o aiutarsi con le dita. Il modello a più fattori di Corwin et al. (35), citato precedentemente, include il K-D test e la revisione di Putukian (37) conferma che la sua applicazione renderebbe più completa la valutazione dell'atleta post SRC. Dallo studio di Cosgrave et al. (41) emerge invece una scarsa sensibilità (48%) del test, con un alto rischio di generare falsi positivi e quindi di consentire un

return to sport precoce, per cui la sua applicazione isolata viene sconsigliata. Un altro test oculomotorio comunemente utilizzato è il “Vestibular-Ocular Motor Screening” (VOMS): Sherry et al. (38) ne evidenziano la buona capacità predittiva, risultando in grado di individuare correttamente l’85% dei soggetti in fase acuta e subacuta. Tuttavia, ne viene sconsigliato l’utilizzo isolato.

Un altro aspetto che anche il CISG (2) consiglia di prendere in considerazione è la tolleranza all’esercizio fisico, soprattutto in ottica del ritorno all’attività sportiva. Uno dei test più utilizzati è il “Buffalo Concussion Treadmill Test” (BCTT), che attraverso l’utilizzo di un treadmill ha lo scopo di individuare i valori di frequenza cardiaca ai quali vengono esacerbati i sintomi a seguito di una SRC. Tuttavia, la sua applicazione è limitata nei casi di restrizioni della mobilità o deficit vestibolari severi che non rendono sicuro l’utilizzo del treadmill. Haider et al. (45) hanno dimostrato che il “Buffalo Concussion Bike Test” (BCBT), nonostante richieda all’incirca il doppio del tempo, rappresenta una valida alternativa al BCTT.

Infine, per quantificare i deficit sensorimotori a seguito di una SRC sarebbe opportuno somministrare dei test motori funzionali. Büttner et al. (40) hanno analizzato i risultati al Multiple Hop Test (MHT) che confermano la presenza di una differenza significativa ($p<0.0001$) tra atleti che subiscono una SRC e soggetti sani: infatti, i primi mostrano un numero maggior di aggiustamenti posturali, sia in fase acuta che al momento del return to play.

LIMITI DELLA REVISIONE

La presente revisione presenta alcuni limiti riguardanti il processo di revisione: ridotta esperienza dell’autore nella conduzione della ricerca, limitato numero di database consultati, inclusione di studi esclusivamente in lingua inglese o italiana, screening degli studi e l’estrazione dei dati da parte di un singolo revisore ed elevata eterogeneità dei dati estratti.

Per quanto riguarda la validità interna degli studi inclusi, i limiti emersi sono i seguenti: campioni di piccole dimensioni, popolazioni eterogenee in termini di età anagrafica e sport praticato, dati mancanti sui partecipanti o misure di outcome, presenza di fattori confondenti (es. concussioni pregresse nei partecipanti), confronto di soggetti che hanno subito una concussione con soggetti sani (quando invece sarebbe più opportuno fare un confronto con atleti che hanno subito un

infortunio muscoloscheletrico di altra natura), somministrazione di test e scale di valutazione da parte di diverse figure (allenatori, medici, altri professionisti sanitari) con differenti livelli di preparazione e specializzazione e quindi il fatto che non venga considerata in maniera specifica la figura del fisioterapista.

INDICAZIONI PER LA RICERCA FUTURA

Futuri studi dovrebbero approfondire l'elaborazione di uno strumento di valutazione standardizzato che integri tutti gli aspetti clinici che sono emersi come rilevanti anche dai risultati della presente revisione, in modo da permettere una valutazione completa e dettagliata della SRC, che tenga conto dell'eterogeneità delle manifestazioni cliniche, e allo stesso tempo risulti di rapida e pratica esecuzione per rispondere alle richieste e alle difficoltà logistiche e organizzative che caratterizzano il contesto sportivo, soprattutto *on field*.

Per quanto riguarda la valutazione dell'equilibrio, sarebbe opportuno approfondire l'utilizzo del mBESS e confrontandolo con altri strumenti tradizionalmente utilizzati (es. BESS), studiare l'utilità e le proprietà psicométriche dei test dinamici rispetto a quelli statici e infine indagare la correlazione presente tra impairment sensorimotori e rischio di infortunio muscoloscheletrico post concussione.

In merito ai test in dual-task per la SRC, ricerche future dovrebbero analizzare le proprietà psicométriche dei test di attenzione divisa già validati per altri disturbi.

Futuri studi dovrebbero poi confrontare la prevalenza di kinesiofobia negli atleti post SRC rispetto a soggetti che hanno subito un infortunio muscoloscheletrico di altra natura e indagare la relazione che intercorre tra kinesiofobia e rischio di infortunio muscoloscheletrico.

Infine, per quanto riguarda i test motori funzionali, come il MHT, uno degli obiettivi dei ricercatori dovrebbe essere quello di quantificare l'associazione presente tra deficit sensorimotori causati da una concussione e rischio di infortunio muscoloscheletrico agli arti inferiori.

CONCLUSIONI

La presentazione clinica della Sport Related Concussion è caratterizzata da segni e sintomi vari ed eterogenei, che rendono la sua valutazione complessa e dispendiosa, in termini di tempo, attrezzature e setting, oltre a richiedere un'adeguata preparazione di allenatori e professionisti sanitari. I domini clinici che dovrebbero essere analizzati in sede di valutazione sono: tipologia e caratteristiche di segni e sintomi, funzioni cognitive, equilibrio, controllo motorio, oculomotricità, tolleranza all'esercizio, tempo di reazione e kinesiofobia. Tuttavia, ad oggi gli autori sembrano approfondire e concentrarsi prevalentemente sui primi tre: segni e sintomi, funzioni cognitive ed equilibrio. Data la complessità del quadro clinico gli strumenti utilizzati sono molteplici e spesso richiedono tempo e specifiche attrezzature, rendendone difficoltosa l'applicabilità nella pratica clinica comune, e non permettono di individuare in maniera accurata gli atleti che hanno subito una concussione. Nonostante siano stati fatti dei tentativi per identificare nuovi modelli valutativi, ad oggi non esiste ancora uno strumento standardizzato che permetta di fare diagnosi di SRC o, perlomeno, di fare una valutazione completa senza dover ricorrere a più scale per i singoli domini clinici, perciò la gestione dipende in gran parte dal giudizio clinico soggettivo. Tuttavia, sembra esserci una crescente consapevolezza dell'importanza della valutazione multidimensionale della SRC.

KEY POINTS

- La diagnosi di Sport Related Concussion (SRC) è clinica: ad oggi non esiste uno strumento diagnostico standardizzato.
- I segni e sintomi della SRC sono eterogenei e non specifici.
- I domini clinici che dovrebbero essere valutati sono: segni e sintomi, funzioni cognitive, equilibrio, controllo motorio, oculomotricità, tolleranza all'esercizio, tempo di reazione e kinesiofobia.
- Gli strumenti attualmente utilizzati richiedono elevato tempo di applicazione e specifiche attrezzature e non sempre permettono di individuare in maniera accurata gli atleti che hanno subito una SRC.

APPENDICE

Appendice 1. Sport Concussion Assessment Tool – 5^a edizione (SCAT-5)

SCAT5[®] SPORT CONCUSSION ASSESSMENT TOOL – 5TH EDITION
DEVELOPED BY THE CONCUSSION IN SPORT GROUP
FOR USE BY MEDICAL PROFESSIONALS ONLY

supported by

Patient details

Name: _____

DOB: _____

Address: _____

ID number: _____

Examiner: _____

Date of Injury: _____ Time: _____

WHAT IS THE SCAT5?

The SCAT5 is a standardized tool for evaluating concussions designed for use by physicians and licensed healthcare professionals¹. The SCAT5 cannot be performed correctly in less than 10 minutes.

If you are not a physician or licensed healthcare professional, please use the Concussion Recognition Tool 5 (CRT5). The SCAT5 is to be used for evaluating athletes aged 13 years and older. For children aged 12 years or younger, please use the Child SCAT5.

Preseason SCAT5 baseline testing can be useful for interpreting post-injury test scores, but is not required for that purpose. Detailed instructions for use of the SCAT5 are provided on page 7. Please read through these instructions carefully before testing the athlete. Brief verbal instructions for each test are given in italics. The only equipment required for the tester is a watch or timer.

This tool may be freely copied in its current form for distribution to individuals, teams, groups and organizations. It should not be altered in any way, re-branded or sold for commercial gain. Any revision, translation or reproduction in a digital form requires specific approval by the Concussion in Sport Group.

Recognise and Remove

A head impact by either a direct blow or indirect transmission of force can be associated with a serious and potentially fatal brain injury. If there are significant concerns, including any of the red flags listed in Box 1, then activation of emergency procedures and urgent transport to the nearest hospital should be arranged.

Key points

- Any athlete with suspected concussion should be REMOVED FROM PLAY, medically assessed and monitored for deterioration. No athlete diagnosed with concussion should be returned to play on the day of injury.
- If an athlete is suspected of having a concussion and medical personnel are not immediately available, the athlete should be referred to a medical facility for urgent assessment.
- Athletes with suspected concussion should not drink alcohol, use recreational drugs and should not drive a motor vehicle until cleared to do so by a medical professional.
- Concussion signs and symptoms evolve over time and it is important to consider repeat evaluation in the assessment of concussion.
- The diagnosis of a concussion is a clinical judgment, made by a medical professional. The SCAT5 should NOT be used by itself to make, or exclude, the diagnosis of concussion. An athlete may have a concussion even if their SCAT5 is “normal”.

Remember:

- The basic principles of first aid (danger, response, airway, breathing, circulation) should be followed.
- Do not attempt to move the athlete (other than that required for airway management) unless trained to do so.
- Assessment for a spinal cord injury is a critical part of the initial on-field assessment.
- Do not remove a helmet or any other equipment unless trained to do so safely.

IMMEDIATE OR ON-FIELD ASSESSMENT

The following elements should be assessed for all athletes who are suspected of having a concussion prior to proceeding to the neurocognitive assessment and ideally should be done on-field after the first first aid / emergency care priorities are completed.

If any of the "Red Flags" or observable signs are noted after a direct or indirect blow to the head, the athlete should be immediately and safely removed from participation and evaluated by a physician or licensed healthcare professional.

Consideration of transportation to a medical facility should be at the discretion of the physician or licensed healthcare professional.

The GCS is important as a standard measure for all patients and can be done serially if necessary in the event of deterioration in conscious state. The Maddocks questions and cervical spine exam are critical steps of the immediate assessment; however, these do not need to be done serially.

STEP 1: RED FLAGS

RED FLAGS:

- Neck pain or tenderness
- Double vision
- Weakness or tingling/burning in arms or legs
- Severe or increasing headache
- Seizure or convulsion
- Loss of consciousness
- Deteriorating conscious state
- Vomiting
- Increasingly restless, agitated or combative

STEP 2: OBSERVABLE SIGNS

Witnessed Observed on Video

	Y	N
Lying motionless on the playing surface	Y	N
Balance / gait difficulties / motor incoordination: stumbling, slow / laboured movements	Y	N
Disorientation or confusion, or an inability to respond appropriately to questions	Y	N
Blank or vacant look	Y	N
Facial injury after head trauma	Y	N

STEP 3: MEMORY ASSESSMENT MADDOCKS QUESTIONS²

"I am going to ask you a few questions, please listen carefully and give your best effort. First, tell me what happened?"

Mark Y for correct answer / N for incorrect

What venue are we at today?	Y	N
Which half is it now?	Y	N
Who scored last in this match?	Y	N
What team did you play last week / game?	Y	N
Did your team win the last game?	Y	N

Note: Appropriate sport-specific questions may be substituted.

Name: _____
 DOB: _____
 Address: _____
 ID number: _____
 Examiner: _____
 Date: _____

STEP 4: EXAMINATION GLASGOW COMA SCALE (GCS)³

Time of assessment			
Date of assessment			

Best eye response (E)

No eye opening	1	1	1
Eye opening in response to pain	2	2	2
Eye opening to speech	3	3	3
Eyes opening spontaneously	4	4	4

Best verbal response (V)

No verbal response	1	1	1
Incomprehensible sounds	2	2	2
Inappropriate words	3	3	3
Confused	4	4	4
Oriented	5	5	5

Best motor response (M)

No motor response	1	1	1
Extension to pain	2	2	2
Abnormal flexion to pain	3	3	3
Flexion / Withdrawal to pain	4	4	4
Localizes to pain	5	5	5
Obey commands	6	6	6
Glasgow Coma score (E + V + M)			

CERVICAL SPINE ASSESSMENT

Does the athlete report that their neck is pain free at rest?	Y	N
If there is NO neck pain at rest, does the athlete have a full range of ACTIVE pain free movement?	Y	N
Is the limb strength and sensation normal?	Y	N

In a patient who is not lucid or fully conscious, a cervical spine injury should be assumed until proven otherwise.

OFFICE OR OFF-FIELD ASSESSMENT

Please note that the neurocognitive assessment should be done in a distraction-free environment with the athlete in a resting state.

STEP 1: ATHLETE BACKGROUND

Sport / team / school: _____

Date / time of injury: _____

Years of education completed: _____

Age: _____

Gender: M / F / Other

Dominant hand: left / neither / right

How many diagnosed concussions has the athlete had in the past?: _____

When was the most recent concussion?: _____

How long was the recovery (time to being cleared to play) from the most recent concussion?: _____ (days)

Has the athlete ever been:

	Yes	No
Hospitalized for a head injury?		
Diagnosed / treated for headache disorder or migraines?	Yes	No
Diagnosed with a learning disability / dyslexia?	Yes	No
Diagnosed with ADD / ADHD?	Yes	No
Diagnosed with depression, anxiety or other psychiatric disorder?	Yes	No

Current medications? If yes, please list:

Name: _____

DOB: _____

Address: _____

ID number: _____

Examiner: _____

Date: _____

2

STEP 2: SYMPTOM EVALUATION

The athlete should be given the symptom form and asked to read this instruction paragraph out loud then complete the symptom scale. For the baseline assessment, the athlete should rate his/her symptoms based on how he/she typically feels and for the post-injury assessment the athlete should rate their symptoms at this point in time.

Please Check: Baseline Post-Injury

Please hand the form to the athlete

	none	mild	moderate	severe	
Headache	0	1	2	3	4
"Pressure in head"	0	1	2	3	4
Neck Pain	0	1	2	3	4
Nausea or vomiting	0	1	2	3	4
Dizziness	0	1	2	3	4
Blurred vision	0	1	2	3	4
Balance problems	0	1	2	3	4
Sensitivity to light	0	1	2	3	4
Sensitivity to noise	0	1	2	3	4
Feeling slowed down	0	1	2	3	4
Feeling like "in a fog"	0	1	2	3	4
"Don't feel right"	0	1	2	3	4
Difficulty concentrating	0	1	2	3	4
Difficulty remembering	0	1	2	3	4
Fatigue or low energy	0	1	2	3	4
Confusion	0	1	2	3	4
Drowsiness	0	1	2	3	4
More emotional	0	1	2	3	4
Irritability	0	1	2	3	4
Sadness	0	1	2	3	4
Nervous or Anxious	0	1	2	3	4
Trouble falling asleep (if applicable)	0	1	2	3	4

Total number of symptoms: _____ of 22

Symptom severity score: _____ of 132

Do your symptoms get worse with physical activity? Y N

Do your symptoms get worse with mental activity? Y N

If 100% is feeling perfectly normal, what percent of normal do you feel?

If not 100% why?

Please hand form back to examiner

STEP 3: COGNITIVE SCREENING

Standardised Assessment of Concussion (SAC)⁴

ORIENTATION

What month is it?	0	1
What is the date today?	0	1
What is the day of the week?	0	1
What year is it?	0	1
What time is it right now? (within 1 hour)	0	1
Orientation score	of 5	

IMMEDIATE MEMORY

The Immediate Memory component can be completed using the traditional 5-word per trial list or optionally using 10-words per trial to minimise any ceiling effect. All 3 trials must be administered irrespective of the number correct on the first trial. Administer at the rate of one word per second.

Please choose EITHER the 5 or 10 word list groups and circle the specific word list chosen for this test.

I am going to test your memory. I will read you a list of words and when I am done, repeat back as many words as you can remember, in any order. For Trials 2 & 3: I am going to repeat the same list again. Repeat back as many words as you can remember in any order, even if you said the word before.

List	Score (of 5)				
	Alternate 5 word lists				
	Trial 1		Trial 2		Trial 3
A	Finger	Penny	Blanket	Lemon	Insect
B	Candle	Paper	Sugar	Sandwich	Wagon
C	Baby	Monkey	Perfume	Sunset	Iron
D	Elbow	Apple	Carpet	Saddle	Bubble
E	Jacket	Arrow	Pepper	Cotton	Movie
F	Dollar	Honey	Mirror	Saddle	Anchor
Immediate Memory Score					of 15
Time that last trial was completed					

List	Score (of 10)				
	Alternate 10 word lists				
	Trial 1		Trial 2		Trial 3
G	Finger	Penny	Blanket	Lemon	Insect
	Candle	Paper	Sugar	Sandwich	Wagon
H	Baby	Monkey	Perfume	Sunset	Iron
	Elbow	Apple	Carpet	Saddle	Bubble
I	Jacket	Arrow	Pepper	Cotton	Movie
	Dollar	Honey	Mirror	Saddle	Anchor
Immediate Memory Score					of 30
Time that last trial was completed					

Name: _____
 DOB: _____
 Address: _____
 ID number: _____
 Examiner: _____
 Date: _____

CONCENTRATION

DIGITS BACKWARDS

Please circle the Digit list chosen (A, B, C, D, E, F). Administer at the rate of one digit per second reading DOWN the selected column.

I am going to read a string of numbers and when I am done, you repeat them back to me in reverse order of how I read them to you. For example, if I say 7-1-9, you would say 9-1-7.

Concentration Number Lists (circle one)				
List A	List B	List C		
4-9-3	5-2-6	1-4-2	Y	N
6-2-9	4-1-5	6-5-8	Y	N
3-8-1-4	1-7-9-5	6-8-3-1	Y	N
3-2-7-9	4-9-6-8	3-4-8-1	Y	N
6-2-9-7-1	4-8-5-2-7	4-9-1-5-3	Y	N
1-5-2-8-6	6-1-8-4-3	6-8-2-5-1	Y	N
7-1-8-4-6-2	8-3-1-9-6-4	3-7-6-5-1-9	Y	N
5-3-9-1-4-8	7-2-4-8-5-6	9-2-6-5-1-4	Y	N
List D	List E	List F		
7-8-2	3-8-2	2-7-1	Y	N
9-2-6	5-1-8	4-7-9	Y	N
4-1-8-3	2-7-9-3	1-6-8-3	Y	N
9-7-2-3	2-1-6-9	3-9-2-4	Y	N
1-7-9-2-6	4-1-8-6-9	2-4-7-5-8	Y	N
4-1-7-5-2	9-4-1-7-5	8-3-9-6-4	Y	N
2-6-4-8-1-7	6-9-7-3-8-2	5-8-6-2-4-9	Y	N
8-4-1-9-3-5	4-2-7-9-3-8	3-1-7-8-2-6	Y	N
Digits Score:			of 4	

MONTHS IN REVERSE ORDER

Now tell me the months of the year in reverse order. Start with the last month and go backward. So you'll say December, November. Go ahead.

Dec - Nov - Oct - Sept - Aug - Jul - Jun - May - Apr - Mar - Feb - Jan

Months Score: 0 1 of 1

Concentration Total Score (Digits + Months) of 5

4

STEP 4: NEUROLOGICAL SCREEN

See the instruction sheet (page 7) for details of test administration and scoring of the tests.

Can the patient read aloud (e.g. symptom checklist) and follow instructions without difficulty?	<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
Does the patient have a full range of pain-free PASSIVE cervical spine movement?	<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
Without moving their head or neck, can the patient look side-to-side and up-and-down without double vision?	<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
Can the patient perform the finger nose coordination test normally?	<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N
Can the patient perform tandem gait normally?	<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> N

BALANCE EXAMINATION

Modified Balance Error Scoring System (mBESS) testing⁵

Which foot was tested (i.e. which is the non-dominant foot)	<input type="checkbox"/> Left	<input type="checkbox"/> Right
Testing surface (hard floor, field, etc.) _____		
Footwear (shoes, barefoot, braces, tape, etc.) _____		
Condition	Errors	
Double leg stance	of 10	
Single leg stance (non-dominant foot)	of 10	
Tandem stance (non-dominant foot at the back)	of 10	
Total Errors	of 30	

Name: _____
 DOB: _____
 Address: _____
 ID number: _____
 Examiner: _____
 Date: _____

5

STEP 5: DELAYED RECALL:

The delayed recall should be performed after 5 minutes have elapsed since the end of the Immediate Recall section. Score 1 pt. for each correct response.

Do you remember that list of words I read a few times earlier? Tell me as many words from the list as you can remember in any order.

Time Started _____

Please record each word correctly recalled. Total score equals number of words recalled.

Total number of words recalled accurately: of 5 or of 10

6

STEP 6: DECISION

Date & time of assessment:			
Domain			
Symptom number (of 22)			
Symptom severity score (of 132)			
Orientation (of 5)			
Immediate memory	of 15 of 30	of 15 of 30	of 15 of 30
Concentration (of 5)			
Neuro exam	Normal Abnormal	Normal Abnormal	Normal Abnormal
Balance errors (of 30)			
Delayed Recall	of 5 of 10	of 5 of 10	of 5 of 10

Date and time of injury: _____

If the athlete is known to you prior to their injury, are they different from their usual self?

Yes No Unsure Not Applicable

(If different, describe why in the clinical notes section)

Concussion Diagnosed?

Yes No Unsure Not Applicable

If re-testing, has the athlete improved?

Yes No Unsure Not Applicable

I am a physician or licensed healthcare professional and I have personally administered or supervised the administration of this SCAT5.

Signature: _____

Name: _____

Title: _____

Registration number (if applicable): _____

Date: _____

SCORING ON THE SCAT5 SHOULD NOT BE USED AS A STAND-ALONE METHOD TO DIAGNOSE CONCUSSION, MEASURE RECOVERY OR MAKE DECISIONS ABOUT AN ATHLETE'S READINESS TO RETURN TO COMPETITION AFTER CONCUSSION.

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;bjssports-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 Off J Can Acad 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, vii.
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.* 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.* 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, Burkhardt 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. 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.
21. Covassin T, Schatz P, Swanik CB. SEX DIFFERENCES IN NEUROPSYCHOLOGICAL FUNCTION AND POST-CONCUSSION SYMPTOMS OF CONCUSSIONED COLLEGIATE ATHLETES. *Neurosurgery*. agosto 2007;61(2):345–51.
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, Comstock RD. 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, Ghersi 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. Downes MJ, Brennan ML, Williams HC, Dean RS. Development of a critical appraisal tool to assess the quality of cross-sectional studies (AXIS). *BMJ Open.* dicembre 2016;6(12):e011458.
34. Chapter 10: Umbrella reviews. In: JBI Manual for Evidence Synthesis [Internet]. JBI; 2020 [citato 18 maggio 2023]. Disponibile su: <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL/4687363/Chapter+10%3A+Umbrella+reviews>
35. Corwin DJ, Mandel F, McDonald CC, Mohammed FN, Margulies S, Barnett I, et al. Maximizing accuracy of adolescent concussion diagnosis using individual elements of common standardized clinical assessment tools. *J Athl Train* [Internet]. 16 gennaio 2023 [citato 21 maggio 2023]; Disponibile su: <https://meridian.allenpress.com/jat/article/doi/10.4085/1062-6050-0020.22/490250/Maximizing-accuracy-of-adolescent-concussion>
36. Feddermann-Demont N, Echemendia RJ, Schneider KJ, Solomon GS, Hayden KA, Turner M, et al. What domains of clinical function should be assessed after sport-related concussion? A systematic review. *Br J Sports Med.* giugno 2017;51(11):903–18.
37. Putukian M. Clinical Evaluation of the Concussed Athlete: A View From the Sideline. *J Athl Train.* marzo 2017;52(3):236–44.

38. Sherry NS, Fazio-Sumrok V, Sufrisko A, Collins MW, Kontos AP. Multimodal Assessment of Sport-Related Concussion. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 1 maggio 2021;31(3):244–9.
39. Merchant-Borna K, Jones CMC, Janigro M, Wasserman EB, Clark RA, Bazarian JJ. Evaluation of Nintendo Wii Balance Board as a Tool for Measuring Postural Stability After Sport-Related Concussion. *J Athl Train.* marzo 2017;52(3):245–55.
40. Büttner F, Howell D, Severini G, Doherty C, Blake C, Ryan J, et al. Using functional movement tests to investigate the presence of sensorimotor impairment in amateur athletes following sport-related concussion: A prospective, longitudinal study. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* gennaio 2021;47:105–13.
41. Cosgrave C, Fuller C, Kung S, Cosgrave M, McFadden C, Franklyn-Miller A. A comparison of clinical assessment with common diagnostic tools for monitoring concussion recovery in adolescent rugby union players. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* 6 aprile 2023;61:165–71.
42. Register-Mihalik JK, Littleton AC, Guskiewicz KM. Are divided attention tasks useful in the assessment and management of sport-related concussion? *Neuropsychol Rev.* dicembre 2013;23(4):300–13.
43. Howell DR, Myer GD, Grooms D, Diekfuss J, Yuan W, Meehan WP. Examining Motor Tasks of Differing Complexity After Concussion in Adolescents. *Arch Phys Med Rehabil.* aprile 2019;100(4):613–9.
44. Reinking S, Seehusen CN, Walker GA, Wilson JC, Howell DR. Transitory kinesiophobia after sport-related concussion and its correlation with reaction time. *J Sci Med Sport.* gennaio 2022;25(1):20–4.
45. Haider MN, Johnson SL, Mannix R, Macfarlane AJ, Constantino D, Johnson BD, et al. The Buffalo Concussion Bike Test for Concussion Assessment in Adolescents. *Sports Health.* 2019;11(6):492–7.