



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. 2018/2019

Campus Universitario di Savona

# **VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE**

Candidato:

Dott. Ft. Federica Riva

Relatore:

Dott. Ft. OMT Andrea Colombi



## INDICE

ABSTRACT .....	1
INTRODUZIONE.....	3
Definizione.....	3
Incidenza.....	4
Sintomatologia.....	5
Whiplash e concussione .....	7
Misure di outcomes.....	8
Controllo posturale.....	12
BESS (Balance Error Scoring System).....	13
SCAT (Sport Concussion Assessment Tool) .....	15
SOT (Sensory Organization Test) .....	16
DGI (Dynamic Gait Index) e FGA (Functional Gait Assessment).....	17
Tandem Gait Test e FTSTS .....	19
VOMS (Vestibular/Ocular Motor Screening).....	19
Discussione .....	21
MATERIALI E METODI .....	23
Formulazione del quesito clinico.....	23
Criteri di inclusione ed esclusione .....	24
Stringhe di ricerca.....	25
Pubmed.....	25
Web Of Science.....	26
Scopus.....	27
RISULTATI.....	28
PRISMA FLOW CHART .....	29

Estrazione dati .....	30
Tabelle riassuntive .....	57
Affidabilità .....	57
Validità .....	68
VALUTAZIONE QUALITÀ METODOLOGICA .....	71
Quality Appraisal of Diagnostic Reliability (QAREL) Checklist .....	72
Tabella riassuntiva .....	73
DISCUSSIONE .....	77
CONCLUSIONI .....	90
KEY POINTS .....	91
BIBLIOGRAFIA .....	92

## ABSTRACT

**Background:** la popolazione pediatrica è una popolazione particolare, in quanto in via di sviluppo. I bambini sembrano essere frequentemente soggetti ad episodi concussivi, principalmente durante le attività sportive e ricreative. Uno degli impairments più frequentemente riscontrati è l'alterazione del controllo posturale, il quale presenta diverse componenti (statica, dinamica, vestibolare), ognuna delle quali andrebbe quindi indagata nello specifico ed in relazione all'età.

**Obiettivi:** l'obiettivo della revisione sistematica è analizzare le proprietà psicometriche dei test presenti in letteratura per la valutazione del controllo posturale in una popolazione di bambini ed adolescenti post-concussione.

**Metodi:** la ricerca è stata condotta da un revisore su tre diverse banche dati quali MEDLINE, Scopus e Web of Science. Sono stati inclusi studi con popolazione di bambini ed adolescenti, con range d'età dai 5 ai 18 anni, sani o post-concussione, che prendessero in esame almeno una proprietà psicometrica di un test per la valutazione del controllo posturale. È stata condotta un'analisi qualitativa degli articoli inclusi tramite la Quality Appraisal of Diagnostic Reliability (QareL) Checklist.

**Risultati:** sono stati inclusi nella revisione 27 articoli. La maggioranza degli studi ha preso in esame una popolazione sana o una popolazione di atleti. Negli articoli sono presentati diversi test, il più studiato tra questi è il BESS. Il BESS è uno strumento valutativo per il controllo posturale statico con valori maggiori di specificità rispetto alla sensibilità, efficace nel breve termine. Per il controllo posturale dinamico sono, invece, proposti diversi test, tra i quali il Tandem Gait Test, il Timed Up&Go, il Five Times Sit to Stand e procedure tramite pedane stabilometriche, ma la letteratura in merito è troppo scarsa per trarre conclusioni sull'affidabilità e sulla validità. Sulla valutazione vestibolare è stato incluso un solo studio sul VOMS.

**Conclusioni:** gli studi presi in esame presentano diverse problematiche a livello qualitativo, sia nel campionamento che nella presentazione della coorte sintomatica. Non c'è accordo tra i vari studi sui test migliori da utilizzare nella valutazione e sui valori di affidabilità. Sono presenti molti fattori confondenti per l'interpretazione dei risultati che non vengono

considerati da tutti gli autori, rendendo i risultati potenzialmente inaffidabili. In letteratura sembra indagata principalmente la componente statica, ma è quella dinamica che sembra perdurare maggiormente in termini di recupero clinico. Sarebbe consigliabile, inoltre, integrare nella valutazione attività funzionali e gesto sportivo per gestire al meglio il “return-to-play” ed il “return-to-learn”.

**Key words:** “concussion”, “pediatric”, “psychometric”, “reliability”, “postural balance”

## INTRODUZIONE

### Definizione

La concussione cerebrale viene definita dal National Center for Injury Prevention and Control (NCIPC) come una tipologia di lesione cerebrale traumatica (“traumatic brain injury” o TBI o “mild traumatic brain injury” o mTBI), causata da un colpo alla testa o al tronco, il quale provoca un rapido movimento cerebrale avanti e indietro. Questa accelerazione improvvisa può danneggiare le cellule cerebrali e determinare dei cambiamenti a livello chimico [1].

La tolleranza cerebrale alle forze biomeccaniche è diversa nella popolazione di bambini ed adolescenti rispetto agli adulti. È richiesto un impatto due o tre volte maggiore in un bambino per produrre una sintomatologia clinica, a causa di una combinazione di fattori quali una diversa risposta fisiologica agli stress biomeccanici dipendente dall’età, una diversa geometria del cranio e del cervello e le proprietà strutturali della testa [2]. Ciò significa che se un bambino mostra sintomi clinici in seguito ad un trauma diretto alla testa si può pensare che abbia ricevuto un insulto maggiore rispetto ad un adulto con la medesima sintomatologia post-concussione [3].

Sulla definizione ci sono alcune controversie, in primo luogo se il termine concussione non sia impreciso nella definizione. La concussione, infatti, può essere o parte di uno spettro di TBI associata con meno diffuse modificazioni strutturali rispetto ad una severa TBI, oppure può essere il risultato di cambiamenti fisiologici reversibili. Poiché molti autori utilizzano il termine con significati differenti il confronto tra gli studi è problematico [4].

Il “Consensus statement of concussion in sport” ha fornito una definizione più precisa di SRC (Sport-Related Concussion): una lesione cerebrale traumatica indotta da forze biomeccaniche (colpo diretto a testa, viso, collo o altra parte del corpo che possa trasmettere forze alla testa), che tipicamente risulta in una rapida insorgenza di impairment neurologici con risoluzione spontanea. In alcuni casi segni e sintomi possono evolvere sia in alcuni minuti che in ore. La SRC può risultare in cambiamenti neuropatologici ma i segni e sintomi della fase acuta riflettono un disturbo funzionale piuttosto che strutturale e, come tale, non sono evidenziate anomalie sugli studi di neuroimaging. La SRC, inoltre può non determinare necessariamente la perdita di coscienza [4].

I giovani atleti possono risultare più suscettibili alle concussioni a causa di una testa più larga in rapporto alla dimensione del tronco, muscolatura cervicale più debole e/o maggiore vulnerabilità del cervello in accrescimento [5].

I sintomi della concussione pediatrica, inoltre, sembrano avere una durata maggiore; la spiegazione può essere ricercata nel processo di maturazione cognitiva e neuronale nel quale il cervello si viene a trovare: mentre nell'adulto le funzioni cognitive risultano relativamente stabili, in questa popolazione sono in continuo sviluppo e difficili da definire in una baseline, rendendo la gestione clinica e la valutazione dei sintomi meno standardizzabile e meritevole di studi specialistici dedicati [3].

### Incidenza

La maggioranza dei traumi avviene per incidenti sportivi o per incidenti stradali, una minoranza di studi riporta anche abusi domestici.

Lo studio dell'incidenza presenta delle limitazioni: gli studi sono stati effettuati principalmente sulle SRC e su studenti delle scuole superiori. La SRC è tra le lesioni più frequenti nello sport e nella ricreazione. Il recupero per un terzo dei bambini ed adolescenti può durare più di 4 settimane [6].

Nelle SRC c'è molta eterogeneità tra i vari sport, legata ai diversi livelli di contatto e competizione, ai diversi range di età dei partecipanti e ai diversi tipi di equipaggiamento utilizzato. Anche il sesso può essere considerato un fattore di eterogeneità, poiché il sesso femminile è potenzialmente più a rischio di incorrere in un evento lesivo, ipotizzando come causa alcune differenze biomeccaniche quali minore massa muscolare e maggiore accelerazione angolare di capo e collo, comparate ai maschi [7].

La minore incidenza è stata osservata in sport con meno contatto fisico (basketball e cheerleading), mentre l'incidenza maggiore si registra negli sport a più alto contatto (football americano, hockey, rugby). La maggiore incidenza registrata è nel taekwondo (anche se il dato si basa su un solo studio).

Dai risultati di una meta-analisi del 2016 risulta che gli sport con l'incidenza maggiore sono l'hockey, il rugby ed il football americano, mentre gli sport con un'incidenza minore sono pallavolo, baseball e cheerleading.

Solo per il calcio/football, basket e lacrosse sono stati riportati sia i tassi d'incidenza del sesso maschile che del femminile: l'incidenza maschile è maggiore per il lacrosse ed il basket, mentre l'incidenza femminile è maggiore nel calcio/football [8].

I dati potrebbero essere sottostimati a causa della tendenza di bambini ed adolescenti a non riportare la sintomatologia, sia per paura di dover interrompere le attività ricreative sia per mancanza di conoscenza su cosa effettivamente sia una concussione ed i sintomi associati.

La stima dell'incidenza delle SRC è del 9% dei traumi sportivi nelle scuole superiori e del 6% nei college universitari [8].

La National Athletic Trainers Association ha stimato che solo il 42% delle scuole superiori ha accesso ad un preparatore atletico certificato ed in molti sport giovanili lavorano coaches e personale di staff volontari. La presenza di personale medico qualificato agli eventi sportivi giovanili è rara, lasciando il riconoscimento e l'iniziale gestione delle concussioni ad individui con poca o nessuna esperienza. A causa di ciò è facile che negli sport giovanili ci sia una ridotta identificazione delle concussioni rispetto agli sport della popolazione adulta [9].

Circa 4 milioni di bambini annualmente a livello mondiale si presentano al Pronto Soccorso con una commozione, ma il dato sembra rappresentare solo il 12% dei bambini con concussione in generale. Ciò suggerisce che circa 33 milioni di bambini nel mondo annualmente vadano incontro ad una concussione [10].

### Sintomatologia

I sintomi immediatamente successivi all'evento traumatico possono includere: confusione o disorientamento, perdita di conoscenza minore di 30 minuti, amnesia post-traumatica con durata minore di 24 ore, eventuali segni focali. Nella popolazione pediatrica è

raccomandato evitare indagini strumentali se non per un Glasgow Coma Scale minore di 15 o per un sospetto di frattura cranica [11].

La sintomatologia più vasta nei giorni seguenti può comprendere cefalea, vertigini, disturbi visivi e vestibolari e disturbi del sonno, ma non si riconoscono segni o sintomi altamente specifici o sensibili da utilizzare come fattori diagnostici o prognostici [4]. A livello della colonna cervicale vengono valutati eventuale dolore, limitazioni del range of motion (ROM) e forza/sensibilità degli arti [4].

Una sequela post-traumatica più facilmente riscontrabile nella popolazione pediatrica rispetto agli adulti è l'edema cerebrale [3]. In uno studio è stata evidenziata un'alterazione significativa del flusso ematico cerebrale ("cerebral blood flow" o CBF) nelle SRC pediatriche, sebbene il campione preso in esame sia esiguo [12].

La maggioranza dei sintomi dovrebbe risolversi nei primi 10 giorni, fino ad un massimo di circa 4 settimane, cut-off oltre il quale si parla di recupero prolungato, per il quale i fattori predittivi non sono ancora stati chiaramente identificati [4]. Alcuni dei fattori considerati sono il sesso femminile, età, storia antecedente di concussioni, vertigini e compresenza di disturbi dell'apprendimento [11] [10]. Circa il 30% dei bambini va incontro ad una sindrome post-concussione persistente (Persistent Post-Concussive Symptoms, PPCS), con un impatto significativo sulla qualità di vita [13].

Uno studio ha indagato la relazione tra l'eccitabilità corticale, misurata con la Stimolazione Magnetica Transcraniale, ed i sintomi post-concussione persistenti (confronto con gruppo di bambini che hanno ugualmente subito una concussione, ma asintomatici al momento della valutazione): ne è risultato che l'inibizione corticale aumenta nei soggetti asintomatici (quindi con recupero rapido) e l'eccitabilità corticale diminuisce nei soggetti con PPCS. Entrambi i valori tendono alla normalità nel tempo, suggerendo quindi la possibilità che anche in soggetti asintomatici sia ancora in corso, ad un mese dall'evento lesivo, un recupero corticale [13].

Di seguito, si riportano i principali sintomi riscontrabili a livello cervicale, vestibolari e fisiologico [14]:

Figura 1 - Post-concussion disorders (PCD)

Table I. Summary of pathophysiology, predominant symptoms, pertinent physical examination findings, graded treadmill test results and treatment options in patients with PCDs.

	Physiologic PCD	Vestibulo-ocular PCD	Cervicogenic PCD
Pathophysiology	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Persistent alterations in neuronal depolarization, cell membrane permeability, mitochondrial function, cellular metabolism, and cerebral blood flow</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dysfunction of the vestibular and oculomotor symptoms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muscle trauma and inflammation</li> <li>• Dysfunction of cervical spine proprioception</li> </ul>
Predominant symptoms	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Headache exacerbated by physical and cognitive activity</li> <li>• Nausea, intermittent vomiting, photophobia, phonophobia, dizziness, fatigue, difficulty concentrating, slowed speech</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dizziness, vertigo, nausea, lightheadedness, gait instability and postural instability at rest.</li> <li>• Blurred or double vision, difficulty tracking objects, motion sensitivity, photophobia, eye strain or brow-ache, and headache exacerbated by activities that worsen vestibulo-ocular symptoms (i.e. reading)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neck pain, stiffness, and decreased range of motion</li> <li>• Occipital headaches exacerbated by head movements and not physical or cognitive activity</li> <li>• Lightheadedness and postural imbalance</li> </ul>
Physical exam findings	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No focal neurological findings</li> <li>• Elevated resting HR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impairments on standardized balance and gait testing</li> <li>• Impaired VOR, fixation, convergence, horizontal and vertical saccades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decreased cervical lordosis and range of motion</li> <li>• Paraspinal and sub-occipital muscle tenderness</li> <li>• Impaired head-neck position sense</li> </ul>
Graded treadmill test	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graded treadmill tests are often terminated early due to symptom onset or exacerbation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patients typically reach maximal exertion without exacerbation of vestibulo-ocular symptoms on graded treadmill tests</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patients typically reach maximal exertion without exacerbation of cervicogenic symptoms on graded treadmill tests</li> </ul>
Management options	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physical and cognitive rest</li> <li>• School accommodations</li> <li>• Sub-symptom threshold aerobic exercise programs should be considered for adolescent and adult athletes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vestibular rehabilitation program</li> <li>• Vision therapy program</li> <li>• School accommodations</li> <li>• Sub-symptom threshold aerobic exercise programs should be considered for adolescent athletes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cervical spine manual therapy</li> <li>• Head-neck proprioception re-training</li> <li>• Balance and gaze stabilization exercises</li> <li>• Sub-symptom threshold aerobic exercise programs should be considered for adolescent and adult athletes</li> </ul>

PCD, post-concussion disorder; VOR, vestibulo-ocular reflex.

## Whiplash e concussione

WAD (Whiplash Associated Disorders) e PCS (Post-Concussion Syndrome) condividono sintomi e fisiopatologia. Tuttavia nella pratica clinica spesso sono trattati e valutati separatamente, nonostante possano spesso coesistere [15].

I sintomi più comuni e simili, alcuni dei quali possono persistere fino a 5 anni, tra WAD e mTBI (mild-Traumatic Brain Injury) sono dolore cervicale, cefalea, dizziness, fatigue ed impairments cognitivi. Nonostante gli impairments cognitivi sembrino simili, alcuni aspetti, quali memoria a lungo termine, ragionamento ed accuratezza nel problem-solving, sono risultati peggiori nei pazienti con WAD [16].

Alcuni autori hanno comparato i disturbi vestibolari centrali o periferici derivanti dal colpo di frusta o da una TBI, quali principalmente dizziness e vertigini. Sembra che gli impairments relativi al controllo posturale nei pazienti con colpo di frusta siano da imputare

maggiormente ad un'alterata propriocezione cervicale, piuttosto che ad una sintomatologia vestibolare vera e propria, più facilmente riscontrabile a seguito di una commozione [17].

Una delle caratteristiche che può aiutare a discriminare le due patologie è la LOC (Lost Of Consciousness o perdita di coscienza) o l'amnesia post-traumatica, tipica delle sequele post concussione [18]. Tuttavia non tutti i pazienti possono essere valutati attraverso il Glasgow Coma Scale o tramite questi criteri (breve perdita di coscienza prima della valutazione, presenza di alcool o droga, pazienti che non si recano al Pronto Soccorso) [15].

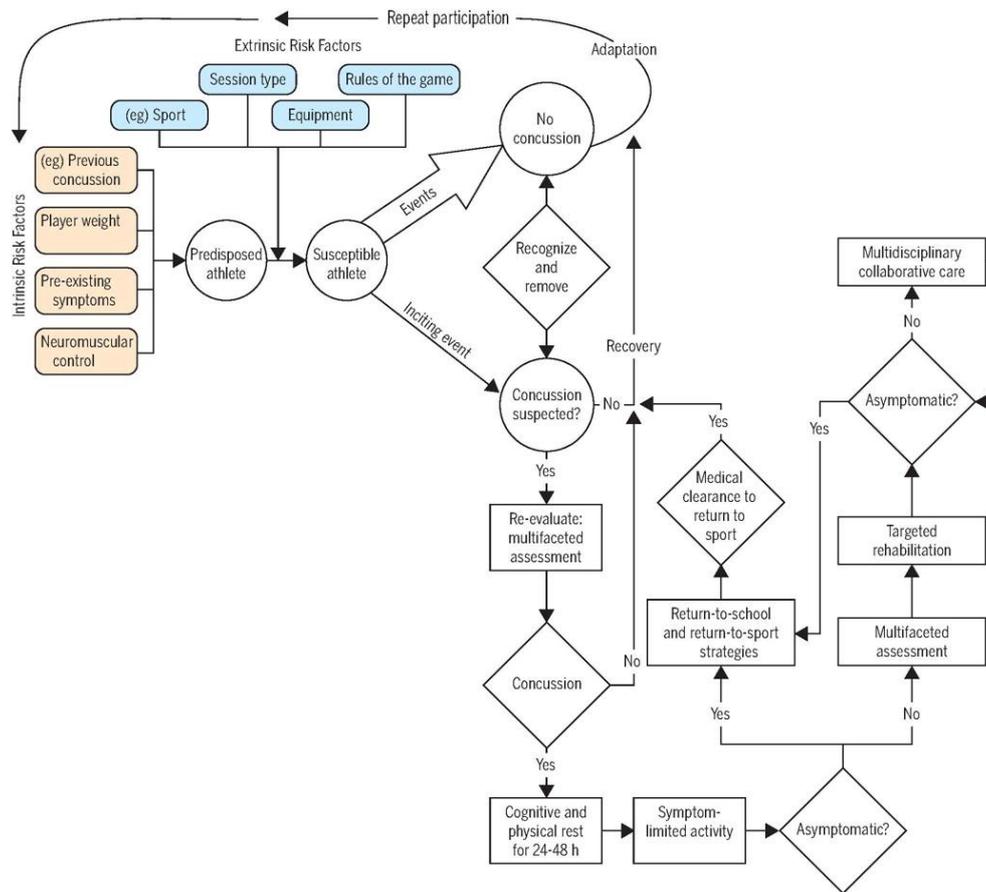
Gli operatori sanitari potrebbero considerare un minimo screening in pazienti che hanno subito un incidente stradale al fine di individuare o scartare l'ipotesi di un'eventuale PCS. I ricercatori e coloro che si occupano di sviluppare le linee guida potrebbero invece considerare un'interazione tra le due diverse linee guida [15].

A tale proposito, poiché il sistema vestibolare è fortemente implicato nelle sequele post concussione, uno screening vestibolare ed oculomotorio è altamente raccomandato anche in pazienti post-WAD per aiutare nella diagnosi differenziale, sebbene si potrebbero riscontrare delle difficoltà nell'esecuzione di alcuni test a causa delle limitazioni del ROM cervicale spesso conseguenti un WAD. Lo strumento di differenziazione, in tal caso, potrebbe essere lo screening oculomotorio: le saccadi verticali, ad esempio, sono indicative di una concussione piuttosto che di un trauma cervicale [19] [15].

### Misure di outcomes

Il trattamento di prima scelta per la gestione delle concussioni è di tipo conservativo e focalizzato sulla valutazione di diversi domini (aspetto cognitivo, controllo posturale, sintomi auto-risportati). La diversità delle misure di outcome utilizzate per valutare la popolazione pediatrica permette di meglio comprendere la grande sfaccettatura delle sequele post-concussione e la necessità di migliorare la sensibilità dei cluster valutativi. Il recupero del paziente nei diversi domini, tuttavia, è sempre stato studiato in maniera isolata, quindi non è chiaro se le curve di risoluzione siano correlate.

Figura 2 – “Recursive model” che include eziologia, valutazione e management [20]



Alcuni studi sulla popolazione adulta hanno concluso che l’aspetto cognitivo e le sequele motorie si risolvono in maniera differente e non fortemente correlabili tra loro [21].

Relativamente al controllo posturale, i deficit visivi e vestibolari nei bambini ed adolescenti con una storia di concussione sono spesso presenti e sembrano essere associati con un aumento dei tempi di guarigione e peggiori performance nei test neurocognitivi (soprattutto la presenza di dizziness) [22] [23].

Le misure di outcome principalmente utilizzate in letteratura per la valutazione dei deficit vestibolari comprendono il BESS (Balance Error Scoring System), il SOT (Sensory Organization Test) ed il Dynamic Gait Index [24].

Di seguito si riportano i principali strumenti valutativi:

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

Tabella 1 – Strumenti valutativi per diagnosi e management delle concussioni [25]

TIPOLOGIA	ESEMPI	COMMENTI
<b>Checklist di sintomi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postconcussion Symptom Scale</li> <li>• Graded Symptom Checklist</li> <li>• Head Injury Scale</li> <li>• McGill Abbreviated Concussion Evaluation (ACE) postconcussion symptom scale</li> <li>• HeadMinder</li> <li>• Concussion Symptom Inventory</li> </ul>	<p>The most commonly used type of concussion assessment tool</p> <p>Quick, easy, cost-effective tool with good sensitivity; allows athletes to self-report symptoms</p> <p>Cautions: symptoms may be delayed, may not be reported, or were already present at baseline</p> <p>Most checklists developed using clinical judgment; the Concussion Symptom Inventory is the only empirically derived symptom checklist</p>
<b>Test Neurofisiologici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Written</li> <li>• Trail Making Test</li> <li>• Digit Symbol Substitution Test</li> <li>• Controlled Oral Word Association Test</li> <li>• Hopkins Verbal Learning Test</li> <li>• Stroop Color and Word Test</li> <li>• Computer-based</li> <li>• HeadMinder</li> <li>• CogSport</li> <li>• ImPACT</li> <li>• Automated Neuropsychological Assessment Metrics</li> </ul>	<p>Designed to identify subtle cognitive deficits</p> <p>Written tests are labor intensive and must be interpreted, whereas computer-based tests can be administered rapidly and to multiple patients simultaneously</p> <p>Results best interpreted when compared with baseline data; affected by psychiatric disorders, physical symptoms, cultural factors, and motivation/effort</p> <p>These tests are not validated, and no data demonstrate that they affect outcomes when used to guide return to play</p> <p>There are limited baseline data in children younger than 12 years; child-specific computerized tests are under development</p>
<b>Test di stabilità posturale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BESS (and modified version)</li> </ul>	<p>Very sensitive for concussion diagnosis, but there are limited data regarding its use in monitoring recovery</p>

TIPOLOGIA	ESEMPI	COMMENTI
<b>Strumenti di valutazione a bordocampo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SOT</li> </ul>	<p>SOT is the preferred test, but it is not portable; BESS is inexpensive and easy to administer on the sideline of a sporting event</p> <p>Instability usually lasts three to five days after a concussion occurs</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAC</li> <li>SCAT</li> <li>SCAT2</li> </ul>	<p>A single, simple tool to assess a variety of domains in the initial concussion assessment</p> <p>Often used to monitor the recovery process</p> <p>SAC can be used immediately after injury to evaluate orientation, memory, concentration, and delayed recall; validated as a sideline tool for athletes junior high school-aged and older; emergency department version is validated in adults</p> <p>SCAT2 combines multiple assessment tools (symptom checklist, concentration and memory tasks [Maddock's questions], SAC, BESS, and Glasgow Coma Scale); it is not validated but is widely used and the most sophisticated sideline tool available</p>

*BESS = Balance Error Scoring System; SAC = Standardized Assessment of Concussion; SCAT = Sport Concussion Assessment Tool; SOT = Sensory Organization Test.*

Dalla tabella si evincono le principali misure di outcome relative ai diversi domini sopracitati (aspetto neuro-cognitivo, controllo posturale, sintomi auto-riportati):

- Le checklist dei sintomi sono lo strumento più utilizzato e più facilmente somministrabile, ma lo studio suggerisce di fare attenzione ad un'eventuale insorgenza ritardata dei sintomi, ai sintomi che possono non essere riportati dal

paziente o ai sintomi che possono già essere presenti alla baseline (e quindi non correlati all'evento concussivo).

- Per quanto concerne l'aspetto neuro-cognitivo lo studio suggerisce di preferire i test computerizzati a quelli scritti, perché più facilmente somministrabili ed interpretabili, anche se molti non sono validati per l'utilizzo come guida per il ritorno allo sport. Suggerisce, inoltre, di utilizzare dei dati di baseline per l'interpretazione, quali presenza di disturbi psichiatrici, sintomi fisici, fattori culturali e motivazione. Per i bambini sotto i 12 anni sono in corso di sviluppo dei test computerizzati specifici.
- Per l'aspetto posturale lo strumento più sensibile è il BESS, anche se ci sono dati limitati riguardo al suo utilizzo per monitorare il recupero. Lo strumento da preferire sarebbe il SOT, ma è più costoso e difficilmente somministrabile rispetto al BESS a bordocampo.
- Infine, ci sono strumenti di valutazione che comprendono i diversi domini, quali il SAC (Standardized Assessment of Concussion) e lo SCAT (Sport Concussion Assessment Tool). Il SAC può essere somministrato immediatamente dopo l'evento lesivo per valutare orientamento, concentrazione e lieve amnesia; è stato validato come strumento aggiuntivo per la valutazione degli atleti junior delle scuole superiori, mentre la versione del pronto soccorso è validata per gli adulti. Lo SCAT combina diversi strumenti valutativi (checklist di sintomi, task di concentrazione e memoria, SAC, BESS, Glasgow Coma Scale); non è validato ma è largamente utilizzato in quanto è il più completo strumento di valutazione disponibile (ha subito diversi sviluppi, nello SCAT2 fino allo SCAT5 [4])

### Controllo posturale

Il controllo posturale descrive il modo nel quale il Sistema Nervoso Centrale (SNC) regola le informazioni sensoriali provenienti da vari sistemi, allo scopo di produrre adeguati output motori per mantenere una posizione eretta e controllata. I sistemi principalmente coinvolti nel controllo posturale e nell'equilibrio sono il sistema visivo, vestibolare e somatosensoriale [26].

Specificatamente, individui con concussione presentano una lunghezza del passo minore durante il cammino, così come minore velocità del passo rispetto a dei controlli sani. La lentezza del passo sembra persistere per 28 giorni dopo l'evento lesivo [27]; velocità minore e minore lunghezza del passo sembrano persistere anche un anno dopo il trauma [28].

La valutazione del controllo posturale in una popolazione pediatrica è complessa a causa della sua multifattorialità e dall'influenza dello sviluppo motorio durante la crescita [29].

L'equilibrio viene inteso come un sistema, un prodotto dell'interazione tra diversi sistemi biologici in un ambiente in continua modificazione. Le componenti del controllo posturale comprendono: stabilità statica durante la statica eretta, stabilità dinamica nel muovere il centro di massa il più lontano possibile entro i limiti della base d'appoggio, reazioni posturali per il recupero dell'equilibrio, aggiustamenti anticipatori durante i movimenti volontari, stabilità dinamica con cambio della base di supporto, informazioni sensoriali integrative (dal sistema vestibolare e dai processi cognitivi) [29].

La valutazione sembrerebbe dover essere, quindi, multi-dominio volta ad individuare impairments nelle diverse componenti (statica, dinamica, vestibolare, cognitiva).

In aggiunta, sembra che a seguito di una concussione i deficit nel controllo posturale dinamico persistano più a lungo rispetto alla componente statica e agli altri sintomi [27] [30].

#### **BESS (Balance Error Scoring System)**

Il BESS è uno strumento di valutazione della componente statica che consiste nella valutazione del controllo posturale in tre posizioni diverse (appoggio bipodalico, appoggio in tandem, appoggio monopodalico) sia su una superficie rigida che su una superficie morbida.

Figura 3 - Balance Error Scoring System [31]

<b>ERRORI</b>	
Solleverare le mani dalle creste iliache	Rimanere fuori dalla posizione di un test per più di 5 secondi
Aprire gli occhi	Muovere l'anca oltre 30° di flessione o abduzione
Fare un passo, inciampare o cadere	Solleverare l'avampiede o il tallone
<b>SISTEMA DI PUNTEGGIO – Viene assegnato un punto per ogni errore sopracitato, per un massimo di 10 punti a test. Range totale di punteggio da 0 a 60.</b>	
1. Bipodalica su superficie solida – Statica eretta in base d'appoggio stretta con aspetto mediale dei piedi a contatto	
2. Monopodalica su superficie solida – Statica eretta sull'arto non dominante	
3. Tandem su superficie solida – Statica eretta con i piedi in linea, con il tallone dell'arto dominante a contatto con le dita dell'arto non dominante	
4. Bipodalica su superficie morbida – Statica eretta in base d'appoggio stretta con aspetto mediale dei piedi sulla linea mediana della superficie	
5. Monopodalica su superficie morbida – Statica eretta sull'arto non dominante, posizionato al centro della pedana/superficie	
6. Tandem su superficie morbida – Statica eretta diagonale attraverso il centro della pedana/superficie, piedi in linea, con il tallone dell'arto dominante a contatto con le dita dell'arto non dominante	

Le sue proprietà psicometriche sono state principalmente studiate su una popolazione di adulti sani. Uno studio ha preso in esame un campione di 373 bambini sani, dai 5 ai 14 anni, per determinarne l'affidabilità su questa popolazione [31]:

Figura 4 - Minimal Detectable Change (MDC) su diversi domini di affidabilità per diversi Intervalli di Confidenza (IC)

	<b>MDC at 90% CI</b>	<b>MDC at 95% CI</b>	<b>MDC at 99% CI</b>
<b>Test-retest</b>	6.17	7.33	9.64
<b>Intra-rater</b>	3.85	4.58	6.02
<b>Inter-rater</b>	8.06	9.57	12.60

I valori medi per il BESS sono 23 per i bambini dai 5 ai 7 anni, 18 per i bambini da 8 a 10 anni e 16 per i bambini da 11 a 14 anni. I valori medi del Modified BESS (mBESS) sono 8 per i bambini dai 5 ai 7 anni, 5 per i bambini dagli 8 ai 10 anni e 4 per i bambini dagli 11 ai 14 anni [32].

Il mBESS prevede il mantenimento di tre diverse posizioni per 20 secondi (10 errori massimo per valutazione) su superficie rigida, mentre il Full BESS (fBESS) su superficie morbida.

Non c'è correlazione tra il BESS su superficie solida, morbida o il totale dei punteggi delle due superfici rispetto all'età, caratteristiche antropometriche o attività sportiva. Maschi e femmine presentano punteggi simili ad eccezione nel gruppo d'età 10-13 anni su superficie morbida dove le ragazze hanno performato meglio rispetto ai ragazzi [33].

I punteggi di baseline nei bambini di età 10-17 sono risultati normalmente distribuiti e non correlati a età, sesso, altezza, peso, BMI (Body Mass Index) o attività sportiva [33]

#### SCAT (Sport Concussion Assessment Tool)

Lo Sport Concussion Assessment Tool è stato ulteriormente sviluppato nello SCAT3, uno strumento di valutazione che comprende checklist di sintomi, valutazione cognitiva (SAC) e valutazione posturale (mBESS e fBESS).

Sullo SCAT3 è stato condotto uno studio sulle proprietà psicometriche.

Figura 5 - Test-Retest Reliability and Reliable Change Scores SCAT3 [34]

TABLE 6  
Test-Retest Reliability and Reliable Change Scores Derived From Noninjured Controls (n = 164)<sup>a</sup>

	Test-Retest Reliability			Criteria for Significant Change by CI			Practice Effect
	Pearson <i>r</i>	Spearman <i>r</i>	ICC	80% CI	90% CI	95% CI	
196-day interval <sup>b</sup>							
Symptoms	0.45	0.55	0.43	2.89	3.71	4.42	N/A
SAC	0.41	0.41	0.39	1.66	2.13	2.54	0
fBESS	0.53	0.52	0.52	2.28	2.93	3.49	0
mBESS	0.53	0.45	0.54	1.66	2.14	2.54	0
7-day interval <sup>c</sup>							
Symptoms	0.63	0.62	0.62	1.94	2.49	2.97	N/A
SAC	0.49	0.50	0.42	1.46	1.87	2.23	+1
fBESS	0.66	0.65	0.64	1.71	2.20	2.62	-1
mBESS	0.57	0.52	0.56	1.50	1.93	2.30	0

<sup>a</sup>fBESS, full Balance Error Scoring System; ICC, intraclass correlation coefficient; mBESS, modified Balance Error Scoring System; N/A, not applicable; SAC, Standardized Assessment of Concussion.

<sup>b</sup>Reflects the mean test-retest interval from preseason baseline to the 24-hour assessment point.

<sup>c</sup>Reflects the stability of the measures from the 24-hour to day-8 assessment.

Lo strumento è ulteriormente evoluto nello SCAT5, per atleti dai 13 anni in su e nello Child SCAT5 per atleti dai 5 ai 12 anni [35]. Lo strumento comprende una valutazione globale comprensiva di red flags, background dell'atleta, raccolta dei sintomi, screening cognitivo e neurologico ed una veloce valutazione della colonna cervicale.

L'utilità clinica dello SCAT5 diminuisce dopo i primi 3-5 giorni a seguito dell'evento lesivo [4]. Tuttavia, la scala dei sintomi presente può essere utilizzata per valutare i cambiamenti durante il tempo. Nel periodo subacuto (2-10 giorni) possono essere utilizzati in combinazione lo SCAT5 ed il VOMS (Vestibular Ocular Motor Screening) [36].

### SOT (Sensory Organization Test)

Il NeuroCom Sensory Organization Test (SOT) è uno strumento di valutazione per la componente dinamica di posturografia dinamica computerizzata, che utilizza input somato-sensitivi e visivi per testare in 6 diverse condizioni (20 secondi di mantenimento per ognuna) il sistema somato-sensitivo, vestibolare e visivo:

1. Occhi aperti, supporto fisso
2. Occhi chiusi, supporto fisso
3. "Sway-referenced vision", supporto fisso
4. Occhi aperti, "sway-referenced support"
5. Occhi chiusi, "sway-referenced support"

## 6. “Sway-referenced vision” e “support surface”

Il risultato è determinato da un composit score dei 3 sottosistemi [24]. Il punteggio medio di riferimento è stato studiato principalmente su popolazioni di atleti e militari, ma non sulla popolazione pediatrica. È presente uno studio del 2015 su un campione di 42 bambini con SRC che ha individuato nel composit score alterato una predominanza, nell’80% dei casi, del pattern vestibolare rispetto agli altri, suggerendo quindi il possibile ruolo chiave del sistema vestibolare negli impairments posturali post-concussione pediatrica [37].

### DGI (Dynamic Gait Index) e FGA (Functional Gait Assessment)

Il Dynamic Gait Index (DGI) è uno strumento per la componente dinamica composto da 8 items che valuta la capacità di camminare con rotazioni della testa, cambiamenti di velocità e attorno a degli ostacoli. Richiede al paziente di utilizzare il sistema visivo, il sistema somatosensoriale ed il sistema vestibolare. Il punteggio per ogni item va da 0 a 3, dove 3 indica la normalità. Il massimo punteggio possibile è 24 [38]. Gli items comprendono: (1) cammino a velocità normale, (2) cammino con cambiamenti di velocità, (3) cammino con la testa ruotata orizzontalmente e poi (4) verticalmente, (5) cammino con un veloce arresto girando su se stessi (“quick pivot stop”), (6) cammino scavalcando ostacoli, (7) cammino attorno a degli ostacoli, (8) salire e scendere le scale [39].

Le proprietà psicometriche sono state studiate sulla popolazione adulta in pazienti con disordini vestibolari periferici (test-retest reliability: ICC= .86, 95% CI .62 - .95) ed in pazienti con esiti di ictus [test-retest reliability: ICC = .96 (95% CI .9 - .98) e inter-rater reliability .96 (95% CI .83- .98)] [40] [41].

Uno studio del 2011 ha valutato le proprietà psicometriche su una popolazione di bambini con normale sviluppo, confrontandola con una popolazione di bambini affetti da FASD (Fetal Alcohol Spectrum Disorders) e suggerendo delle modificazioni nella somministrazione del test ai bambini [39].

Le modificazioni comprendono: dimostrazione da parte dell’operatore degli items, ad eccezione del numero 1 ed 8 (per evitare bias ed osservare una performance naturale del

bambino), l'assegnazione di un obiettivo all'item 1 (fuori dalla valutazione i bambini camminano più velocemente, probabilmente perché non comprendono il significato del test a cui sono sottoposti; viene consigliato di chiedere loro di andare a raccogliere un giocattolo adatto all'età) ed adottare istruzioni semplici ("guarda prima da un lato e poi dall'altro", invece che "ruota la testa a destra ed a sinistra"). Infine per l'item numero 3 è consigliabile un adattamento nel sistema dei punteggi, poiché nella popolazione adulta una riduzione della velocità viene conteggiata come errore, mentre in una popolazione pediatrica ciò può essere normale a causa dei sistemi in via di sviluppo [39].

La conclusione dello studio è che con tali accorgimenti il DGI può essere applicato a bambini di età compresa tra 8 e 15 anni sia con che senza disfunzioni del controllo posturale.

A causa della compresenza di items legati a tre diversi sistemi sensoriali è importante considerare come lo sviluppo di tali sistemi possa influenzare il test. A tale proposito, uno studio del 2018 ha cercato di valutare come individui dai 7 ai 18 anni, suddivisi per 3 fasce d'età (7-10, 11-14, 15-18) performasse nel Pediatric Modified DGI. Dai risultati si evince che i gruppi performano diversamente sia sul punteggio totale che nel singolo punteggio di alcuni items, quali il 3 (rotazione orizzontale della testa), il 4 (rotazione verticale della testa) ed il 5 (rotazione su sé stessi, "pivot turn"). Tali items nello specifico richiedono un maggior coinvolgimento del sistema vestibolare [42].

Il Functional Gait Assessment (FGA) è un test composto da 10 items e basato sul DGI. Lo score massimo possibile è 30, dove punteggi più alti indicano una migliore performance. La velocità del passo viene valutata con un cronometro mentre i pazienti camminano alla loro velocità abituale lungo un percorso di 4 metri. Gli items comprendono: (1) cammino a velocità normale, (2) cammino con cambiamenti di velocità, (3) cammino con testa ruotata orizzontalmente e (4) verticalmente, (5) cammino con arresto veloce girando su se stessi, (6) cammino scavalcando degli ostacoli, (7) cammino con base d'appoggio ristretta, (8) cammino ad occhi chiusi, (9) cammino all'indietro, (10) salire e scendere le scale [43].

### Tandem Gait Test e FTSTS

Il Tandem Gait Test valuta deambulazione, controllo posturale dinamico e coordinazione degli arti inferiori. Consiste nel deambulare a tandem lungo un percorso di 3 m, girarsi e tornare al punto di partenza il più velocemente possibile senza perdere l'equilibrio. È stato inserito nello SCAT3 per la valutazione del controllo posturale dinamico [44].

Il FTSTS (Five Times Sit to Stand) consiste nell'alzarsi e sedersi su una sedia (altezza normativa di 43 cm) 5 volte, il più velocemente possibile, con le braccia incrociate al petto [45]. Sulla popolazione pediatrica è stato studiato principalmente in relazione alle paralisi cerebrali infantili [46].

### VOMS (Vestibular/Ocular Motor Screening)

La popolazione pediatrica con presenza di deficit prolungati post concussione può trarre miglioramenti dalla riabilitazione vestibolare sia a livello di sintomatologia che a livello di deficit visuo-vestibolari. Sono fortemente consigliate nuove ricerche sull'inquadramento dell'efficacia e del timing ottimale post lesione in cui proporre questo tipo di riabilitazione nella popolazione specifica [47].

La valutazione vestibolare ed oculare si avvale di 5 domini: (1) smooth pursuit, (2) saccadi orizzontali e verticali, (3) convergenza, (4) riflesso vestibolo-oculare orizzontale (VOR – Vestibular Ocular Reflex), (5) VMS (Visual Motion Sensitivity).

Il test è stato studiato per essere utilizzato su soggetti dai 9 ai 40 anni d'età. I sintomi che vengono considerati alla baseline e durante il test sono cefalea, vertigine, nausea e "fogginess": dopo ogni test viene valutato un cambiamento dei sintomi su una scala 0-10 [48].

1. **Smooth Pursuit** – Testa l'abilità del soggetto di seguire un oggetto in lento movimento. Paziente ed operatore sono seduti, si utilizza un la punta del proprio dito a distanza di 3 ft.(3 feet, circa 90 cm) dal paziente. L'operatore muove il dito a 1,5 ft. a destra del paziente e poi 1,5 ft. a sinistra, lentamente, mentre il paziente mantiene lo sguardo fisso sul dito. Come tempo di esecuzione l'operatore dovrebbe impiegare circa 2 secondi per andare dalla destra alla sinistra e 2 secondi dalla

sinistra alla destra. Una ripetizione è completa quando il paziente muove la testa a destra e a sinistra e ritorna in posizione di partenza. Vanno eseguite 2 ripetizioni.

Il test è ripetuto in direzione verticale, seguendo le medesime modalità.

2. **Saccadi** – Testa l'abilità del soggetto di muovere velocemente gli occhi tra due bersagli.

- Saccadi orizzontali: paziente ed operatore sono seduti, l'operatore mantiene la punta delle proprie dita a distanza di 3 ft. dal paziente, uno a 1,5 ft. dalla linea mediana a destra e l'altro a 1,5 ft. dalla linea mediana a sinistra (ampiezza del movimento di 30°). L'operatore chiede al paziente di spostare velocemente lo sguardo da un oggetto all'altro. Una ripetizione è completa quando lo sguardo torna alla posizione iniziale. Vanno eseguite 10 ripetizioni.

- Saccadi verticali: il test è ripetuto posizionando gli oggetti ad 1,5 ft. sopra e sotto la linea mediana, seguendo per l'esecuzione le medesime modalità.

3. **Convergenza** – Testa se il soggetto è in grado di osservare un oggetto da vicino senza sperimentare visione doppia.

Il paziente è seduto, se necessario con occhiali o lenti a contatto. Impugna e posiziona un piccolo oggetto (14 "point font size", circa 5 mm) a distanza del proprio braccio teso e lo avvicina lentamente alla punta del proprio naso. Il paziente è istruito a fermarsi quando compare visione doppia o quando l'operatore nota una deviazione verso l'esterno di un occhio. Viene registrata la distanza oggetto-naso (anormale: oltre o uguale a 6 cm). Vengono eseguite 3 ripetizioni.

4. **VOR test** – Testa l'abilità del soggetto di stabilizzare lo sguardo mentre la testa si muove. Paziente ed operatore sono seduti e l'operatore tiene un piccolo oggetto (circa 5 mm) a distanza di 3 ft. dal paziente sulla linea mediana.

- VOR orizzontale: il paziente ruota la testa mantenendo il focus dello sguardo sull'oggetto target (ampiezza delle rotazioni di 20°). Per misurare la velocità di rotazione utilizzare un metronomo settato a 180 battiti al minuto (un battito per rotazione). Una ripetizione è completa quando la testa si muove a destra e a sinistra per tornare alla posizione di partenza. Eseguire 10 ripetizioni. In questo specifico test la registrazione delle variazioni sui sintomi va eseguita dopo 10 secondi dalla fine del test.

- VOR verticale: il paziente muove la testa verticalmente, seguendo le medesime modalità. La modifica dei sintomi viene registrata subito dopo il test.
5. **VMS** – Testa la sensibilità viso-motoria e la capacità di inibire i movimenti vestibolari indotti dall’occhio tramite la vista.
- Il paziente si posiziona in piedi con i piedi alla stessa larghezza delle spalle, estende le braccia e focalizza lo sguardo sui propri pollici. Viene istruito ad eseguire delle rotazioni di sguardo, testa e tronco in contemporanea verso destra e verso sinistra (ampiezza delle rotazioni di 80°). Per misurare la velocità di rotazione viene utilizzato un metronomo settato a 50 battiti al minuto (un battito per rotazione). Una ripetizione è completa quando il tronco si muove a destra e a sinistra per poi tornare alla posizione di partenza. Vanno eseguite 5 ripetizioni.

Figura 6 - Vestibular/Ocular Motor Screening for concussion [48]

Vestibular/Ocular Motor Test:	Not Tested	Headache 0-10	Dizziness 0-10	Nausea 0-10	Fogginess 0-10	Comments
BASELINE SYMPTOMS:	N/A					
Smooth Pursuits						
Saccades – Horizontal						
Saccades – Vertical						
Convergence (Near Point)						(Near Point in cm): Measure 1: _____ Measure 2: _____ Measure 3: _____
VOR – Horizontal						
VOR – Vertical						
Visual Motion Sensitivity Test						

## Discussione

Le principali limitazioni relative alla valutazione nella popolazione pediatrica risultano essere l’eterogeneità in fatto di età, sesso e facoltà cognitive, quindi la difficoltà nel rendere oggettivabile e riproducibile il processo clinico. Si è discusso sulla necessità di una baseline pre-concussione a cui fare riferimento per l’interpretazione dei dati, ma diversi autori sembrano d’accordo sulla sua non necessità: in uno studio relativo allo SCAT3 non sono risultati cambiamenti significativi tra il comparare la performance post-concussione alle valutazioni di baseline antecedenti all’evento, rispetto alla comparazione con i dati normativi [34].

La baseline può risultare utile, ma al contempo può rendere la valutazione post-lesiva meno affidabile, poiché risulta necessario ricreare il setting della baseline al momento della valutazione in maniera appropriata per rendere il risultato standardizzabile ed affidabile [4] [10].

Le scale di valutazione più utilizzate (il BESS principalmente), inoltre, sembrano risultare efficaci principalmente nei primi giorni post evento lesivo e perdono di efficacia entro la prima settimana, risultando quindi poco utili per il monitoraggio del paziente nel tempo [34].

La valutazione del controllo posturale, inoltre, dovrebbe essere multifattoriale, anche perché sembra che i deficit della componente dinamica persistano più a lungo rispetto alla componente statica [27] [30].

La gestione soprattutto delle SRC nella popolazione pediatrica richiede specifici paradigmi adatti ad un bambino in via di sviluppo. La povertà di studi con target specifico sulla popolazione pediatrica, soprattutto relativamente ai bambini più piccoli, dovrebbe essere considerata una priorità per permettere ai futuri consensus di avere un adeguato ammontare di letteratura di qualità da revisionare. La raccomandazione del “Consensus statement on concussion in sport” del 2016 è di definire con precisione i gruppi d’età: le linee guida per bambini ed adolescenti dovrebbero applicarsi per individui sotto i 18 anni d’età e, nello specifico, i paradigmi per le SRC specifici per la popolazione di bambini ad individui dai 5 ai 12 anni, mentre i paradigmi relativi alle SRC per la popolazione di adolescenti ad individui dai 13 ai 18 anni. La letteratura non definisce adeguatamente per quale fascia d’età le SRC andrebbero gestite diversamente rispetto alla popolazione adulta [4].

L’obiettivo della revisione sistematica è aggiornare le conoscenze relative alle misure di outcomes utilizzate per la valutazione degli impairments posturali nella popolazione pediatrica, le cui proprietà psicometriche sono state studiate principalmente in riferimento alla popolazione adulta.

## MATERIALI E METODI

### Formulazione del quesito clinico

È stato formulato un quesito di accuratezza diagnostica:

Quali sono le proprietà psicometriche relative alle principali misure di outcomes utilizzate per la valutazione degli impairments posturali nella popolazione pediatrica post-concussione?

L'indagine verrà condotta sulle principali banche dati biomediche, quali PubMed, Scopus e Web of Science, mediante una stringa di ricerca formulata secondo il principio PEO (Population, Exposition, Outcome):

<b>POPULATION</b>	"children", "child", "youth", "young", "pediatr*", "paediatr*", "adolescent"	AND
<b>EXPOSITION</b>	"concussion", "brain concussion", "brain injur*", "brain injuries, traumatic", "mild traumatic brain injury", "sport-related concussion", "post-concussion syndrome", "head injur*"	AND
<b>OUTCOME</b>	("postural", "balance", "postural balance", "postural control", "static balance", "dynamic balance") AND ("patient outcome assessment", "outcome measure", "outcome assessment", "outcome assessment, health care", "outcome and process assessment, health care", "patient reported outcome measure", "treatment outcome", "bias", "reproducibility of the results", "reliability", "psychometrics", "psychometrics properties", "validation studies as topic", "validation study")	

Criteria di inclusione ed esclusione

	Inclusione	Esclusione
<b>POPOLAZIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bambini ed adolescenti, con età compresa tra 5 e 18 anni d'età.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Popolazione sotto i 5 anni o sopra i 18 anni d'età.</li> </ul>
<b>ESPOSIZIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Diagnosi di concussione o sindrome post-concussiva</li> <li>○ Se la letteratura in merito al sottogruppo specifico dovesse risultare scarsa, verranno inclusi articoli su popolazione pediatrica sana (relativi a misure di outcome per il controllo posturale utilizzate nella valutazione post concussione)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Diagnosi di "acquired brain injury" (riferita a stroke, tumori, infezioni, ipossia cerebrale ed altre patologie)</li> </ul>
<b>OUTCOME</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Misure di outcome sul controllo posturale</li> <li>○ Presenza di almeno una valutazione psicometrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Misure di outcome relative ad altri impairments</li> </ul>

Verranno selezionati ed inclusi gli studi in lingua italiana ed inglese, con popolazione pediatrica compresa tra i 5 ed i 18 anni d'età (in accordo con le linee guida), di tipo osservazionale (coorte, caso-controllo) ed eventuali RCT, con campione in esame con diagnosi di concussione o sindrome post-concussiva, che trattino di misure di outcomes in

relazione a tale popolazione e patologia. Gli studi verranno selezionati tramite titolo ed abstract, in caso di incertezza anche tramite lettura del full-text.

Dagli studi verranno estratti i dati di interesse per la revisione comprendenti paese di origine, caratteristiche del campione preso in esame, evento traumatico scatenante (se riportato), modalità di conduzione delle valutazioni cliniche, impairments rilevati, misure di outcomes utilizzate e relative proprietà psicometriche.

Gli studi di tipo RCT inclusi nella revisione verranno qualitativamente valutati attraverso il *“Cochrane Risk of Bias Tool for Randomized Trials”*, mentre gli studi osservazionali tramite la *QAREL checklist* e la *QUADAS-2* (strumenti specifici per gli studi di accuratezza diagnostica).

## Stringhe di ricerca

### Pubmed

Ricerca su Pubmed con stringa:

**((((((((((((((("Child"[Mesh]) OR adolescent) OR ("Adolescent"[Mesh] OR "Adolescent Health"[Mesh])) OR child) OR children) OR young) OR youth) OR pediatr\*) OR paediatr\*) OR teen\*)) AND (((((((((((("Brain Concussion"[Mesh] OR "Post-Concussion Syndrome"[Mesh])) OR ("Brain Injuries"[Mesh] OR "Brain Injuries, Traumatic"[Mesh])) OR concussion) OR brain concussion) OR post concussion syndrome) OR sport related concussion) OR brain injur\*) OR traumatic brain injur\*) OR mild traumatic brain injur\*) OR head injur\*) OR traumatic head injur\*)) AND (((((((("Postural Balance"[Mesh] OR balance) OR postural) OR postural balance) OR postural control) OR dynamic balance) OR static balance)))) AND (((instrumentation[sh] OR methods[sh] OR "Validation Studies"[pt] OR "Comparative Study"[pt] OR "psychometrics"[MeSH] OR psychometr\*[tiab] OR clinimetr\*[tw] OR clinometr\*[tw] OR "outcome assessment (health care)"[MeSH] OR "outcome assessment"[tiab] OR "outcome measure\*" [tw] OR "Health Status Indicators"[Mesh] OR "reproducibility of results"[MeSH] OR reproducib\*[tiab] OR "discriminant analysis"[MeSH] OR reliab\*[tiab] OR unreliab\*[tiab] OR valid\*[tiab] OR test-retest[tiab] OR (test[tiab] AND retest[tiab]) OR (reliab\*[tiab] AND**

**(test[tiab] OR retest[tiab])) OR stability[tiab] OR interrater[tiab] OR inter-rater[tiab] OR intrarater[tiab] OR intra-rater[tiab] OR intertester[tiab] OR inter-tester[tiab] OR intratester[tiab] OR intra-tester[tiab] OR interobserver[tiab] OR inter-observer[tiab] OR intraobserver[tiab] OR intra-observer[tiab] OR intertechnician[tiab] OR inter-technician[tiab] OR intratechnician[tiab] OR intra-technician[tiab] OR interexaminer[tiab] OR inter-examiner[tiab] OR intraexaminer[tiab] OR intra-examiner[tiab] OR interassay[tiab] OR inter-assay[tiab] OR intraassay[tiab] OR intra-assay[tiab] OR interindividual[tiab] OR inter-individual[tiab] OR intraindividual[tiab] OR intra-individual[tiab] OR interparticipant[tiab] OR inter-participant[tiab] OR intraparticipant[tiab] OR intra-participant[tiab] OR repeatab\*[tw] OR ((replicab\*[tw] OR repeated[tw]) AND (measure[tw] OR measures[tw] OR findings[tw] OR result[tw] OR results[tw] OR test[tw] OR tests[tw])) OR generaliza\*[tiab] OR generalisa\*[tiab] OR concordance[tiab] OR “standard error of measurement”[tiab] OR sensitiv\*[tiab] OR responsive\*[tiab] OR interpretab\*[tiab] OR ((minimal[tiab] OR minimally[tiab] OR clinical[tiab] OR clinically[tiab]) AND (important[tiab] OR significant[tiab] OR detectable[tiab])) AND (change[tiab] OR difference[tiab])) OR (small\*[tiab] AND (real[tiab] OR detectable[tiab])) AND (change[tiab] OR difference[tiab])) OR “meaningful change”[tiab])**

Con 491 risultati.

#### Web Of Science

Ricerca su Web Of Science con stringa:

**(((((((((child) OR adolescent) OR youth OR young) OR teen) OR pediatri\*) OR paediatric\*)) AND (((((((concuSSION) OR “brain concuSSION”) OR “brain injur\*”) OR “head injur\*”) OR “mild traumatic brain injur\*”) OR “traumatic brain injur\*”) OR “post concuSSION syndrome”) OR “sport related concuSSION”)) AND (((((((postural) OR balance) OR “postural balance”) OR “postural control”) OR “static balance”) OR “dynamic balance”)) AND (((((((((((((((((((outcome\*) OR "outcome assessment") OR "outcome measure\*") OR error) OR bias) OR reliab\*) OR valid\*) OR responsive\*) OR interpretab\*) OR**

**reproducibility) OR "reproducibility of the results") OR test) OR retest) OR "test-retest")  
OR "inter-rater") OR "intra-rater") OR interrater) OR intrarater) OR measure\*)) OR  
psychometr\*))**

Con 469 risultati. Attivando il filtro "Rehabilitation" 104 risultati.

## Scopus

Ricerca su Scopus\_con stringa:

**( TITLE-ABS-KEY ( child OR children OR young OR youth OR p??diatr? OR teen OR  
adolescent ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( concussion OR {brain concussion} OR {brain  
injur\*} OR {head injur\*} OR {post concussion syndrome} OR {sport related concussion}  
OR {traumatic brain injur\*} OR {mild traumatic brain injur\*} ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY (  
postural OR balance OR {postural balance} OR {postural control} OR {static balance}  
OR {dynamic balance} ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( outcome OR {outcome measure\*} OR  
{outcome assessment} OR assessment OR treatment OR psychometr\* OR reliab\* OR  
responsive\* OR interpretab\* OR valid\* OR reproducib\* OR test OR retest OR {test-  
retest} OR interrater OR {inter-rater} OR intrarater OR {intra-rater} OR repeteab\*  
OR replicab\* OR error OR change OR {standard error} OR {meaningful change} OR  
difference OR bias OR {case-control} ) )**

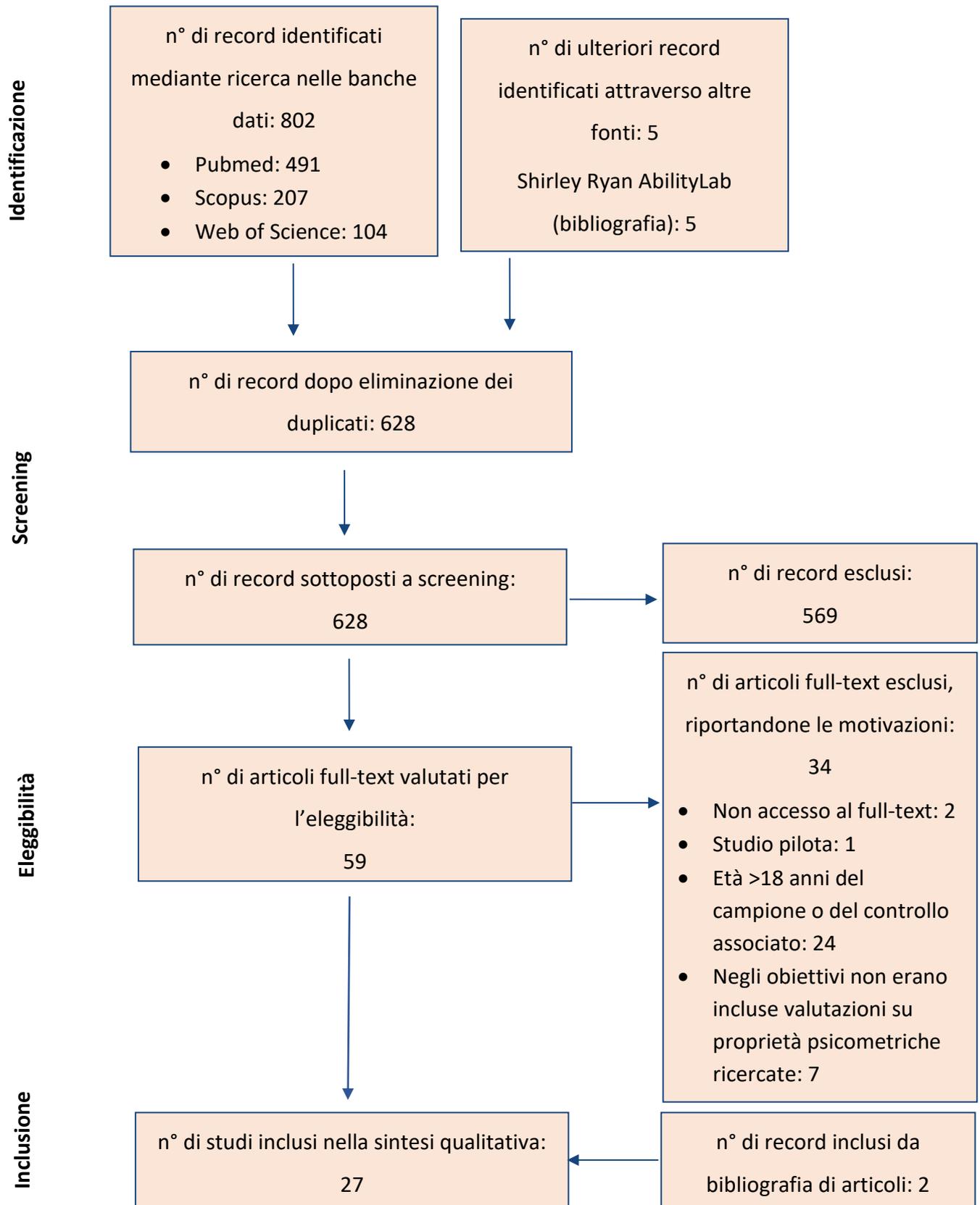
Con 454 risultati. Attivando il filtro "Health professions" 207 risultati.

## RISULTATI

Il sito di Shirley Ryan AbilityLab per le misure di outcome riabilitative è stato utilizzato cercando nella bibliografia delle misure di outcome interessate degli articoli da includere. Quando dall'abstract non è stato possibile estrarre i dati relativi alle caratteristiche demografiche della popolazione (principalmente l'età) è stato letto il full-text. Se il full-text riportava solo l'età media della popolazione vicina al limite massimo per l'inclusione, è stata utilizzata una formula statistica per risalire al limite massimo ed eventualmente escludere lo studio  $[\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} * \sigma/\sqrt{(n)}$ , con tabella t-Student].

Le revisioni sono state escluse, ma se inerenti al quesito clinico si è ricercato nella bibliografia eventuali articoli da includere.

PRISMA FLOW CHART



VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

Estrazione dati

AUTORE, ANNO, TITOLO	DISEGNO DI STUDIO	OBIETTIVI	POPOLAZIONE, ESPOSIZIONE	RISULTATI
<p>1. Valovich McLeod T.C. et al.; 2004</p> <p><i>Serial Administration of Clinical Concussion Assessments and Learning Effects in Healthy Young Athletes</i></p> <p>Arizona, USA</p>	<p>Studio osservazionale prospettico (di coorte)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valutare se la somministrazione in serie di SAC e BESS determina un “learning effect”</li> <li>- Determinare l’affidabilità del BESS</li> </ul>	<p>50 atleti sani tra 9 e 14 anni d’età, divisi in due gruppi da 25 (un gruppo è stato valutato due volte, all’inizio e dopo 60 giorni; il secondo gruppo è stato valutato all’inizio, al giorno 3, al giorno 5, al giorno 7 ed al giorno 60)</p>	<p>Affidabilità intra-tester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>ICC_{(2,1)} =</math> da 0.87 a 0.95</li> <li>○ ICC (total score BESS) = 0.98</li> </ul> <p>Non è stata calcolata per la condizione “stance bipodalica su superficie rigida” perché tutti i soggetti hanno totalizzato 0 errori.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ SEM: da 0.28 a 0.77</li> <li>○ SEM (total score BESS): 1.01</li> </ul> <p>Rilevato un “learning effect” nelle rivalutazioni (minor numero di errori e punteggio</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				migliore) per il BESS per entrambi i gruppi. Sebbene sia stato rilevato per il total score, solo per la condizione di stance in tandem statisticamente significativa.
2. Valovich McLeod T.C. et al.; 2006  <i>Psychometric and Measurement Properties of Concussion Assessment Tools in Youth Sports</i>  Virginia, USA	“quasi-experimental repeated measure design” (studio di coorte)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare l’affidabilità test-retest e il RCI nelle valutazioni post concussioni nei giovani atleti</li> <li>- Esaminare la relazione tra SAC ed altri strumenti per la valutazione neuropsicologica nei giovani</li> </ul>	50 atleti tra 9 e 14 anni, età media 10.7 (0.96), 24 maschi e 26 femmine  Rivalutati a 60 giorni (per riflettere un intervallo temporale tra l’inizio e la fine di una stagione sportiva)	<p>Affidabilità BESS performance prima valutazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>ICC_{(2,1)} = 0.70</math></li> <li>○ <math>SEM = 3.3</math></li> </ul> <p>Test-retest BESS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>ICC_{(2,1)}</math> femmine = 0.61</li> <li>○ <math>ICC_{(2,1)}</math> maschi = 0.75</li> <li>○ <math>ICC_{(2,1)}</math> (9-11 anni) = 0.56</li> <li>○ <math>ICC_{(2,1)}</math> (12-14 anni) = 0.68</li> <li>○ <math>SEM = 3.17</math></li> </ul> <p>Responsiveness BESS (<i>t-test</i>): <math>t = 3.010, p &lt; .004</math> statisticamente</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				<p>significativa diminuzione degli errori tra valutazione iniziale e re-test che suggerisce la presenza di un "learning effect"</p> <p>RCI BESS: 70% CI = 3 errori 80% CI = 4 errori 90% CI = 6 errori</p>
<p>3. Katz-Leurer M. et al; 2008</p> <p><i>Functional Balance Tests for Children with Traumatic Brain Injury: Within-Session Reliability</i></p> <p>Gerusalemme, Israele</p>	<p>Studio caso-controllo (non specificato)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare SEM e affidabilità intra-sessione del MFRT e del TUG test in bambini con TBI e in normale sviluppo (una sessione, 3 trials per ogni test).</li> <li>- Comparare i risultati dei due test tra le due popolazioni</li> <li>- Identificare il metodo più accurato di raccolta dati per i bambini con TBI</li> </ul>	<p>24 bambini sani di età media 8.5 (3.0).</p> <p>24 bambini con TBI di età media 8.7 (3.5).</p> <p>16 maschi e 8 femmine, da 7 a 14 anni.</p> <p>Sono stati considerati solo i valori per i bambini sani (TBI severa e non lieve, esclusi)</p>	<p>Affidabilità MFRT</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>ICC_{(1,1)}</math>(95% CI) bambini con TBI: 0.92-0.97</li> <li>○ <math>ICC_{(1,1)}</math> (95% CI) bambini sani: 0.94-0.95</li> <li>○ SEM bambini con TBI (davanti, lato dominante e non dominante): 0.97, 0.72, 0.90 cm</li> <li>○ SEM bambini sani: 1.41, 0.80, 0.97 cm</li> </ul>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				<p>Affidabilità TUG</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICC<sub>(1,1)</sub> (95% CI) bambini con TBI: 0.86</li> <li>○ ICC<sub>(1,1)</sub> (95% CI) bambini sani: 0.85</li> <li>○ SEM bambini con TBI: 0.60 s</li> <li>○ SEM bambini sani: 0.23 s</li> </ul> <p>La media del primo e del secondo trial, come metodo di raccolta dati, ha mostrato il minor errore di misurazione (0.7 cm per il MFRT e 1 s per il TUG test).</p>
<p>4. Hunt T.N. et al; 2009</p> <p><i>The Reliability of the Modified Balance Error Scoring System</i></p>	<p>Studio cross-sectional prospettico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studio 1: determinare l'affidabilità del BESS tradizionale</li> <li>- Studio 2: determinare l'affidabilità di un protocollo BESS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studio 1: 78 atleti sani di football di età media 15.7 (1.16)</li> <li>- Studio 2: 144 atleti sani di football di età media 15.5 (1.15)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studio 1</li> </ul> <p>Affidabilità BESS tradizionale, 1 trial (ICC): <math>r</math> (reliability)= 0.60</p> <p>Intra-tester: <math>r = 0.97</math></p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
 NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

Ohio, USA		<p>modificato (4 condizioni invece di 6, rimuovendo le due stance bipodaliche)</p>		<p>- Studio 2</p> <p>Affidabilità BESS modificato (rimuovendo la stance bipodalica), 1 trial (ICC):  <math>r = 0.73</math></p> <p>Affidabilità BESS modificato, 3 trials:  <math>r = 0.88</math>  <math>r = 0.84</math> (per trial 2 e 3, rimuovendo il trial 1 a causa del rilevamento di un "practice effect")</p> <p>Affidabilità "teoretica" del BESS modificato (calcolata tramite formula Spearman-Brown):  <math>r = 0.94</math> con 6 trials                  (aumentando il numero di trials, migliora l'affidabilità)</p>
-----------	--	--	--	---

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p>5. Sheehan D.P. et al.; 2011</p> <p><i>Intra-Rater and Inter-Rater Reliability of the Balance Error Scoring System in PreAdolescent School Children</i></p> <p>Alberta, Canada</p>	<p>Studio di coorte (non specificato)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare l'affidabilità intra-rater ed inter-rater del BESS in bambini da 9 a 10 anni (assegnato automaticamente un massimo di 10 punti con un errore nei primi 5 secondi del test).</li> <li>- Valutare se una versione modificata del BESS (basata su una valutazione dell'operatore sugli effettivi errori commessi e chiamato "raw scores") risulta più sensibile in questa popolazione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 46 bambini sani (22 maschi e 24 femmine), di età media 118 mesi (da 113 a 124 mesi).</li> </ul>	<p>Affidabilità ICC (Cronbach's <math>\alpha</math>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Intra-rater ICC= da 0.73 a 0.94 (BESS), con <math>\alpha</math> medio = 0.83 e da 0.94 a 0.99 ("raw scores") con <math>\alpha</math> medio = 0.97</li> <li>o Inter-rater ICC= da 0.77 a 0.95 (BESS) con <math>\alpha</math> medio = 0.85 e da 0.88 a 0.98 ("raw scores") con <math>\alpha</math> medio = 0.93</li> </ul>
<p>6. Quatman-Yates C. et al.; 2013</p> <p><i>Test-retest consistency of a postural sway assessment protocol for adolescent</i></p>	<p>Studio di coorte (non specificato)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare l'affidabilità di un PSAP (stance bipodolica ad occhi chiusi e occhi aperti) misurato con pedana stabilometrica in atlete adolescenti</li> </ul>	<p>19 adolescenti atlete sane, tutte femmine, di età media 15.5 (1.27) da 14 a 18 anni. 10 per la stance ad occhi aperte e 9 per la stance ad occhi chiusi</p>	<p>ICC (95% CI) breve termine:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o occhi aperti = 0.77-0.90</li> <li>o occhi chiusi = 0.69-0.84</li> </ul> <p>ICC (95% CI) lungo termine:</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><i>athletes measured with a force plate</i></p> <p>Massachusetts, USA</p>		<p>nel breve termine (nella stessa sessione) e nel lungo termine (dopo 120 giorni)</p>	<p>Sottocampione per la rivalutazione: 13, 7 per la stance ad occhi aperti e 6 per la stance ad occhi chiusi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ occhi aperti = 0.68-0.91</li> <li>○ occhi chiusi = 0.66-0.88</li> </ul> <p>ICC statisticamente significativi solo per la condizione ad occhi aperti.</p>
<p>7. Alsalaheen B.A. et al.; 2014</p> <p><i>Performance of High School Adolescents on Functional Gait and Balance Measures</i></p> <p>Pennsylvania, USA</p>	<p>Studio cross-sectional</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descrivere la performance di adolescenti sani in test funzionali di cammino e controllo posturale</li> <li>- Determinare l'affidabilità test-retest di GS, TUG, FTSTS</li> </ul>	<p>91 adolescenti sani (47 maschi e 44 femmine), di età media 15 anni, tra 14 e 18 anni.</p> <p>Sottocampione per la rivalutazione: 61 adolescenti</p> <p>Sottocampione per testare la validità della valutazione del GS da parte di un clinico e da parte di un dispositivo elettronico: 23 adolescenti</p>	<p>Affidabilità GS, TUG, FTSTS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICC GS: <ul style="list-style-type: none"> <li>- GS (4 m) = 0.81</li> <li>- GS (6.1 m) = 0.79</li> </ul> </li> <li>○ SEM: <ul style="list-style-type: none"> <li>- GS (4 m) = 0.07 m/s</li> <li>- GS (6.1 m) = 0.07 m/s</li> </ul> </li> <li>○ MDC: <ul style="list-style-type: none"> <li>- GS (4 m) = 0.18 m/s</li> <li>- GS (6.1 m) = 0.81 m/s</li> </ul> </li> <li>○ ICC TUG = 0.84</li> <li>○ SEM = 0.3 s</li> <li>○ MDC = 0.9 s</li> <li>○ ICC FTSTS=0.91</li> </ul>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
 NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				<ul style="list-style-type: none"> <li>○ SEM = 0.1 s</li> <li>○ MDC = 0.4 s</li> </ul> <p>ICC GS (validità clinico-dispositivo elettronico) = 0.98 (95% CI)</p> <p>Affidabilità inter-rater BESS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICC= 0.95</li> <li>○ <i>Weighted kappa</i> per i vari items (eccetto stance bipodalica su superficie rigida) = da 0.46 (stance bipodalica su superficie morbida) a 0.79</li> </ul>
8. Alshaleen B.A., Haines J. et al.; 2015	Studio osservazionale cross-sectional	- Determinare l'affidabilità e la validità (convergente e discriminativa rispetto a test per il controllo posturale statico) del LOS test per	36 adolescenti, 17 femmine (età media 15.7 (1.4)) e 19 maschi (età media 16.1 (1.7))  Sottocampione per la rivalutazione ad	Affidabilità test-retest LOS: ICC <sub>(2,1)</sub> total score= 0.73- 0.96 (95% CI) SEM%= 2.7-9.4 MDC (95% CI)= variabile per i vari
<i>Reliability and Construct Validity of Limits of Stability Test in Adolescents</i>				

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><i>using a Portable Force Plate System</i></p> <p>Michigan, USA</p>		<p>valutare il controllo posturale dinamico negli adolescenti, usando una pedana stabilometrica</p>	<p>una settimana: 15 adolescenti, di cui 11 maschi e 4 femmine, di età media 16.4 (1.8)</p>	<p>items, da 7.7% a 26%</p> <p>Validità convergente (<i>Pearson's correlation</i>): buona correlazione tra gli items del LOS test.</p> <p>Validità discriminativa (<i>Spearman's correlation</i>): nessuna correlazione con le misure di controllo posturale statiche.</p>
<p>9. Alsalaheen B.A. et al; 2015</p> <p><i>Reliability and concurrent validity of instrumented balance error scoring system using a portable</i></p>	<p>Studio cross-sectional</p>	<p>- Esaminare la validità concorrente del BESS computerizzato (pedana stabilometrica NeuroCom) con il BESS clinico.</p>	<p>36 adolescenti (17 maschi, 18 femmine), età media 15.9 (1,5). Popolazione sana. Sottocampione per la rivalutazione ad 1 settimana: 26</p>	<p>Validità significativa per 4 livelli del BESS e per il total score (<i>Spearman's rho</i>) <math>r_s=0.54</math>, <math>p=0.001</math></p> <p>ICC<sub>(3,1)</sub> (95% CI) total score BESS clinico: 0.74 (0.48-0.88)</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><i>force plate system.</i></p> <p>Michigan, USA</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare l'affidabilità dei due tipi di BESS.</li> </ul>	<p>(non specificati sesso ed età).</p>	<p>ICC<sub>(3,1)</sub> (95% CI) total score BESS computerizzato: 0.74 (0.50-0.87)</p> <p>SEM% BESS total score computerizzato: 9,1%</p> <p>MDC% BESS total score computerizzato: 25,7%</p>
<p>10. Howell D.R. et al; 2016</p> <p><i>Evaluation of postural stability in youth athletes: the relationship between two rating systems</i></p> <p>Massachusetts, USA</p>	<p>Studio cross-sectional retrospettivo (storia clinica precedente indagata tramite self-report)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esaminare la validità concorrente della mBESS clinica e di un sistema computerizzato con pedana stabilometrica</li> <li>- Determinare se una storia precedente di concussione determina un cambiamento nei punteggi dei due test</li> </ul>	<p>393 atleti sani di età media 14.3 (2.4) da 8 a 18 anni</p>	<p>Validità concorrente tra i due test significativa per la misurazione in stance monopodalica (<i>Spearman's correlation</i>): <math>\rho = -0.64, p &lt; .001</math></p> <p>Bassa validità per la stance in tandem: <math>\rho = -0.30, p &lt; .001</math></p> <p>Moderata validità per la somma dei tre punteggi: <math>\rho = -0.60, p &lt; .001</math></p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				Nessuna correlazione per la stance bipodalica.
11. Geldhof E. et al.; 2006  <i>Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children</i>  Belgio	Studio di coorte (non specificato)	- Determinare l'affidabilità test-retest (una rivalutazione ad una settimana) e valori di riferimento del Balance Master System per controllo posturale statico (mCTSIB test) e dinamico (LOS test), in bambini dai 9 ai 10 anni	20 bambini sani, 10 maschi e 10 femmine, di età media 10.1 (0.7) per determinare l'affidabilità.  99 bambini di età media 9.8 (0.5), 41 maschi e 58 femmine, per determinare i valori di riferimento.	Affidabilità intra-item: ICC mCTSIB = da 0.62 a 0.80 nei vari items  Affidabilità test-retest inter-session: o ICC mCTSIB composit sway velocity= 0.77 Povera per gli altri items o ICC LOS composit parameters = da 0.44 a 0.62
12. Yorke A.M. et al.; 2017  <i>Validity and Reliability of the Vestibular/Ocular Motor Screening and Associations</i>	Studio osservazionale cross-sectional descrittivo	- Riportare la performance del VOMS e della distanza NPC in una coorte di adolescenti  - Esaminare la relazione tra	105 adolescenti sani, di età media 15.4 (1.2) e di cui 53 maschi e 52 femmine  Sottocampione per test-retest (ad	Affidabilità inter-rater BESS: ICC <sub>(3,1)</sub> = 0.92 (0.87-0.94)  Nessuna associazione tra

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><i>With Common Concussion Screening Tools</i></p> <p>Michigan, USA</p>		<p>VOMS, BESS e K-D test</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare l'affidabilità test-retest del VOMS</li> <li>- Determinare il MDC per la distanza NPC</li> </ul>	<p>un'ora): 21 adolescenti, di cui 16 maschi e 5 femmine, di età media 15.5 (1.2)</p>	<p>VOMS, BESS e K-D (<math>r_s = -0.03-0.18</math>, <math>p &gt; 0.05</math>)</p> <p>Percentage of agreement trial 1/trial2 VOMS: 64.3%</p> <p>Affidabilità NPC: ICC (95% CI) = 0.95 (0.89-0.98; <math>p &lt; 0.001</math>)</p> <p>SEM= 1,5 cm MDC= 4 cm</p>
<p>13. Nelson L.D. et al.; 2017</p> <p><i>Baseline Performance and Psychometric Properties of the Child Sport Concussion Assessment Tool 3 (Child-SCAT3) in 5-13 Year-Old Athletes</i></p> <p>Wisconsin, USA</p>	<p>Studio osservazionale cross-sectional</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare i valori normativi di baseline e le proprietà psicometriche del Child-SCAT3, in ambiente sportivo.</li> </ul>	<p>53 atleti sani tra 5 e 13 anni.</p>	<p>[Poiché il Child-SCAT3 comprende la valutazione di diversi domini, vengono riportati i risultati relativi all'affidabilità del dominio posturale]</p> <p>Affidabilità test-retest (Pearson's correlation): <math>r = 0.46</math> (tandem gait test) <math>r = 0.02</math> (mBESS)</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				Le conclusioni sullo strumento in generale riportano una buona consistenza interna, ma affidabilità test-retest variabile nelle sue parti e poca affidabilità della checklist di sintomi auto-risportati per i bambini più piccoli.
14. Hansen C. et al; 2017  <i>Reliability Testing of the Balance Error Scoring System in children Between the Ages of 5 and 14</i>  Utah, USA	Studio osservazionale prospettico (di coorte)	Determinare l'affidabilità (inter-rater, intra-rater, test-retest a 2-3 settimane) e il MDC del BESS nei bambini sani.	373 bambini (età compresa tra 5 e 14 anni). 58% maschi, 80% atleti. Il 10% ha sostenuto una concussione in passato (dei quali il 95% dichiara recupero completo).  Sottocampione per calcolare l'affidabilità intra-	Inter-rater ICC (95% CI): 0.93 (0.79-0.97)  Intra-rater ICC (95% CI): 0.96 (0.95-0.97) Test-retest (95% CI): 0.90 (0.88-0.92)  MDC (95% CI) Inter-rater: 9.6 Intra-rater: 4.6 Test-retest (intra-rater): 7.3

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

			rater: 250 bambini	
			Sottocampione per calcolare l'affidabilità inter- rater: 50 bambini	
15. Dunn K.L. et al.; 2017  <i>Reliability of the Sway Balance Mobile Application: A Retrospective Analysis</i>  Indiana, USA	Studio retrospettivo (cross-sectional; analisi di dati ospedalieri)	Determinare l'affidabilità dell'applicazione Sway Balance™ mobile in atleti maschi di diversi gruppi d'età	18 atleti bambini, di età media 7.8 (6), tra 5 e 10 anni.  69 adolescenti di età media 16.5 (1.2), tra 13 e 18 anni.  63 atleti del college di età media 20.3 (1.4), tra 18 e 24 anni.	Affidabilità test-retest: ICC (95% CI) total sway bambini = 0.66 (molto bassa nella stance bipodalica ad occhi chiusi, ICC = 0.10) ICC (95% CI) total sway adolescenti = 0.89 (bassa nella stance bipodalica ad occhi chiusi, ICC = 0.48)
16. Howell D.R. et al; 2019  <i>Tandem Gait Test-Retest Reliability Among Healthy Child and Adolescent Athletes</i>	Studio descrittivo e prospettico di laboratorio (di coorte)	Determinare l'affidabilità test-retest del cammino in tandem single-task e dual-task (aggiunta di un task cognitivo), tramite 3 rivalutazioni: iniziale, a 2 ed a 4 settimane	32 atleti sani, di età media 14.3 (2.4), da 9 a 18 anni, di cui 16 femmine e 16 maschi.	Affidabilità intrarater per la prima valutazione: ○ Single-task – ICC <sub>[3,1]</sub> (95% CI) = 0.95 (0.90-0.97) ○ Dual-task –

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p>Massachusetts, USA</p>		<p>(intervalli di tempo simili a quelli utilizzati per monitorare il recupero da una concussione ed entro cui generalmente avviene il recupero di una SRC in questo gruppo d'età)</p>		<p>ICC<sub>[3,1]</sub> (95% CI) = 0.98 (0.95-0.99)</p> <p>ICC<sub>[3,1]</sub> (95% CI) single-task: 0.86 (0.73-0.93)</p> <p>ICC<sub>[3,1]</sub> (95% CI) dual-task: 0.84 (0.69-0.92)</p> <p>Alta affidabilità per entrambi i test; l'affidabilità totale rientra in un range accettabile per la pratica clinica, ma va considerato un possibile "learning effect" dovuto ai miglioramenti durante le rivalutazioni.</p> <p>RCI (95% CI) single-task: 5.3 s RCI (95% CI) dual-task: 8.5 s</p>
-------------------------------	--	---	--	--

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p>17. White-Schwoch et al.; 2019</p> <p><i>Performance on auditory, vestibular, and visual tests is stable across two seasons of youth tackle football</i></p> <p>Illinois, USA</p>	<p>Studio prospettico di coorte</p>	<p>Determinare se ci siano cambiamenti evidenti nelle funzioni vestibolari, auditive e/o visive dopo una stagione sportiva di football (studio condotto per due anni)</p>	<p>200 atleti maschi da 7 a 14 anni. 2017: 57 per la valutazione pre-stagione e 44 ritornati per la valutazione post-stagione (10 settimane per range 7-10 anni e 12 settimane per range 11-14 anni). Età media 11.9 ± 1.7 2018: 85 per la valutazione pre-stagione e 65 ritornati per la valutazione post-stagione. Età media 11.4 ± 1.6 30 hanno partecipato sia nel 2017 che nel 2018.</p>	<p>Affidabilità test-retest BESS, tra inizio e fine stagione con tempistica variabile (<i>Pearson's correlation</i>): <math>r</math> (95% CI) = 0.589 (0.446, 0.709)</p>
<p>18. Barlow M. et al; 2011</p> <p><i>Differences in change scores and the predictive validity of three commonly used</i></p>	<p>Studio osservazionale retrospettivo (cross-sectional; revisione retrospettiva di dati ospedalieri in un periodo di 2</p>	<p>- Esaminare la validità concorrente tra tre strumenti comunemente utilizzati per la valutazione degli esiti di concussione</p>	<p>106 pazienti diagnosticati con concussione, età media 15.3 (1.7) con range da 11 a 19 anni, 69 maschi e 37 femmine, atleti. Di questi, 55</p>	<p>Validità concorrente (<i>Pearson's correlation matrix</i>) tra BESS e ImPACT Verbal: <math>r=0.37</math>, <math>p=0.000</math></p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><i>measures following concussion in the middle school and high school aged population</i></p> <p>Ohio, USA</p>	<p>anni, dal 2008 al 2010)</p>	<p>(ImPACT, BESS, PCSS)</p> <p>- Determinare eventuale validità predittiva di uno qualsiasi dei punteggi di baseline per diagnosi successiva di sindrome post-concussiva</p>	<p>pazienti (38 maschi e 17 femmine) con diagnosi successiva di PCS.</p>	<p>Validità concorrente tra BESS e ImPACT</p> <p>Impulse Control: <math>r = -0.31, p = 0.002</math></p> <p>Non è stata riscontrata una validità predittiva per PCS statisticamente significativa.</p>
<p>19. Furman G.R. et al; 2013</p> <p><i>Comparison of the Balance Accelerometer Measure and Balance Error Scoring System in Adolescent Concussions in Sports</i></p> <p>Pennsylvania, USA</p>	<p>Studio caso-controllo (diagnostico)</p>	<p>Valutare l'abilità del BAM e del BESS nel discriminare studenti con concussione acuta e subacuta rispetto a studenti sani</p>	<p>- 43 studenti, età media 15 (1.2), con diagnosi di concussione, divisi in acuti (valutazione a 8 giorni post concussione) e subacuti (valutazione a 151 giorni post concussione)</p> <p>- 27 studenti sani, età media 16 (1.3) come controllo</p>	<p>Un punteggio di 21 al BESS possiede una sensibilità del 60% ed una specificità dell'82% nell'identificare pazienti con una concussione acuta rispetto ad una popolazione sana.</p> <p>Responsiveness: le condizioni che differenziano una concussione subacuta sono le due tandem stance, sia su superficie solida</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				<p>(AUC, 0.67; 95% CI, 0.53–0.80; p&lt;.03), che morbida (AUC, 0.68; 95% CI, 0.55–0.82; p&lt;.02)</p> <p>Il BAM non distingue tra studenti con concussione e studenti sani.</p>
<p>20. King L.A. et al; 2013</p> <p><i>Instrumenting the Balance Error Scoring System for use with patients reporting persistent balance problems after mild traumatic brain injury</i></p> <p>Oregon, USA</p>	<p>Studio osservazionale cross-sectional e caso-controllo</p>	<p>Determinare se modificando il protocollo del BESS migliora la sua affidabilità nel classificare correttamente gli stadi di recupero da una TBI, in pazienti con impairments del controllo posturale auto-riportati (BESS, mBESS, BESS computerizzato, mBESS computerizzato)</p>	<p>13 pazienti con recente TBI, di età media 16.3 (2), con tempo medio post concussione di 5 mesi e 13 pazienti sani di età media 16.7 (2)</p>	<p>Sensibilità e specificità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ BESS (23%, 92%)</li> <li>○ Mod BESS (31%, 85%)</li> <li>○ Instr. BESS (38%, 100%)</li> <li>○ Instr. Mod. BESS (54%, 100%)</li> </ul> <p>Responsiveness: AUC (95% CI)= 0.81 (0.64-0.99). ROC AUC dell’Instr. Mod. BESS differisce da quella del BESS (P=0.032) e del Mod. BESS (P=</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				0.035), quindi sembra possedere maggiore accuratezza diagnostica. BESS e mBESS non differiscono l'una dall'altra.
<p>21. Quatman-Yates C. et al.; 2014</p> <p><i>The Utility of the Balance Error Scoring System for Mild Brain Injury Assessments in Children and Adolescents</i></p> <p>Ohio, USA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studio retrospettivo (cross-sectional; analisi di dati ospedalieri)</li> <li>- Studio prospettico (comparazione di coorti)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esaminare la relazione tra BESS, età ed altri comuni test di valutazione post concussione (ImPACT, PCSS)</li> <li>- Comparare i punteggi del BESS tra una coorte di pazienti con concussione ed una coorte di soggetti sani per stabilire una validità di criterio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studio 1 42 atleti e non atleti, di età media 14.3 (2.07) tra 9 e 18 anni, con diagnosi di concussione</li> <li>- Studio 2 20 bambini e adolescenti con diagnosi di concussione, di età media 13.24 (1.27), tra 10 e 16 anni (13 maschi e 7 femmine) 20 bambini e adolescenti sani</li> </ul>	<p>Il punteggio del BESS sembra essere correlato con l'età: più giovane è il paziente con concussione e più errori fa, soprattutto nella stance monopodolica (<math>r = -0.45</math>, <math>P = 0.00</math> superficie solida; <math>r = -0.41</math>, <math>P = 0.01</math> superficie morbida), nella stance a tandem su superficie solida (<math>r = -0.36</math>, <math>P = 0.02</math>) e nel total score (<math>r = -0.39</math>, <math>P = 0.01</math>).</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				Il BESS sembra individuare differenze statisticamente significative (ma non clinicamente) tra i soggetti con concussione ed i soggetti sani nella stance monopodalica (sia su superficie solida che morbida) e nel total score.
22. Chin E.Y. et al.; 2016  <i>Reliability and Validity of the Sport Concussion Assessment Tool-3 (SCAT3) in High School and Collegiate Athletes</i>  Wisconsin, USA	Studio diagnostico di coorte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare le proprietà psicometriche (sensibilità, specificità, affidabilità test-retest) dei vari domini dello strumento</li> <li>- Determinare RCI e tabelle normative di conversione</li> </ul>	2018 atleti di età media 17.8 (1.2)  166 atleti con diagnosi di concussione e 164 atleti sani come controllo, per le rivalutazioni a 24 ore dall'evento lesivo, a 8-15-45 giorni dopo	Validità predittiva ("effect sizes") nelle 24 ore post lesione del BESS: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ modified-BESS, <math>d=0.46</math></li> <li>○ full-BESS, <math>d=0.51</math></li> </ul> Diventa non significativa al giorno 15.  Affidabilità BESS <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test-retest (dalla baseline alle 24 ore post</li> </ul>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				<p>lesione, circa 196 giorni):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICC mBESS= 0.54</li> <li>○ ICC fBESS= 0.52</li> <li>○ RCI (95% CI) mBESS = 2.5</li> <li>○ RCI (95% CI) fBESS = 3.4</li> </ul> <p>- Test-retest (dalle 24 ore al giorno 7 post lesione):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICC mBESS=0.56</li> <li>○ ICC fBESS=0.64</li> <li>○ RCI mBESS=2.3</li> <li>○ RCI fBESS= 2.6</li> </ul> <p>Responsiveness BESS (24 ore): AUC=0.62 (scarsa discriminazione tra soggetti con concussione e sani)</p>
23. Howell D.R. et al.; 2018	Studio prospettico,	- Valutare la performance del TUG single-task e	50 soggetti sani e con recente	Affidabilità test-retest ( <i>Spearman's rho</i> )

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><i>Objective clinical tests of dual-task dynamic postural control in youth athletes with concussion</i></p> <p>Colorado, USA</p>	<p>misure ripetute (studio di coorte))</p>	<p>dual-task e del tandem gait test in giovani atleti con concussione e sani</p>	<p>concussione, tra 8 e 18 anni</p> <p>23 soggetti con concussione di età media 14.1 (2.5), di cui il 52% femmine, valutati ad una media di 6.7 (2.6) giorni dopo la lesione (entro la prima settimana) e dopo una media di 23.3 (6.1) giorni (dopo circa 3 settimane).</p> <p>27 soggetti sani di età media 14.1 (2.3), di cui il 48% femmine che hanno completato lo stesso protocollo all'inizio e ad una media di 10.7 (16.1) giorni dopo.</p>	<p>soggetti con concussione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ TUG single-task: 0.40</li> <li>○ TUG dual-task: 0.60</li> <li>○ Tandem gait single-task: 0.46</li> <li>○ Tandem gait dual-task: 0.80</li> </ul> <p>Affidabilità test-retest (Spearman's rho) soggetti sani</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ TUG single-task: 0.49</li> <li>○ TUG dual-task: 0.77</li> <li>○ Tandem gait single-task: 0.47</li> <li>○ Tandem gait dual-task: 0.66</li> </ul> <p>Una performance peggiore in termini di tempo persiste nel TUG e nel tandem gait dual-task in</p>
---	--	--	--	--

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				soggetti con recente concussione anche al follow-up.
24. Cushman D. et al; 2018  <i>Reliability of the balance error scoring system in a population with protracted recovery from mild traumatic brain injury</i>  Utah, USA	Studio osservazionale retrospettivo (cross-sectional; revisione retrospettiva di dati in un periodo di 2 anni, dal 2012 al 2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare l'affidabilità intraclasse del BESS in una coorte di pazienti con recupero prolungato post concussione</li> <li>- Determinare se l'omissione dell'item "stance bipodalica" risulta in una maggiore affidabilità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 241 bambini con sintomi di durata superiore a 10 giorni, età media 13.8 (2.5), 57% maschi.</li> <li>- 102 adulti, età media 30.3 (11.6).</li> </ul> <p>Esaminati separatamente e successivamente messi a confronto.</p>	<p>ICC standard BESS: 0.778</p> <p>ICC BESS con esclusione di stance bipodalica su superficie solida: 0.795</p> <p>ICC BESS con esclusione di stance bipodalica su superficie solida e morbida: 0.797</p> <p>ICC mBESS: 0.587</p> <p>I dati sulla variabilità di ogni singolo item suggeriscono un possibile "ceiling effect" della condizione bipodalica del test.</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p>25. Massingale S. et al; 2018</p> <p><i>Comparison of Uninjured and Concussed Adolescent Athletes on the Concussion Balance Test (COBALT)</i></p> <p>Massachusetts, USA</p>	<p>Studio retrospettivo (cross-sectional; revisione retrospettiva di dati ospedalieri)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare la validità di criterio del Concussion Balance Test (COBALT)</li> <li>- Confrontare i risultati dei soggetti sani e dei soggetti con concussione</li> </ul>	<p>238 adolescenti atleti, con età da 13 a 18 anni. 132 sani, di età media 14.7 (1.3) e 106 post concussione di età media 15.0 (1.3).</p>	<p>Affidabilità inter-rater: ICC= 0.86</p> <p>Affidabilità intra-rater (<i>Cohen's kappa</i>): <i>k</i> value= 0.82</p> <p>Validità: solo il 55% dei soggetti con concussione ha completato il test. È emersa un'associazione tra dizziness, impairments posturali (al PCSS) e l'incapacità di completare il COBALT.</p>
<p>26. Lecci L. et al.; 2019</p> <p><i>Validation of a Concussion Screening Battery for Use in Medical Settings: Predicting Centers for Disease Control Concussion</i></p>	<p>Studio di coorte (non specificato)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinare la validità predittiva di una batteria di test comprendente CPT 3 (aspetto neuro-cognitivo), BESS e NIH 4-Meter Gait Test (aspetto neuro-comportamentale)</li> </ul>	<p>113 soggetti con concussione, di età media 11.9 (2.66), da 6 a 17 anni, di cui il 65% maschi.</p> <p>84 valutati solo con una valutazione standard (non</p>	<p>Buona validità predittiva della batteria globalmente e, nello specifico, del dominio neuro-comportamentale (che comprende il controllo posturale) anche</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><i>Symptoms in Children and Adolescents</i></p> <p>North Carolina, USA</p>		<p>), in ambiente ospedaliero.</p>	<p>specifica da post concussione) 29 valutati da un neurologo pediatrico con batteria post concussione</p>	<p>nella valutazione ad 1 mese dall'evento lesivo.</p> <p>Cohen's <i>d</i> (batteria) = 1.4 Cohen's <i>d</i> (BESS + NIH) = 0.96</p>
<p>27. Corwin D.J. et al.; 2019</p> <p><i>Clinical and Device-based Metrics of Gait and Balance in Diagnosing Youth Concussion</i></p> <p>Pennsylvania, USA</p>	<p>Studio osservazionale caso-controllo</p>	<p>Determinare l'affidabilità diagnostica (sensibilità, specificità, cut-point ideale) di tre misure di outcome per il controllo posturale in giovani con concussione: complex tandem gait test (occhi aperti e chiusi), mBESS, mCTSIB (pedana stabilometrica)</p>	<p>78 adolescenti con concussione di età media 16.1 (14.0-18.6), di cui 38 maschi. 88 adolescenti sani come controllo di età media 15.9 (14.0-18.5), di cui 44 maschi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cut-point ideale per numero totale di errori per il complex tandem gait:5 (sensibilità 41%, specificità 90%).</li> <li>Maggiore sensibilità: indietro ad occhi chiusi (81%)</li> <li>Maggiore specificità: avanti occhi aperti (99%)</li> <li>○ Cut-point ideale per il totale errori del mBESS: 4 (sensibilità 55%,</li> </ul>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
 NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				<p>specificità 75%).</p> <p>Minore sensibilità: stance bipodalica (5%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cut-point ideal per mCTSIB: 1.37 (sensibilità 37%, specificità 88%)</li> </ul> <p>AUC tandem gait: 0.63 (95% CI 0.52, 0.75)</p> <p>AUC mBESS: 0.70 (95% CI 0.60, 0.81)</p> <p>AUC mCTSIB: 0.54 (95% CI 0.42, 0.66)</p> <p>Confronto tra valutazione <math>\leq 7</math> giorni dalla lesione (15 pazienti) e valutazione <math>&gt; 7</math> days dalla lesione (25 pazienti): AUC simili per ogni test (0.61 in <math>\leq 7</math> giorni vs.</p>
--	--	--	--	---

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
 NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

				0.65 in >7 giorni per il complex tandem gait; 0.69 vs. 0.71 per mBESS; 0.52 vs. 0.56 per mCTSIB)
--	--	--	--	--

BESS – Balance Error Scoring System; ICC – Intraclass Correlation Coefficient; CI – Confidence Interval; SEM – Standard Error Measurement; MDC – Minimal Detectable Change; ImPACT – Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Test; PCSS – Post Concussion Symptom Scale; PCS – Post Concussion Syndrome; mBESS – modified BESS; BAM – Balance Accelerometer Measure; AUC – Area Under Curve; COM – Center Of Mass; RCI – Reliable Change Index; MFRT – Modified Functional Reach Test; TUG – Timed Up and GO; TBI – Traumatic Brain Injury; CPT – Connors’ Continuous Performance Test; SCAT – Sport Concussion Assessment Tool; VOMS – Vestibular/Ocular Motor Screening; NPC – Near Point Convergence; K-D – King-Devick; PSAP – Postural Sway Assessment Protocol; GS – Gait Speed; FTSTS - Five Times Sit to Stand; LOS – Limit Of Stability; mCTSIB – Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance; SOT – Sensory Organization Test

Tabelle riassuntive

Affidabilità

POPOLAZIONE SANA

	RELIABILITY	MDC	SEM	RESPONSIVENESS
BESS	Test-retest (ad 1 settimana) ICC <sub>(3,1)</sub> (95% CI): 0.74 (0.48-0.88) <i>(adolescenti)</i> [49]	Inter-rater: 9.6 errori Intra-rater: 4.6 errori Test-retest (intra-rater): 7.3 errori <i>(bambini e adolescenti)</i> [50]	SEM (nei vari items): da 0.28 a 0.77 SEM (total score BESS): 1.01 <i>(bambini e adolescenti)</i> [52]	<i>t-test</i> (rivalutazione a 2 mesi): <i>t</i> =3.010, <i>p</i> < .004 <i>(bambini e adolescenti)</i> [54]
	Inter-rater ICC (95% CI): 0.93 (0.79-0.97)			
	Intra-rater ICC (95% CI): 0.96 (0.95-0.97)	RCI 70% CI: 3 errori 80% CI: 4 errori 90% CI: 6 errori <i>(bambini e adolescenti)</i> [54]	SEM valutazione iniziale: 3.3 SEM test-retest (a 2 mesi): 3.17 <i>(bambini e adolescenti)</i> [54]	
	Test-retest ICC (95% CI): 0.90 (0.88-0.92) <i>(bambini e adolescenti)</i> [50]			
	ICC (1 trial): 0.60 ICC (1 trial, rimuovendo stance bipodalica, 4 items): 0.73			
	Intra-tester ICC: 0.97			

	<p><b>Test-retest (intra-session, 3 trials)</b>                  ICC (BESS 4 items): 0.84  <i>(adolescenti)</i>                  [51]</p> <p><b>Intra-tester</b>                  ICC<sub>(2,1)</sub>(tra items): da 0.87 a 0.95                  ICC (total score BESS): 0.98  <i>(bambini e adolescenti)</i>                  [52]</p> <p><b>Inter-rater</b>                  ICC<sub>(3,1)</sub> = 0.92 (0.87-0.94)  <i>(adolescenti)</i>                  [53]</p> <p><b>Prima valutazione:</b>                  ICC<sub>(2,1)</sub> = 0.70</p> <p><b>Test-retest (a 2 mesi):</b>                  ICC<sub>(2,1)</sub> femmine = 0.61                  ICC<sub>(2,1)</sub> maschi = 0.75                  ICC<sub>(2,1)</sub> (9-11 anni) = 0.56                  ICC<sub>(2,1)</sub> (12-14 anni) = 0.68  <i>(bambini e adolescenti)</i>                  [54]</p> <p><b>Inter-rater</b>                  ICC: 0.95</p>			
--	--	--	--	--

	<p><i>Weighted kappa</i> per i vari items (eccetto stance bipodalica su superficie rigida): da 0.46 (stance bipodalica su superficie morbida) a 0.79  <i>(adolescenti)</i>                  [55]</p> <p><b>Intra-rater</b>                  ICC (BESS): da 0.73 a 0.94, con <math>\alpha</math> medio = 0.83                  ICC (“raw scores”): da 0.94 a 0.99 con <math>\alpha</math> medio  <i>(Cronbach’s <math>\alpha</math>) = 0.97</i></p> <p><b>Inter-rater</b>                  ICC (BESS): da 0.77 a 0.95, con <math>\alpha</math> medio = 0.85                  ICC (“raw scores”): da 0.88 a 0.98, con <math>\alpha</math> medio  <i>(Cronbach’s <math>\alpha</math>) = 0.93</i>  <i>(bambini)</i>                  [56]</p> <p><b>Affidabilità test-retest</b> (tra inizio e fine stagione sportiva, 10 settimane per range 7-10 anni e 12 settimane per 11-14 anni)  <i>Pearson’s correlation:</i></p>			
--	---	--	--	--

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

	<p><math>r</math> (95% CI) = 0.589 (0.446, 0.709) (<i>bambini e adolescenti</i>) [57]</p>			
<b>mBESS</b>	<p><b>Test-retest</b> (<i>Pearson's correlation</i>): <math>r = 0.02</math> (<i>bambini e adolescenti</i>) [58]</p>	/	/	/
<b>Tandem Gait Test</b>	<p><b>Test-retest</b> ICC<sub>[3,1]</sub> (95% CI) single-task: 0.86 (0.73-0.93) ICC<sub>[3,1]</sub> (95% CI) dual-task: 0.84 (0.69-0.92) <b>Intra-rater</b> ICC<sub>[3,1]</sub> (95% CI) single-task: 0.95 (0.90-0.97) ICC<sub>[3,1]</sub> (95% CI) dual task: 0.98 (0.95-0.99) (<i>bambini e adolescenti</i>) [59] <b>Test-retest</b> (<i>Pearson's correlation</i>): <math>r = 0.46</math> (<i>bambini e adolescenti</i>) [58] <b>Test-retest</b> (<i>Spearman's rho</i>) a 10 giorni dalla prima valutazione:</p>	<p>RCI (95% CI) single-task: 5.3 s RCI (95% CI) dual-task: 8.5 s (<i>bambini e adolescenti</i>) [59]</p>	/	/

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

	<p>Single-task= 0.47 Dual-task= 0.66 (<i>bambini e adolescenti</i>) [60]</p>			
<b>VOMS</b>	<p><b>“Percentage of agreement”</b> trial 1/trial2 VOMS (ad 1 h): 64.3% <u>NPC</u> ICC (95% CI): 0.95 (0.89- 0.98; p&lt;0.001) (<i>adolescenti</i>) [53]</p>	<p>NPC: 4 cm (<i>adolescenti</i>) [53]</p>	<p>NPC: 1,5 cm (<i>adolescenti</i>) [53]</p>	/
<b>Timed Up and Go</b>	<p>ICC<sub>(1,1)</sub> (95% CI): 0.85 (<i>bambini</i>) [61]  ICC: 0.84 (<i>adolescenti</i>) [55]  <b>Test-retest</b> (<i>Spearman’s rho</i>) a 10 giorni dalla prima valutazione: Single-task= 0.49 Dual-task= 0.77 (<i>bambini e adolescenti</i>) [60]</p>	<p>0.9 s (<i>adolescenti</i>) [55]</p>	<p>0.23 s (<i>bambini</i>) [61]  0.3 s (<i>adolescenti</i>) [55]</p>	/

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><b>MFRT</b></p> <p><b>GS</b></p> <p><b>FTSTS</b></p>	<p>ICC<sub>(1,1)</sub> (95% CI) <u>MFRT</u>:</p> <p>0.94-0.95</p> <p><i>(bambini)</i></p> <p>[61]</p> <p>ICC <u>GS</u>:</p> <p>GS (4 m) = 0.81</p> <p>GS (6.1 m) = 0.79</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[55]</p> <p>ICC <u>FTSTS</u>: 0.91</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[55]</p>	<p>MDC <u>GS</u>:</p> <p>GS (4 m) = 0.18</p> <p>m/s</p> <p>GS (6.1 m) =</p> <p>0.81 m/s</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[55]</p> <p>MDC <u>FTSTS</u>:</p> <p>0.4 s</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[55]</p>	<p>SEM <u>MFRT</u>:</p> <p>1.41 cm</p> <p>(avanti)</p> <p>0.80 cm (lato</p> <p>dominante)</p> <p>0.97 cm (lato</p> <p>non</p> <p>dominante)</p> <p><i>(bambini)</i></p> <p>[61]</p> <p>SEM <u>GS</u>:</p> <p>GS (4 m) = 0.07</p> <p>m/s</p> <p>GS (6.1 m) =</p> <p>0.07 m/s</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[55]</p> <p>SEM <u>FTSTS</u>: 0.1</p> <p>s</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[55]</p>	<p>/</p>
<p><b>Pedane</b></p>	<p><u>BESS (NeuroCom)</u></p> <p>ICC<sub>(3,1)</sub> (95% CI): 0.74 (0.50-0.87)</p> <p>[49]</p> <p><u>PSAP</u></p> <p>ICC (95% CI) breve termine (intra-session):</p>	<p><u>BESS</u></p> <p><u>(NeuroCom)</u></p> <p>25.7%</p> <p>[49]</p> <p><u>LOS</u></p> <p>MDC (95% CI):</p> <p>variabile per i</p>	<p><u>BESS</u></p> <p><u>(NeuroCom)</u></p> <p>9.1%</p> <p>[49]</p> <p><u>LOS</u></p> <p>SEM: 2.7-9.4%</p> <p><i>(adolescenti)</i></p>	<p>/</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ occhi aperti = 0.77-0.90</li> <li>○ occhi chiusi = 0.69-0.84</li> </ul> <p>ICC (95% CI) lungo termine (a 4 mesi):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ occhi aperti = 0.68-0.91</li> <li>○ occhi chiusi = 0.66-0.88</li> </ul> <p><i>(adolescenti femmine)</i></p> <p>[62]</p> <p><u>Sway Balance™</u></p> <p>ICC (95% CI) total sway (5-10 anni): 0.66</p> <p>(molto bassa nella stance bipodalica ad occhi chiusi, ICC: 0.10)</p> <p>ICC (95% CI) total sway (13-18 anni): 0.89</p> <p>(bassa nella stance bipodalica ad occhi chiusi, ICC: 0.48)</p> <p><i>(bambini e adolescenti)</i></p> <p>[63]</p> <p><u>LOS</u></p> <p><b>Test-retest</b> (ad 1 settimana)</p> <p>ICC<sub>(2,1)</sub> (95% CI) total score: 0.73- 0.96</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[64]</p>	<p>vari items, da 7.7% a 26%</p> <p><i>(adolescenti)</i></p> <p>[64]</p>	[64]	
--	---	--	------	--

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<p><u>mCTSIB</u></p> <p><b>Intra-item</b></p> <p>ICC: da 0.62 a 0.80 nei vari items</p> <p><b>Test-retest (inter-session)</b></p> <p>ICC (composit sway velocity): 0.77</p> <p><i>(bambini)</i></p> <p>[65]</p> <p><u>LOS</u></p> <p>ICC (composit parameters): da 0.44 a 0.62</p> <p><i>(bambini)</i></p> <p>[65]</p>			
--	--	--	--

**POPOLAZIONE CON CONCUSSIONE**

	<b>RELIABILITY</b>	<b>MDC</b>	<b>SEM</b>	<b>RESPONSIVENESS</b>
<b>BESS</b>	<p>ICC standard BESS: 0.778</p> <p>ICC (esclusione di stance bipodalica su superficie solida): 0.795</p> <p>ICC (esclusione di stance bipodalica sulle due superfici): 0.797 <i>(bambini e adolescenti)</i> [66]</p> <p><b>Test-retest</b> (dalla baseline di una stagione sportiva alle 24 ore post lesione, una media di 196 giorni): ICC = 0.52</p> <p><b>Test-retest</b> (dalle 24 ore al giorno 7 post lesione): ICC =0.64 con <math>d=0.51</math> (effect size, significativo a 24 h) <i>(adolescenti)</i> [34]</p>	<p>RCI (95% CI) a 24 h dalla lesione: 3.4</p> <p>RCI a 7 giorni dalla lesione: 2.6 <i>(adolescenti)</i> [34]</p>	/	<p><b>Tandem stance solida</b></p> <p>AUC: 0.67 (95% CI, 0.53–0.80; <math>p&lt;.03</math>)</p> <p><b>Tandem stance morbida</b></p> <p>AUC: 0.68 (95% CI, 0.55–0.82; <math>p&lt;.02</math>)</p> <p><b>Sensibilità: 60%</b></p> <p><b>Specificità: 82%</b> [cut-point ideale: 21] <i>(adolescenti)</i> [67]</p> <p>AUC (95% CI): 0.81 (0.64-0.99) <i>(adolescenti)</i></p> <p><b>Sensibilità: 23%</b></p> <p><b>Specificità: 92%</b> [68]</p> <p>AUC nelle 24 h post lesione: 0.62 <i>(adolescenti)</i> [34]</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

<b>mBESS</b>	<p>ICC: 0.587 (<i>bambini e adolescenti</i>) [66]</p> <p><b>Test-retest</b> (dalla baseline di una stagione sportiva alle 24 ore post lesione, una media di 196 giorni): ICC= 0.54</p> <p><b>Test-retest</b> (dalle 24 ore al giorno 7 post lesione): ICC =0.56 con <math>d=0.46</math> (effect size, significativo a 24 h) (<i>adolescenti</i>) [34]</p>	<p>RCI (95% CI) a 24 h dalla lesione: 2.5 RCI a 7 giorni dalla lesione: 2.3 (<i>adolescenti</i>) [34]</p>	/	<p><b>Sensibilità:</b> 31% <b>Specificità:</b> 85% (<i>adolescenti</i>) [68]</p> <p><b>Sensibilità:</b> 55%, <b>Specificità:</b> 75% [cut-point ideale per il totale errori: 4] Minore sensibilità: stance bipodalica (5%) AUC: 0.70 (95% CI 0.60, 0.81) AUC valutazione &lt;7 giorni e &gt;7 giorni: 0.69 vs. 0.71 (<i>adolescenti</i>) [69]</p>
<b>Tandem Gait Test</b>	<p><b>Test-retest</b> (<i>Spearman's rho</i>) ad 1 settimana ed a 3 settimane dalla lesione: Single-task= 0.46</p>	/	/	<p><u>Complex Tandem Gait Test</u> <b>Sensibilità:</b> 41%, <b>Specificità:</b> 90%</p>

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

	Dual-task= 0.80 <i>(bambini e adolescenti)</i> [60]			[cut-point ideale per numero totale di errori: 5] Maggiore sensibilità: indietro ad occhi chiusi (81%) Maggiore specificità: avanti occhi aperti (99%) AUC: 0.63 (95% CI 0.52, 0.75) AUC valutazione <7 giorni e >7 giorni: 0.61 vs. 0.65 <i>(adolescenti)</i> [69]
VOMS	/	/	/	/
Timed Up and Go	Test-retest <i>(Spearman's rho)</i> ad 1 settimana ed a 3 settimana dalla lesione: Single-task= 0.40 Dual-task= 0.60 <i>(bambini e adolescenti)</i> [60]	/	/	/

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
 NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

MFRT	/	/	/	/
GS				
FTSTS				
Pedane	<p><u>COBALT</u></p> <p><b>Inter-rater:</b> ICC= 0.86</p> <p><b>Intra-rater (Cohen's kappa):</b> k value= 0.82 [70]</p>	/	/	<p><u>BESS</u></p> <p><b>Sensibilità:</b> 38% <b>Specificità:</b> 100% <i>(adolescenti)</i></p> <p><u>mBESS</u></p> <p><b>Sensibilità:</b> 54% <b>Specificità:</b> 100% <i>(adolescenti)</i> [68]</p> <p><u>mCTSIB</u></p> <p><b>Sensibilità:</b> 37% <b>Specificità:</b> 88% [cut-point ideale: 1.37] AUC: 0.54 (95% CI 0.42, 0.66) AUC valutazione &lt;7 giorni e &gt;7 giorni: 0.52 vs. 0.56 <i>(adolescenti)</i> [69]</p>

Validità

<b>CRITERION VALIDITY</b> <b>(concurrent, predictive)</b>	
<b>BESS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Validità concorrente con BESS computerizzato significativa per 4 livelli del BESS e per il total score (<i>Spearman's rho</i>): <math>r_s=0.54</math>, <math>p=0.001</math></li> <li>○ Validità concorrente (<i>Pearson's correlation matrix</i>) tra BESS e ImPACT Verbal: <math>r=0.37</math>, <math>p=0.000</math></li> <li>○ Validità concorrente tra BESS e ImPACT Impulse Control: <math>r= -0.31</math>, <math>p=0.002</math></li> <li>○ Non è stata riscontrata una validità predittiva per PCS statisticamente significativa per la batteria BESS, ImPACT e PCSS</li> <li>○ Validità concorrente tra BESS, ImPACT e PCSS relativamente bassa</li> </ul> <p>[71]</p> <p>Validità predittiva ("effect sizes") nelle 24 ore post lesione del BESS: <math>d=0.51</math>. Diventa non significativa al giorno 15.</p> <p>[34]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Buona validità predittiva della batteria globalmente e, nello specifico, del dominio neuro-comportamentale (che comprende il controllo posturale) anche nella valutazione ad 1 mese dall'evento lesivo.</li> <li>○ Cohen's <math>d</math> (batteria) = 1.4</li> <li>○ Cohen's <math>d</math> (BESS + NIH) = 0.96</li> </ul> <p>[72]</p>
<b>mBESS</b>	<p>Validità concorrente con mBESS su pedana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Significativa per la misurazione in stance monopodolica (<i>Spearman's correlation</i>): <math>\rho = -0.64</math>, <math>p &lt; .001</math></li> <li>○ Bassa validità per la stance in tandem: <math>\rho = -0.30</math>, <math>p &lt; .001</math></li> <li>○ Moderata validità per la somma dei tre punteggi: <math>\rho = -0.60</math>, <math>p &lt; .001</math></li> <li>○ Nessuna correlazione per la stance bipodalica</li> <li>○ Bassa validità per la stance in tandem: <math>\rho = -0.30</math>, <math>p &lt; .001</math></li> <li>○ Moderata validità per la somma dei tre punteggi: <math>\rho = -0.60</math>, <math>p &lt; .001</math></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Nessuna correlazione per la stance bipodolica</li> </ul> <p>[73]</p> <p>Validità predittiva (“effect sizes”) nelle 24 ore post lesione del mBESS: <math>d=0.46</math></p> <p>Diventa non significativa al giorno 15.</p> <p>[34]</p>
<b>Pedane</b>	<p><u>COBALT</u></p> <p>Solo il 55% dei soggetti con concussione ha completato il test. È emersa un’associazione tra dizziness, impairments posturali (al PCSS) e l’inabilità di completare il COBALT.</p> <p>[70]</p>
<p><b>CONSTRUCT VALIDITY</b> <b>(structural, cross-cultural, convergent, discriminant)</b></p>	
<b>VOMS</b>	<p>Validità convergente: nessuna associazione tra VOMS, BESS e K-D (<math>r_s = -0.03-0.18, p &gt; 0.05</math>)</p> <p>[53]</p>
<b>Pedane</b>	<p><u>LOS</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Validità convergente (<i>Pearson’s correlation</i>): buona correlazione tra gli items del LOS test.</li> <li>o Validità discriminativa (<i>Spearman’s correlation</i>): nessuna correlazione con le misure di controllo posturale statiche.</li> </ul> <p>[64]</p>
<p><b>CONTENT VALIDITY</b> <b>(face, content)</b></p>	
<b>BESS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Il BESS sembra individuare differenze statisticamente significative (ma non clinicamente) tra i soggetti con concussione ed i soggetti sani nella stance monopodolica (sia su superficie solida che morbida) e nel total score.</li> <li>o Il punteggio del BESS sembra essere correlato con l’età: più giovane è il paziente con concussione e più errori fa, soprattutto nella stance monopodolica (<math>r = -0.45, P=0.00</math> superficie solida; <math>r = -0.41, P=0.01</math>)</li> </ul>

superficie morbida), nella stance a tandem su superficie solida ( $r = -0.36$ ,  $P=0.02$ ) e nel total score ( $r = -0.39$ ,  $P=0.01$ ).

[74]

### VALUTAZIONE QUALITÀ METODOLOGICA

Per la valutazione della qualità metodologica è stata utilizzata la QAREL checklist [75], poiché più guidata nella conduzione. Per ogni studio tuttavia sono stati aggiunti dei commenti sulle principali potenziali fonti di bias, tenendo presente come indicazione i domini del QUADAS-2 (selezione pazienti, esecuzione del test in studio, esecuzione dell'eventuale reference standard, flusso dei pazienti) [76].

Per la maggior parte degli studi, gli items relativi al cieco non sono stati applicabili (se non per le valutazioni dell'affidabilità inter-rater o intra-rater su misure ripetute a diversi intervalli temporali), poiché le valutazioni avvenivano nello stesso intervallo di tempo (studi cross-sectional). Per la popolazione e la patologia presa in esame non c'è un reference standard validato (spesso viene utilizzato il BESS, scelto tramite consensus e che consiste in un punteggio soggettivo dipendente dal clinico), per cui è stato valutato se nell'analisi statistica sono stati applicati dei metodi di correzione.

Quality Appraisal of Diagnostic Reliability (QAREL) Checklist

**Quality Appraisal of Diagnostic Reliability (QAREL) Checklist**

Item	Yes	No	Unclear	N/A
1. Was the test evaluated in a sample of subjects who were representative of those to whom the authors intended the results to be applied? (DEF: 3, 4, 5, 7, 8, 9)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Was the test performed by raters who were representative of those to whom the authors intended the results to be applied? (DEF 3, 4, 6, 7, 8, 9)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Were raters blinded to the findings of other raters during the study? (DEF 10)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were raters blinded to their own prior findings of the test under evaluation? (DEF 11)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were raters blinded to the results of the reference standard for the target disorder (or variable) being evaluated? (DEF 12)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were raters blinded to clinical information that was not intended to be provided as part of the testing procedure or study design? (DEF 13)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were raters blinded to additional cues that were not part of the test? (DEF 14)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Was the order of examination varied? (DEF 15, 16)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Was the time interval between repeated measurements compatible with the stability (or theoretical stability) of the variable being measured? (DEF 17)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Was the test applied correctly and interpreted appropriately? (DEF 18)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Were appropriate statistical measures of agreement used? (DEF 19, 20, 21)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>TOTAL</b>				

DEF numbers relate to items on the QAREL Data Extraction Form  
 To access the Data Extraction Form, please go to <http://qarel.org>

✓ Yes (item adequately addressed); ✗ no (item not adequately addressed); ? unclear (item partially addressed or not clearly addressed); NA Not Applicable

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

Tabella riassuntiva

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11
<b>1. Alsalaheen (2015)</b>	✓	?	NA	X	X	NA	NA	?	✓	✓	✓
Un solo esaminatore ha effettuato tutte le valutazioni per i test presi in esame ed un solo trial; esame rispetto ad un reference standard non validato; piccolo campione											
<b>2. Hansen (2017)</b>	✓	✓	✓	?	NA	NA	NA	✓	?	✓	✓
Un solo test in studio; largo range di età della popolazione; i risultati non sono stati aggiustati secondo l'età											
<b>3. Barlow (2011)</b>	✓	✓	NA	NA	X	NA	NA	NA	NA	✓	✓
Revisione retrospettiva di dati (mancanza di informazioni complete sui sintomi all'esordio, su come è stata effettuata la diagnosi, su come è avvenuto l'evento lesivo, sul percorso post lesione e su come sono stati condotti i test in esame); non è stata calcolata la potenza del campione											
<b>4. Cushman (2018)</b>	✓	✓	NA	NA	X	NA	NA	NA	NA	✓	✓
Revisione retrospettiva di dati (mancanza di informazioni complete su come è stata effettuata la diagnosi, su come è avvenuto l'evento lesivo, sul percorso post lesione e su come è stato condotto il test in esame); non è stata calcolata la potenza del campione; è indicata solo la media dei giorni trascorsi dalla lesione (potenzialmente largo range che rende il campione eterogeneo)											
<b>5. Furman (2013)</b>	✓	✓	NA	X	?	NA	NA	?	NA	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; largo range di tempo in cui la valutazione post concussione è stata effettuata e non sono chiari tutti i sintomi riportati (campione eterogeneo); piccolo campione; non è chiaro come sia stata effettuata la diagnosi											
<b>6. Howell (2016)</b>	✓	X	NA	NA	?	NA	NA	NA	NA	X	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; valutazioni del test in esame condotte da un allenatore o chinesiologo, non da personale clinico; anamnesi con self-report; campione di popolazione con largo range di età (campione eterogeneo)											
<b>7. Chin (2016)</b>	✓	?	NA	NA	NA	NA	NA	✓	✓	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; anamnesi con self-report; non è chiaro chi abbia condotto le valutazioni e quanti trials siano stati effettuati											

**VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica**

<b>8. Howell (2019)</b>	✓	?	NA	<b>X</b>	NA	NA	NA	?	✓	✓	<b>X</b>
Non è stata calcolata la potenza del campione; valutazioni condotte da un solo esaminatore; ampio range di età della popolazione; l'età non è stata considerata come fattore confondente (nonostante il test richiedesse dei task cognitivi); piccolo campione											
<b>9. Hunt (2009)</b>	✓	?	NA	<b>X</b>	NA	NA	NA	?	<b>X</b>	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; le valutazioni sono state condotte da un solo esaminatore; non chiara l'efficacia di conduzione dell'affidabilità intra-tester											
<b>10. Katz- Leurer (2008)</b>	✓	✓	NA	<b>X</b>	NA	NA	NA	?	?	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; piccolo campione; le valutazioni sono state condotte da un solo esaminatore											
<b>11. King (2013)</b>	✓	✓	NA	<b>X</b>	NA	NA	NA	NA	NA	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; campione piccolo; non sono specificati i sintomi all'esordio, la loro evoluzione, come è stata effettuata la diagnosi ed il tipo di evento lesivo; ampio range di tempo trascorso dalla concussione; le valutazioni sono state condotte da un solo esaminatore in un solo trial											
<b>12. Lecci (2019)</b>	✓	✓	✓	NA	✓	NA	NA	NA	NA	✓	✓
Ampio range dell'intervallo di tempo tra concussione e valutazione (campione eterogeneo); come reference standard viene usata la valutazione clinica di un solo neurologo e come outcome misurato dalla batteria di test sintomi self-report; non è chiaro il numero di trials utilizzati per il BESS											
<b>13. Massingale (2018)</b>	✓	✓	?	<b>X</b>	?	NA	NA	?	✓	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; ampio range di giorni dalla concussione alla valutazione (campione eterogeneo); per la valutazione dell'affidabilità intra ed inter-rater sono stati registrati solo 10 pazienti; non è chiaro come sia stata stabilita la diagnosi di concussione; come reference standard per la validità di un test posturale è stato utilizzato un questionario di sintomi self-report non utilizzato tipicamente per la valutazione posturale											
<b>14. Nelson (2017)</b>	✓	<b>X</b>	?	?	NA	NA	NA	?	<b>X</b>	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; l'intervallo di tempo tra la prima e la seconda valutazione ha un ampio range di giorni; meno del 50% del campione ha ripetuto la valutazione per l'affidabilità test-retest e non sono indicate le caratteristiche demografiche; non è chiaro chi abbia effettuato le valutazioni											

VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica

15. Quatman-Yates (2013)	✓	?	?	?	NA	NA	NA	?	X	✓	X
Non è stata calcolata la potenza del campione; campione piccolo, di cui solo alcuni soggetti hanno ripetuto la valutazione per l'affidabilità test-retest; i risultati non sono stati aggiustati per fattori confondenti											
16. Quatman-Yates (2014)	✓	✓	?	NA	?	NA	NA	NA	X	✓	✓
Revisione retrospettiva di dati (mancanza di informazioni complete sui sintomi all'esordio, sul percorso post lesione e su come sono stati condotti i test in esame); lo studio sulla validità di criterio non esplicita il reference standard a confronto (studio su soggetti con concussione, ma non è chiaro come sia stata definita la diagnosi); la valutazione post concussione è stata condotta a diversi intervalli di tempo post-lesione											
17. McLeod (2004)	✓	✓	NA	X	NA	NA	NA	✓	X	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; non è specificata la tipologia di atleti; le valutazioni sono state condotte da un solo esaminatore; piccolo campione; gli intervalli di tempo per le rivalutazioni potrebbero non essere clinicamente equiparabili											
18. McLeod (2006)	✓	✓	NA	X	NA	NA	NA	?	✓	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; campione piccolo; le valutazioni sono state condotte da un solo esaminatore											
19. Yorke (2017)	✓	✓	NA	X	NA	NA	NA	X	X	✓	✓
L'affidabilità test-retest è stata valutata solo intra-sessione (a 60 minuti), quindi poco applicabile clinicamente											
20. Alsalaheen (2014)	✓	✓	✓	X	NA	NA	NA	✓	X	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; l'affidabilità intra e inter-rater è stata valutata solo intra-sessione, quindi poco applicabili clinicamente											
21. Sheehan (2011)	✓	✓	?	X	X	NA	NA	✓	✓	✓	X
Non è stata calcolata la potenza del campione; campione piccolo; le valutazioni sono state eseguite da esaminatori con diversa formazione (coach, insegnanti, clinico); l'affidabilità intra ed inter-rater è stata valutata solo intra-sessione, quindi poco applicabile clinicamente											
22. Alsalaheen, Haines (2015)	✓	X	NA	NA	X	NA	NA	X	✓	✓	✓

**VALUTAZIONE DEL CONTROLLO POSTURALE ED IMPAIRMENTS MUSCOLO-SCHELETRICI  
NEI BAMBINI ED ADOLESCENTI POST-CONCUSSIONE | Riva Federica**

Campione piccolo; le valutazioni sono state seguite da un solo esaminatore senza qualifica chiara; confronto tra una misura di controllo posturale statica ed una dinamica											
<b>23. Dunn (2017)</b>	✓	✓	NA	?	NA	NA	NA	?	?	✓	<b>X</b>
Non è stata calcolata la potenza del campione; l'affidabilità test-retest è stata valutata solo intra-sessione; non sono stati presi in considerazione nell'analisi statistica dei test di riferimento, l'aggiustamento dei dati per fattori confondenti (età, "practice/learning effect") e l'errore di misurazione; essendo una revisione retrospettiva potrebbero mancare dei dati relativi all'esecuzione del test											
<b>24. Howell (2018)</b>	✓	<b>X</b>	NA	NA	?	NA	NA	?	✓	?	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; campione piccolo; test eseguiti da un assistente con qualifica non meglio specificata; dati dei persi al follow-up non inclusi; non sono specificati i sintomi dei pazienti con concussione ed essendo reclutati da un centro di riferimento terziario potrebbero essere più significativi di una concussione lieve; non è stato tenuto conto di eventuali "practice effects"; intervallo di tempo per la rivalutazione diverso tra gruppo di casi e gruppo di controllo											
<b>25. Geldhof (2006)</b>	✓	?	NA	<b>X</b>	NA	NA	NA	<b>X</b>	✓	✓	?
Non è stata calcolata la potenza del campione; campione piccolo; non è chiaro chi abbia somministrato i test; test somministrati da un solo esaminatore											
<b>26. Corwin (2020)</b>	✓	✓	?	NA	<b>X</b>	NA	NA	?	✓	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; i pazienti reclutati potrebbero avere sintomi più gravi delle concussioni lievi (reclutamento in un centro di riferimento terziario) ma non sono stati riportati; non è riportato il tipo di evento lesivo											
<b>27. White-Schwoch (2019)</b>	✓	<b>X</b>	?	NA	NA	NA	NA	?	✓	✓	✓
Non è stata calcolata la potenza del campione; molti soggetti persi al follow-up e piccola coorte seguita per l'intera durata dello studio; test somministrati da preparatori atletici e un infermiere											

## DISCUSSIONE

Lo scopo della revisione sistematica era determinare le proprietà psicometriche delle misure di outcome relative al controllo posturale nella popolazione di bambini ed adolescenti, primariamente utilizzate a seguito di una concussione.

Le principali limitazioni relative alla revisione sistematica sono state la presenza di un solo revisore non statistico e la ricerca limitata ad alcune banche dati.

Quello che è emerso è una buona affidabilità delle misure di valutazione per il controllo posturale statico (BESS, mBESS), maggiore tuttavia per gli adolescenti che per i bambini, ma una mancanza di accordo sull'interpretazione per gruppi di età, una mancanza di accordo sull'affidabilità e sulle modalità di valutazione del controllo posturale dinamico (Tandem Gait Test, Timed-Up&Go, pedane), la mancanza di misure di outcome che coprano altre componenti della stabilità posturale (quali contributo cognitivo ed influenza del sistema vestibolare, ad esempio), una scarsa generalizzazione ed una scarsa applicabilità clinica.

Dalla revisione emerge eterogeneità nella conduzione degli studi e difficoltà nell'affrontare limitazioni comuni. Alcune delle problematiche che emergono sono:

- Studi condotti principalmente sul BESS e sul mBESS (usato anche come reference standard per lo studio di altri test, sebbene non validato);
- Pochi studi sul controllo posturale dinamico e quelli analizzati utilizzano principalmente delle pedane di forza (la maggior parte delle quali costose e quindi poco applicabili clinicamente);
- Mancanza di test che possano coprire la multifattorialità del controllo posturale;
- Pochi studi su una popolazione effettivamente sintomatica; anche questi pochi studi sono molto imprecisi sull'inquadramento diagnostico (non è chiaro come sia stata effettuata la diagnosi, quale sia il meccanismo lesivo, quali siano i sintomi all'esordio e al momento della valutazione, in che modo i sintomi differiscano tra i partecipanti), rendendo quindi molto difficile la generalizzazione;

- Non c'è un metodo di follow-up validato, gli studi conducono le rivalutazioni ad intervalli di tempo diversi, a volte senza giustificare la scelta (anche questa problematica limita la validità esterna e l'applicabilità clinica);
- Non c'è una netta distinzione tra le popolazioni in termini di età: spesso bambini ed adolescenti vengono studiati insieme, benché sia chiaro anche agli autori che la variabilità nella performance sia elevata e da interpretare diversamente a seconda dell'età;
- Gli studi sono principalmente condotti su popolazioni su atleti e sulle SRC, non generalizzabili alla popolazione generale ed a concussioni avvenute con altre modalità.

Diversi autori rilevano nelle discussioni le medesime criticità, ma a livello di letteratura non c'è avanzamento nella risposta delle stesse.

### Limiti comuni

Uno dei principali limiti emersi negli studi inclusi nella revisione è la mancanza di un metodo di campionamento validato e specifico: pochissimi studi, ad esempio, hanno calcolato l'effettiva potenza del campione necessaria ad effettuare degli studi statistici sulle proprietà psicometriche [49] [31] [72] [74] [64] [53].

Spesso sono stati inclusi negli studi campioni con largo range di età e non è stata effettuata una suddivisione per gruppi, rendendo difficile la generalizzazione dei risultati finali e la differenziazione tra bambini e adolescenti. È noto, tuttavia, che nei bambini vi sia una variabilità maggiore nel controllo posturale e la stabilità posturale più simile all'età adulta si inizia a raggiungere a partire dagli 11 anni [54]; i bambini commettono errori più facilmente durante i test, ma non necessariamente tali errori sono indicativi di impairments effettivi correlati all'evento lesivo. Questo richiede particolare attenzione nella valutazione tramite BESS, uno strumento il cui punteggio si basa sul numero di errori commessi, stabilito dal clinico stesso. È necessario riferirsi ai dati normativi per range d'età.

Nell'ottica di questa limitazione comune, inoltre, è difficile estrapolare dei dati effettivi su sensibilità e specificità: come prima problematica solo tre studi inclusi le hanno analizzate, di cui uno ha preso in considerazione solo un test su pedana computerizzata. I risultati sono

diversi per ogni studio ed una delle spiegazioni potrebbe essere che per ognuno è diverso il metodo di campionamento utilizzato (numerosità campionarie differenti, nessuno degli studi ha calcolato la potenza campionaria, pazienti reclutati da diversi setting, poca omogeneità tra gruppo di casi e controlli), oltre al fatto che le diagnosi non sono definite in maniera chiara (non vengono esplicitati i sintomi al momento della valutazione, ogni autore conduce la valutazione ad un intervallo di tempo post concussione differente). Per le valutazioni mediante software, inoltre, non esiste un protocollo standardizzato per la conduzione.

Un'altra limitazione è relativa alla presentazione dei casi di concussione: non viene specificato in che modo sia stata effettuata la diagnosi, quale sia stato il meccanismo lesivo (salvo nei casi degli studi su popolazioni di atleti), quali fossero i sintomi all'esordio e come si siano evoluti fino al momento della valutazione. È difficile, quindi, supporre che i campioni fossero adeguatamente omogenei ed è difficile capire come i sintomi e la loro evoluzione nel tempo possano aver influenzato i risultati dei test.

Una delle motivazioni potrebbe essere che molti studi sono retrospettivi, poiché analizzano dati ospedalieri [63] [71] [66] [73] [70]. Questa modalità di raccolta informazioni potrebbe portare a dei risultati imprecisi, sia relativamente alle caratteristiche demografiche della popolazione, sia relativamente all'esecuzione dei test ed ai follow-up.

## BESS

Il BESS è la misura di outcome maggiormente analizzata in letteratura perché ritenuta, dal Consensus del 2017, la più affidabile [4] e poiché, di conseguenza, inserita nello SCAT5, lo strumento di valutazione per concussione multi-dominio [35]. È da notare, tuttavia, che il consensus e lo SCAT5 siano relativi alle SRC e che prendano, quindi, in considerazione una popolazione di atleti (difficilmente generalizzabile alla popolazione generale). Probabilmente lo strumento è più raccomandato per questo tipo di popolazione, poiché ha la funzione di identificare un atleta concussato nel breve termine, anche non in setting riabilitativo (ad esempio, a bordo campo).

A livello di validità cross-culturale, inoltre, la maggioranza degli studi è stata condotta in America relativamente ai principali sport praticati nella nazione (football americano e rugby), ancora più difficilmente generalizzabili alla popolazione internazionale.

In questo senso, forse, l'errore della letteratura è prendere spesso lo strumento come reference standard anche per una popolazione più generale e per follow-up prolungati, dove questo perde di efficacia.

Tra le principali criticità del BESS emerge la presenza di "practice effects", "learning effects" e "ceiling effects".

I "practice effects" sono definiti come miglioramenti nella performance tra sessioni di test concorrenti, dovuti alla familiarità con la procedura e/o a precedenti esposizioni alla valutazione.

I "learning effects" si riferiscono al mantenimento del miglioramento lungo un certo periodo di tempo. Entrambi sono fattori confondenti nell'interpretazione dei punteggi dei test [52] [54].

Il "ceiling effect", che si verifica quando un'alta percentuale di soggetti performa al massimo nella variabile osservata (in questo caso per l'eccessiva facilità), è stato rilevato per la componente di stanche bipodalica su superficie solida (la semplice statica eretta), dove difficilmente emergono degli errori, soprattutto a medio e lungo termine dopo la concussione [52] [51] [55] [74] [66]. L'affidabilità è maggiore per le condizioni di stanche monopodalica e in tandem [74] [67].

Per questo motivo, è stato discusso se eliminare la componente [51] [66] o utilizzare le pedane di forza computerizzate per una misurazione più precisa delle oscillazioni posturali, eventualmente impercettibili da parte dell'operatore sanitario [49] [64] [73] [62] [65] [63] [68].

Sono state analizzate anche le proprietà psicometriche del mBESS (versione modificata, senza le prime tre componenti su superficie stabile) e di un protocollo modificato senza le due stanche bipodaliche [51] [66]: il mBESS sembra essere addirittura meno affidabile del BESS [34] [66] [68] [58], mentre la versione modificata senza statica eretta sembra avere un'affidabilità solo lievemente maggiore [66].

Questo risultato mette in dubbio anche l'affidabilità globale dello SCAT5, in cui per la valutazione del controllo posturale viene utilizzato il mBESS [35].

Non è invece chiaro se l'utilizzo di strumenti computerizzati modifichi in maniera significativa l'affidabilità (rendendo, peraltro, ancora più difficilmente giustificabile l'impiego in ambito clinico dei sistemi computerizzati). Anche l'utilizzo di accelerometri, posizionati in uno studio sulla colonna lombare e in un altro sulla linea anteriore della pelvi, non ha dato risultati significativi [68] [67].

Anche l'età può essere un potenziale fattore confondente, come discusso nel paragrafo sul campionamento: lo strumento sembra meno affidabile nei bambini rispetto che negli adolescenti, poiché più soggetti ad errori [54] [63] [74].

Nonostante sia riconosciuta la presenza di questi potenziali fattori confondenti, solo alcuni autori li prendono in considerazione al momento dell'analisi statistica dei risultati ottenuti, rendendo potenzialmente inaffidabili le conclusioni. Questo potrebbe spiegare, insieme ad altre eterogeneità relative al campionamento della popolazione, perché ogni studio analizzato che si è occupato di definire sensibilità e specificità dello strumento abbia ottenuto risultati molto diversi tra loro, sebbene ogni autore abbia rilevato una maggiore specificità rispetto alla sensibilità.

Non è possibile, quindi, definire un range preciso di valori, ma è possibile affermare che il BESS è uno strumento principalmente specifico.

Un'altra limitazione a cui porre attenzione è che il BESS sia principalmente uno strumento di valutazione per il controllo posturale statico, mentre a lungo termine la concussione sembra determinare maggiori impairments nel controllo posturale dinamico [77] [27] [30]. Le attività posturali dinamiche, come le attività quotidiane, sono meno facilmente affette dai "practice effects"; se ne deduce che potrebbero quindi essere più sensibili ai cambiamenti e più importanti da considerare per un eventuale "return-to-play" o un "return-to-learn" [77] [78] [64].

La sua capacità nel tempo di rilevare impairments posturali a seguito di una concussione sembra, infatti, limitata nel tempo: la sua affidabilità sembra calare dopo i 5 giorni dall'evento lesivo, azzerandosi a 15 [34], rendendolo uno strumento impreciso nelle PCS, per le quali, infatti, non è stata riscontrata validità predittiva [71].

Uno degli studi più recenti ha analizzato lo strumento durante due stagioni sportive, quindi con follow-up ed intervalli temporali più congrui, e l'affidabilità, rispetto agli studi intra-sessione o con follow-up minori, sembra diminuire molto [57].

Nell'utilizzo del BESS, quindi, è da tenere in considerazione che:

- È uno strumento principalmente specifico, sebbene non ci sia accordo sui dati di sensibilità e specificità, che prende in esame solo il controllo posturale statico;
- In letteratura, l'affidabilità è stata studiata principalmente su una popolazione sana e di atleti;
- È più utile nei primi giorni dopo la concussione e sembra perdere di efficacia nel lungo termine, quindi potrebbe essere poco consigliabile nella valutazione delle PCS;
- Sembra consigliabile, soprattutto per i bambini, fare riferimenti a dei dati normativi di base per l'interpretazione dei risultati;
- Sembrano esserci degli effetti confondenti legati all'apprendimento motorio durante trials ripetuti, ma non c'è accordo sul numero di trials ideali da somministrare (sembra consigliabile considerare nullo il primo trials ed effettuarne almeno 3) [51].
- Non c'è accordo sul MDC, ma generalmente sembra essere alto (il punteggio dovrebbe diminuire dai 3 ai 9 errori) [50] [54] [34].

### Controllo posturale dinamico

Dalla letteratura revisionata lo studio del controllo posturale dinamico post concussione sembra essere effettuato attraverso diversi test: il Tandem Gait Test, il Timed-Up&Go test (TUG), il Five Times Sit-to-Stand Test (FTSTS), test condotti su pedane stabilometriche con diverse modalità e misurazione con accelerometri (principalmente del Gait Speed).

- Timed Up&Go (TUG)

Il TUG consiste nell'alzarsi da una sedia, percorrere 3 metri alla propria normale velocità di deambulazione, ritornare alla sedia e sedersi. Questo test viene ampiamente utilizzato nella valutazione e riabilitazione di problematiche vestibolari per la popolazione adulta [79].

Il TUG (single-task e dual-task) per gli esiti di concussione è analizzato in due soli studio inclusi nella revisione [60] [61]; da una revisione sistematica del 2013 emerge che, in letteratura, sembra essere utilizzato maggiormente per le paralisi cerebrali infantili e per i traumi cranici severi [80]. Lo strumento risulta affidabile nella valutazione di impairments posturali nella popolazione pediatrica, ma non ne è stata validata l'efficacia per i postumi di concussione, né la validità con altri strumenti di misura comunemente utilizzati per questa problematica [80].

Da un'altra revisione sistematica del 2019 che ha indagato i dati normativi per il TUG nei bambini risulta che non sia stato sviluppato un protocollo standard e i dati relativi alle proprietà psicometriche siano incerti, in quanto anche i risultati di questo test differiscono a seconda dell'età. Gli autori suggeriscono di inserire nel protocollo pediatrico una velocità di esecuzione maggiore, l'aggiunta di elementi motivazionali e la somministrazione di almeno 3 trials durante una sessione [81].

Dagli studi inclusi nella revisione, inoltre, il TUG sembra avere dei livelli di affidabilità minori rispetto agli altri strumenti di valutazione.

- Tandem Gait Test

Il Tandem Gait Test invece è stato proposto come parte dello SCAT, lo strumento di valutazione multifattoriale per le SRC, insieme al mBESS. Nonostante ciò, non sembrano esistere studi sulla validità concorrente dei due strumenti. Dalla letteratura, il Tandem Gait test sembra uno strumento più affidabile del BESS e del mBESS, ma è anche molto meno studiato rispetto a questi ultimi, rendendo difficile l'interpretazione dei risultati.

Una performance peggiore in termini di tempo sembra persistere sia nel Tandem Gait test dual-task che nel TUG dual-task, in soggetti con recente concussione, anche al follow-up di una settimana e di tre settimane [60]. I risultati sono in linea con la considerazione che gli impairments posturali post concussione più persistenti sono quelli relativi al controllo

posturale dinamico [77] ed inoltre ciò lo renderebbe adatto in clinica alla valutazione delle PCS o degli esiti di concussione ad oltre una settimana dall'evento (dove il BESS sembra perdere di efficacia, come discusso in precedenza).

Non c'è accordo, tuttavia, sulla variabile da considerare per interpretare il risultato del test: all'introduzione dello SCAT3 è stato proposto un criterio pass/fail con cut-off di 14 secondi (se il test non veniva completato sotto o in 14 secondi veniva considerato fallito). Nel 2017, tuttavia, uno studio su atleti adolescenti sani ha rilevato un alto tasso di falsi positivi (più del 75% dei partecipanti non ha passato il test, basandosi su questo criterio), suggerendo di introdurre una nuova modalità di interpretazione [44]. Negli studi inclusi nella revisione, gli autori hanno quindi considerato il tempo medio impiegato a completare il test su 3 trials [60] [59] e su 4 trials [58], facendo però ripetere il test in caso di errori fino ad arrivare a 3/4 trials. Un altro autore ha, invece, utilizzato il Complex Tandem Gait, una variante del test (cammino tandem in quattro condizioni: in avanti ad occhi aperti, in avanti ad occhi chiusi, indietro ad occhi aperti ed indietro ad occhi chiusi) [69].

Nella somministrazione del test è quindi da tenere in considerazione che:

- Una modalità corretta di interpretazione del risultato non è stata ancora validata e, a causa dei diversi trials ripetuti durante la somministrazione negli studi, come nel BESS, sono stati rilevati dei minimi "practice effects" [59]. È da aspettarsi, subito dopo una concussione, un tempo di completamento del test maggiore rispetto ad un controllo sano, sebbene questa differenza sia stata studiata principalmente su un campione di giovani adulti [82].
- I maschi adolescenti sani, alla baseline, sembrano performare meglio delle femmine [44] e anche post concussione le femmine sembrano avere dei risultati peggiori [83]. Le femmine sembrano avere meno controllo posturale dinamico e sembrano camminare più lentamente rispetto ai maschi. Alcune potenziali ragioni per questa differenza potrebbero essere diversa forza muscolare e diversa velocità di contrazione muscolare. Le femmine, inoltre, tendono ad avere meno potenza nelle gambe. Ciò è da tenere in considerazione perché la forza negli arti inferiori e la performance nei task cronometrati di deambulazione sembrano essere correlati [44].

- L'altezza potrebbe essere considerata un fattore confondente poiché correlata con la lunghezza del piede: un individuo più alto impiegherà meno passi per lo stesso task [44].
- Se utilizzato il dual-task (cammino a tandem con aggiunta di un compito cognitivo), l'interpretazione è ancora più complessa poiché sono da tenere in considerazione l'età del soggetto e la necessità di variare il task cognitivo per non elicitare anche in questo caso dei "practice effects" [60] [59].

- o DGI ed FGA

Durante lo screening sono emersi quattro studi relativi al loro utilizzo, di cui solo uno incluso. I tre esclusi comprendono uno studio sulla riabilitazione vestibolare, uno studio pilota del 2011 ed uno studio del 2019 che riprende i presupposti dello studio pilota [24] [39] [42]. Lo studio pilota ha applicato il test a bambini affetti da Fetal Alcohol Spectrum Disorder (FASD) e a bambini con normale sviluppo, suggerendo alcune modifiche (spiegate nell'introduzione) da apportare al test, per renderlo più adatto ad una popolazione pediatrica. Lo studio è svolto su un piccolo campione, eterogeneo per età e sesso, che sembra considerare promettente in termini di affidabilità il DGI per questa popolazione [39]. Lo studio del 2019 riprende lo strumento modificato, denominato Pediatric Modified Dynamic Gait Index, per fornire dei dati normativi di base, suddivisi in tre gruppi d'età (7-10 anni, 11-14 anni, 15-18 anni) [42].

Lo studio incluso nella revisione ha analizzato solo i dati di riferimento in una popolazione sana di DGI ed FGA, suggerendo, peraltro, anche in questi test la possibile presenza di un "ceiling effect", riscontrato anche nello studio pilota [39] [55].

- o FTSTS e GS

Il GS (Gait Speed) è la velocità, registrata elettronicamente, del passo lungo un percorso di 4 o 6 metri a velocità normale ed a velocità massima. Il test, tuttavia, sembra solitamente utilizzato per pazienti anziani con problematiche respiratorie e non è validato per una popolazione pediatrica o per esiti di concussione [84].

Il FTSTS è stato preso in considerazione da un solo studio incluso nella revisione e sembra mostrare buoni livelli di affidabilità, superiori al TUG e comparabili al Tandem Gait Test [55].

Anche la misurazione del GS è stata presa in considerazione da un solo studio e, se misurato con un accelerometro, i dati sull'affidabilità sembrano buoni [55].

Basandosi, tuttavia, sui risultati di un solo studio non è possibile trarre delle conclusioni specifiche al loro riguardo. Una considerazione sulla misurazione del GS è che potrebbe eventualmente essere più utile se associato ad un doppio task cognitivo per risultare effettivamente utile per una valutazione su impairment post concussione [85].

- Sistemi computerizzati

I problemi dell'utilizzo delle pedane computerizzate sembrano essere le molteplici modalità di esecuzione ed interpretazione, che determinano un limite alla loro applicabilità clinica: sono, inoltre, strumenti costosi e che sembrerebbero più utili in campo di ricerca o in ambito sportivo professionale. La loro applicabilità, infatti, in alcuni casi è pensata proprio per squadre sportive, per aiutare la decisione del "return-to-play" e per permettere una eventuale somministrazione facilitata alle figure non cliniche che si trovano a contatto con gli atleti [62] [73] [63] [67] [70].

Uno dei problemi principali relativi alla valutazione del controllo posturale dinamico è la difficoltà di compararlo con le attività quotidiane, che sono più complesse e variegata rispetto ai tasks proposti dai test, soprattutto in una popolazione in via di sviluppo. Da ciò che emerge dalla revisione, un solo autore ha provato a rendere la valutazione più completa, inserendo il dual-task cognitivo nel TUG e nel Tandem Gait test [59] [60].

È stato suggerito che la stabilità del passo durante la deambulazione con dual-task cognitivo potrebbe essere particolarmente sensibile agli impairments a lungo termine dopo una concussione e che dovrebbe essere considerato nel ritorno alle attività, sostenendo nuovamente l'importanza di una valutazione completa, in mancanza di un gold standard e con presenza di sintomatologia negli adolescenti anche oltre il tempo clinico di recupero [30].

Anche il Pediatric Modified Dynamic Gait Index potrebbe essere uno strumento più completo, poiché comprendente diversi tasks, alcuni più simili ad attività semplici della vita quotidiana, ma la letteratura in merito è troppo scarsa per trarre conclusioni in termini di affidabilità.

Il problema si pone anche per il “return-to-play” poiché, nonostante gli studi siano principalmente relativi a popolazioni di atleti, sembra che non siano ancora stati presi in considerazione dei test che riproducano il gesto motorio specifico. Lo SCAT5, come precedentemente sottolineato, si propone solo di indagare nel breve termine una sospetta concussione ma non di seguire l’atleta nel follow-up a lungo termine.

### Sistema vestibolare

Un’altra importante componente del controllo posturale è quella vestibolare, che sembra essere poco analizzata negli studi presi in esame. L’unico studio relativo al VOMS incluso nella revisione prende in esame una popolazione sana, valutata in una sola sessione [53]. Sebbene lo studio non sia condotto su una popolazione sintomatica e non vi siano follow-up, i risultati sembrano incoraggianti e, come osservazione più interessante, sembra non esserci validità con il BESS, quindi con il controllo posturale statico. Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che, come già sottolineato, il controllo posturale consta di diverse componenti ognuna delle quali merita una valutazione specifica.

È interessante anche che solo in uno studio sia stata analizzata l’influenza di sintomi vestibolari concomitanti sulla performance, nello specifico la dizziness: molti soggetti non sono stati in grado di completare il test di controllo posturale dinamico (nello studio in questione valutato tramite sistema computerizzato) [70].

Questa osservazione si ricollega al limite comune presenti in tutti gli studi su popolazione sintomatica, ovvero che nessuno degli autori ha riportato i sintomi derivati dall’evento concussivo: sarebbe interessante approfondire l’eventuale associazione tra alcuni sintomi e maggiori alterazioni del controllo posturale, anche nell’ottica di sviluppare una batteria di test valutativi con maggiori valori di affidabilità e validità, oppure per stabilire dei fattori prognostici positivi o negativi.

Diversi studi hanno analizzato l’associazione tra disfunzioni vestibolari e prolungato recupero post concussione [22] [23]. Da uno studio del 2017 è emerso che, in una popolazione di bambini ed adolescenti, un deficit del controllo posturale persistente da oltre 14 giorni dall’evento lesivo sembra essere associato a disfunzioni visive e vestibolari (in particolare, “smooth pursuit”, saccadi e VOR). Tali disfunzioni sembrano essere

predittive di un recupero prolungato, soprattutto nei bambini e con concomitante presenza di cefalea. Viene, quindi, raccomandato l'utilizzo del VOMS nella valutazione clinica, per sviluppare degli obiettivi di riabilitazione più specifici, soprattutto perché queste problematiche possono avere un'importante ricaduta sul "return-to-learn" [23].

Da uno studio del 2010 è emerso che la riabilitazione vestibolare post concussione sembra migliorare sia la dizziness che le disfunzioni del passo e del controllo posturale, indipendentemente dai gruppi di età (sono state prese in considerazione una popolazione di adulti ed una di bambini) [24].

Inoltre, come già evidenziato nell'introduzione, uno screening vestibolare ed oculomotorio potrebbe essere altamente raccomandato anche in pazienti post-WAD per aiutare nella diagnosi differenziale con PCS [15] [19].

Sembra essere adeguatamente applicabile anche in un reparto di emergenza pediatrico, quindi in acuto, a fronte di un'adeguata formazione del personale [86].

### Applicabilità clinica

I risultati ottenuti dalla revisione sembrano essere poco generalizzabili. I principali limiti relativi all'effettiva applicabilità in ambito clinico fisioterapico sono risultati essere:

- Studi condotti principalmente su atleti e sani;
- Nessuno studio specifica come sia stata effettuata la diagnosi di concussione, quali siano i sintomi all'esordio e al momento della valutazione nel campione preso in esame;
- Studi condotti principalmente su strumentazione computerizzata costosa e difficilmente somministrabile in ambito riabilitativo quotidiano;
- Affidabilità spesso studiata su intervalli temporali non utili nella clinica quotidiana (intra-sessione o ad intervalli di giorni che non riflettono un percorso riabilitativo);
- Tra i vari test non c'è accordo sui trials da eseguire e, nel caso del Tandem Gait Test ad esempio, sulla variabile da considerare;
- Pochi studi sull'associazione e sull'influenza dei vari sintomi sul controllo posturale.

## Ricerca futura

Alla luce delle limitazioni riscontrate i suggerimenti per la ricerca futura comprendono:

- Studiare maggiormente i test su una popolazione con esiti di concussione, utilizzando un metodo di campionamento validato con suddivisione per gruppi di età e fornendo una raccolta esaustiva dei sintomi presenti;
- Studiare maggiormente i test relativi alle componenti dinamiche e vestibolari del controllo posturale per offrire una valutazione completa e per monitorare adeguatamente il recupero a lungo termine;
- Eventualmente proporre l'utilizzo di una batteria di test per una valutazione più completa del controllo posturale;
- Studiare maggiormente campioni di non atleti, più generalizzabili alla popolazione generale e prendere maggiormente in considerazione il "return-to-learn" oltre che il "return-to-play";
- Determinare negli studi dei follow-up più congruenti con il percorso clinico di recupero;
- Studiare maggiormente l'impatto e l'associazione delle disfunzioni vestibolari e/o della sintomatologia post concussione sul controllo posturale.

## CONCLUSIONI

La revisione si è occupata di indagare le proprietà psicometriche dei test per il controllo posturale in una popolazione di bambini ed adolescenti post-concussione. Non è presente, al momento attuale, un accordo in letteratura sulla migliore modalità di valutazione, poiché gli studi in merito sono scarsi e non di qualità elevata.

Il controllo posturale comprende un ampio ventaglio di sottocategorie, con tempi clinici di recupero differenti e variabili, anche in condizioni di normale sviluppo, differente per gruppi d'età. Ciò richiederebbe una valutazione specifica sia per le sottocomponenti che per il range di età.

Il test più utilizzato in letteratura è risultato essere il BESS con le sue varianti, che si presenta, tuttavia, principalmente come una misura specifica utile nel breve termine e relativa ad una sola componente, il controllo posturale statico. Per la valutazione della componente dinamica sono presentati negli studi diversi test ma, per ognuno di essi, la letteratura a riguardo è molto scarsa. Non è, pertanto, possibile trarre delle conclusioni certe in termini di affidabilità.

Sembra, altresì, consigliabile l'integrazione della valutazione vestibolare, ma come per la componente dinamica sono presenti pochi studi ad essa relativi.

In generale, la qualità degli studi presi in esame dalla revisione sembra scarsa: sono utilizzati metodi di campionamento differente e vi è mancanza di definizione adeguata di diagnosi e sintomi, oltre che presenza di numerosi fattori confondenti nell'interpretazione dei risultati dei test.

La generalizzazione è, inoltre, difficile poiché la popolazione presa in esame è principalmente di atleti sani e solo pochi studi hanno valutato l'affidabilità dei test su una coorte sintomatica. Anche l'applicabilità clinica è incerta, per mancanza nei disegni di studio di follow-up adeguati e procedure validate per la conduzione dei test.

Sarebbe consigliabile sviluppare maggiormente la letteratura in merito, poiché la popolazione pediatrica è una popolazione particolare in quanto in via di sviluppo e procedure di valutazione affidabili sarebbero importanti per organizzare al meglio il "return-to-play" ed il "return-to-learn".

## KEY POINTS

- ✓ Il controllo posturale presenta diverse sotto-componenti e andrebbe valutato in un'ottica di analisi multifattoriale, soprattutto in una popolazione in via di sviluppo in cui è più complesso verificare la reale influenza degli impairments post concussione sul "return-to-play" e sul "return-to-learn".
- ✓ Il BESS e il mBESS sono strumenti di valutazione per il controllo posturale statico principalmente specifici, da utilizzare preferibilmente entro i primi giorni dall'evento concussivo e da interpretare con attenzione in relazione al gruppo d'età.
- ✓ È consigliabile analizzare maggiormente le misure di outcome per il controllo posturale dinamico a basso costo in seguito ad una concussione, soprattutto per un clinico che si occupa di follow-up a lungo termine: al momento, il più consigliabile sembrerebbe il Tandem Gait Test. Sarebbe necessario, tuttavia, sviluppare degli strumenti che riflettano maggiormente le attività della vita quotidiana o il gesto motorio specifico.
- ✓ È consigliabile integrare la valutazione vestibolare e visiva tramite VOMS, soprattutto in presenza di sintomi concomitanti quali vertigine e cefalea.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control, «What is a concussion?,» 2019. [Online]. Available: [https://www.cdc.gov/headsup/basics/concussion\\_what.html](https://www.cdc.gov/headsup/basics/concussion_what.html).
- [2] A. K. Ommaya e et al., «Biomechanics and neuropathology of adult and paediatric head injury,» *Br J Neurosurg*, vol. 16, n. 3, pp. 220-42, 2002.
- [3] P. McCrory e et al., «Can we manage sport related concussion in children the same as in adults?,» *Br J Sports Med*, vol. 38, pp. 516-519, 2004.
- [4] P. McCrory , W. Meeuwisse, J. Dvorak e 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*, 2017.
- [5] A. Sim e et al., «Prolonged recovery of memory functioning after mild traumatic brain injury in adolescent athletes,» *Neurosurgery*, vol. 108, pp. 511-16, 2008.
- [6] K. J. Schneider, A. Nettel-Aguirre, L. Palacios-Derflingher e et al., «Concussion burden, recovery, and risk factors in elite youth ice hockey players,» *Clin J Sport Med*, 2018.
- [7] R. W. Dick, «Is there a gender difference in concussion incidence and outcomes?,» *Br J Sports Med*, vol. 43, pp. 46-50, 2009.
- [8] T. Pfister e et al., «The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis,» *British Journal of Sports Medicine*, vol. 50, pp. 292-297, 2016.
- [9] A. Karlin, «Concussion in the pediatric and adolescent population: “different population, different concerns”,» *PM R*, vol. 3 (Suppl 2), pp. 369-79, 2011.
- [10] G. A. Davis, V. Anderson, F. E. e. a. Babl e et al., «What is the difference in concussion management in children as compared with adults? A systematic review,» *Br J Sports Med*, vol. 51, p. 949–957, 2017.
- [11] A. Lumba-brown , K. Owe-Yates, K. Sarmiento e et al., «Centers for Disease Control and Prevention Guideline on the Diagnosis and Management of Mild Traumatic Brain Injury Among Children,» 2018. [Online].

- [12] T. A. Maugans e et al., «Pediatric Sports-Related Concussion Produces Cerebral Blood Flow Alterations,» *Pediatrics*, vol. 129, n. 1, pp. 28-37, 2012.
- [13] R. King e et al., «Longitudinal Assessment of Cortical Excitability in Children and Adolescents With Mild Traumatic Brain Injury and Persistent Post-Concussive Symptoms,» *Front Neurol*, vol. 10, p. 451, 2019.
- [14] M. J. Ellis e et al., «Physiological, vestibulo-ocular and cervicogenic post-concussion disorders: An evidence-based classification system with directions for treatment,» *Brain Inj*, vol. 29, n. 2, pp. 238-248, 2015.
- [15] T. Rebbeck e et al., «Concussion in combination with whiplash-associated disorder may be missed in primary care: Key recommendations for assessment and management,» *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, vol. 49, n. 11, pp. 819-28, 2019.
- [16] K. Beeckmans, C. Crunelle, S. Van Ingelgom e et al., «Persistent cognitive deficits after whiplash injury: a comparative study with mild traumatic brain injury patients and healthy volunteers,» *Acta Neurol Belg*, vol. 117, n. 2, pp. 493-500, 2017.
- [17] O. Kolev e M. Sergeeva, «Vestibular disorders following different types of head and neck trauma,» *Funct Neurol*, vol. 31, n. 2, pp. 75-80, 2016.
- [18] H. S. Levin e R. R. Diaz-Arrastia, «Diagnosis, prognosis, and clinical management of mild traumatic brain injury,» *Lancet Neurol.*, vol. 14, pp. 506-17, 2015.
- [19] A. P. Kontos e et al., «Review of vestibular and oculomotor screening and concussion rehabilitation,» *J Athl Train.*, vol. 52, n. 3, pp. 256-261, 2017.
- [20] K. Schneider, C. A. Emery, A. Black e et al., «Adapting the Dynamic, Recursive Model of Sport Injury to Concussion: An Individualized Approach to Concussion Prevention, Detection, Assessment, and Treatment,» *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, vol. 49, n. 11, pp. 799-810, 2019.
- [21] B. A. Alsalaheen, S. L. Whitney, F. G. Marchetti e et al., «Relationship Between Cognitive Assessment and Balance Measures in Adolescents Referred for Vestibular Physical Therapy After Concussion,» *Clin J Sport Med*, vol. 26, n. 1, pp. 46-52, 2016.

- [22] D. J. Corwin, D. J. Wiebe, M. R. Zonfrillo e et al., «Vestibular Deficits following Youth Concussion,» *J Pediatr.*, vol. 166, n. 5, pp. 1221-5, 2015.
- [23] C. L. Master, S. R. Master, D. J. Wiebe e et al., «Vision and Vestibular System Dysfunction Predicts Prolonged Concussion Recovery in Children,» *Clin J Sports Med*, vol. 28, n. 2, p. 139, 2018.
- [24] B. A. Alsalaheen, A. Mucha, L. O. Morris, S. L. Whitney e et al., «Vestibular Rehabilitation For Dizziness and Balance Disorders after Concussion,» *J Neurol Phys*, vol. 34, n. 2, p. 87, 2010.
- [25] P. M. William e J. O'Brien, «Concussion in children and adolescents: Management,» 2019. [Online]. Available: <https://www.uptodate.com/contents/concussion-in-children-and-adolescents-management#H13513897>.
- [26] Y. Ivanenko e V. S. Gurfinkel, «Human Postural Control,» *Front Neurosci.*, vol. 12, p. 171, 2018.
- [27] R. D. Cantena e et al., «Different gait tasks distinguish immediate vs. long-term effects of concussion on balance control,» *J Neuroeng Rehabil*, vol. 6, p. 25, 2009.
- [28] L. Chou e et al., «Dynamic instability during obstacle crossing following traumatic brain injury,» *Gait Posture*, vol. 20, n. 3, pp. 245-254, 2004.
- [29] K. M. Sibley e et al., «Components of Standing Postural Control Evaluated In Pediatric Balance Measures: A Scoping Review,» *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 98, n. 10, pp. 2066-2078, 2017.
- [30] D. R. Howell e et al., «Return to Activity after concussion affects dual-task gait balance control recovery,» *Med Sci Sports Exerc.*, vol. 47, n. 4, pp. 673-680, 2015.
- [31] C. Hansen e et al., «Reliability Testing of the Balance Error Scoring System in Children Between the Ages of 5 and 14,» *Clin J Sport Med*, vol. 27, n. 1, pp. 64-68, 2017.
- [32] C. Hansen, D. Cushman, A. Nicholas e et al., «A Normative Dataset of the Balance Error Scoring System in Children Aged Between 5 and 14,» *Clinical Journal of Sports Medicine*, vol. 26, n. 6, pp. 497-501, 2015.

- [33] K. N. Khanna e et al., «Balance Error Scoring System Performance in Children and Adolescents With No History of Concussion,» *Sports Health*, vol. 7, n. 4, pp. 341-345, 2015.
- [34] E. Y. Chin e et al., «Reliability and Validity of the Sport Concussion Assessment Tool–3 (SCAT3) in High School and Collegiate Athletes,» *Am J Sports Med.*, vol. 44, n. 9, pp. 2276-85, 2016.
- [35] R. J. Echemendia, W. Meeuwisse, P. Mccrory e et al., «The Sport Concussion Assessment Tool 5th Edition (SCAT5): Background and rationale,» *Br J Sports Med*, vol. 51, pp. 848-850, 2017.
- [36] J. McDevitt e et al., «Vestibular and oculomotor assessments may increase accuracy of subacute concussion assessment,» *Int J Sports Med*, vol. 37, pp. 738-747, 2016.
- [37] B. J. Zhou G., «Objective Vestibular Testing of Children with Dizziness and Balance Complaints Following Sports-Related Concussions,» *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, vol. 152, n. 6, pp. 1133-1139, 2015.
- [38] D. M. Wrisley e et al., «Reliability of the dynamic gait index in people with vestibular disorders,» *Arch Phys Med Rehabil.*, vol. 84, pp. 1528-1533, 2003.
- [39] A. Lubetzky-Vilnai e et al., «Investigation of the Dynamic Gait Index in Children: A Pilot study,» *Pediatr Phys Ther.*, vol. 23, n. 3, pp. 268-273, 2011.
- [40] C. D. Hall e S. J. Herdman, «Reliability of Clinical Measures Used to with Peripheral Vestibular Disorders,» *Neurol Phys Ther.*, vol. 30, n. 2, pp. 74-81, 2006.
- [41] J. Jonsdottir e D. Cattaneo, «Reliability and Validity of the Dynamic Gait Index in Persons With Chronic Stroke,» *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 88, n. 11, pp. 1410-15, 2007.
- [42] D. K. Anderson e C. Donna, «Utilization of the Pediatric Modified Dynamic Gait Index: Issues Related to Child Development,» *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, vol. 39, n. 6, pp. 669-678, 2019.
- [43] D. Wrisley e G. Marchetti, «Reliability, Internal Consistency, and Validity of Data Obtained With the Functional Gait Assessment,» *Physical Therapy*, vol. 84, n. 10, pp. 906-918, 2004.

- [44] A. Santo e et al., «Clinical Utility of the Sport Concussion Assessment Tool 3 (SCAT3) Tandem-Gait Test in High School Athletes,» *J Athl Train.*, vol. 52, n. 11, pp. 1096-1100, 2017.
- [45] S. L. Whitney e et al., «Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test,» *Phys. Ther.*, vol. 85, pp. 1034-1045, 2005.
- [46] T. Wang e et al., «Reliability and validity of the five-repetition sit-to-stand test for children with cerebral palsy.,» *Clin Rehabil.*, vol. 26, n. 7, pp. 664-671, 2012.
- [47] E. Storey, D. J. Wiebe, B. A. D'Alonzo e et al., «Vestibular Rehabilitation Is Associated With Visuo-vestibular Improvement in Pediatric Concussion,» *Journal of Neurologic Physical Therapy*, vol. 42, n. 3, pp. 134-141, 2018.
- [48] A. Mucha, R. J. Elbin, M. V. Collins e et al., «A Brief Vestibular/Ocular Motor Screening (VOMS) Assessment to Evaluate Concussions,» *Am J Sports Med*, vol. 42, n. 10, pp. 2479-86, 2014.
- [49] B. A. Alshaleen e et al., «Reliability and concurrent validity of instrumented balance error scoring system using a portable force plate system,» *Phys Sportsmed*, vol. 43, n. 3, pp. 1-6, 2015.
- [50] C. Hansen e et al., «Reliability Testing of the Balance Error Scoring System in Children Between the Ages of 5 and 14,» *Clin J Sport Med*, vol. 24, n. 1, pp. 64-68, 2017.
- [51] T. N. Hunt e et al., «The Reliability of the Modified Balance Error Scoring System,» *Clin J Sport Med*, vol. 19, p. 471–475, 2009.
- [52] T. C. Valovich-McLeod e et al., «Serial Administration of Clinical Concussion Assessments and Learning Effects in Healthy Young Athletes,» *Clin J Sport Med*, vol. 14, p. 287–295, 2004.
- [53] A. M. Yorke e et al., «Validity and Reliability of the Vestibular/Ocular Motor Screening and Associations With Common Concussion Screening Tools,» *Sports Health.*, vol. 9, n. 2, pp. 174-180, 2017.

- [54] T. C. Valovich-McLeod e et al., «Psychometric and Measurement Properties of Concussion Assessment Tools in Youth Sports,» *Journal of Athletic Training*, vol. 41, n. 4, p. 399–408, 2006.
- [55] B. A. Alsalaheen e et al., «Performance of High School Adolescents on Functional Gait and Balance Measures,» *Pediatr Phys Ther*, vol. 26, n. 2, pp. 191-199, 2014.
- [56] D. P. Sheehan e et al., «Intra-Rater and Inter-Rater Reliability of the Balance Error Scoring System in PreAdolescent School Children,» *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, vol. 15, n. 3, pp. 234-243, 2011.
- [57] T. White-Schwoch, J. Krizman, K. McCracken e et al., «Performance on auditory, vestibular, and visual tests is stable across two seasons of youth tackle football,» *Brain Inj*, vol. 34, n. 2, pp. 236-244, 2019.
- [58] L. D. Nelson e et al., «Baseline Performance and Psychometric Properties of the Child Sport Concussion Assessment Tool 3 (Child-SCAT3) in 5-13 Year-Old Athletes,» *Clin J Sport Med*, vol. 27, n. 4, p. 381–387, 2017.
- [59] D. R. Howell e et al., «Tandem Gait Test-Retest Reliability Among Healthy Child and Adolescent Athletes,» *Journal of Athletic Training*, vol. 54, n. 12, pp. 000-000, 2019.
- [60] D. R. Howell e et al., «Objective clinical tests of dual-task dynamic postural control in youth athletes with concussion,» *J Sci Med Sport*, vol. 22, n. 5, pp. 521-525, 2018.
- [61] M. Katz-Leurer e et al., «Functional Balance Tests for Children with Traumatic Brain Injury: Within-Session Reliability,» *Pediatr Phys Ther*, vol. 20, n. 3, pp. 254-8, 2008.
- [62] C. C. Quatmant-Yates e et al., «Test-retest consistency of a postural sway assessment protocol for adolescent athletes measured with a force plate,» *The International Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 8, n. 6, pp. 741-748, 2013.
- [63] K. L. Dunn e et al., «Reliability of the Sway Balance Mobile Application: A Retrospective Analysis,» *International Journal of Athletic Therapy and Training*, vol. 23, n. 2, pp. 69-72, 2017.
- [64] B. A. Alsalaheen e et al., «Reliability and Construct Validity of Limits of Stability Test in Adolescents using a Portable Force Plate System,» *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 96, n. 12, pp. 194-200, 2015.

- [65] E. Geldhof e et al., «Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children,» *Eur J Pediatr*, vol. 165, pp. 779-786, 2006.
- [66] D. Cushman e et al., «Reliability of the balance error scoring system in a population with protracted recovery from mild traumatic brain injury,» *Brain Injury*, vol. 32, n. 5, pp. 569-574, 2018.
- [67] G. R. Furman e et al., «Comparison of the Balance Accelerometer Measure and Balance Error Scoring System in Adolescent Concussions in Sports,» *Am J Sports Med.*, vol. 41, n. 6, p. 1404–1410, 2013.
- [68] L. A. King, B. F. Horak, M. Mancini e et al., «Instrumenting the Balance Error Scoring System for use with patients reporting persistent balance problems after mild traumatic brain injury,» *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 95, n. 2, p. 353–359, 2014.
- [69] D. J. Corwin, C. C. McDonald, K. B. Arbogast e et al., «Clinical and Device-based Metrics of Gait and Balance in Diagnosing Youth,» *Med Sci Sports Exerc.*, vol. 52, n. 3, pp. 542-548, 2020.
- [70] S. Massingale, A. Alexander, S. Erickson e et al., «Comparison of Uninjured and Concussed Adolescent Athletes on the Concussion Balance Test (COBALT),» *JNPT*, vol. 42, p. 149–154, 2018.
- [71] M. Barlow e et al., «Differences in change scores and the predictive validity of three commonly used measures following concussion in the middle school and high school aged population,» *The International Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 6, n. 3, pp. 150-157, 2011.
- [72] L. Lecci e et al., «Validation of a Concussion Screening Battery for Use in Medical Settings: Predicting Centers for Disease Control Concussion Symptoms in Children and Adolescent,» *Arch Clin Neuropsychol.*, pp. 1-10, 2019.
- [73] D. R. Howell e et al., «Evaluation of postural stability in youth athletes: the relationship between two rating,» *Phys Sportsmed.*, vol. 44, n. 3, pp. 304-310, 2016.
- [74] C. Quatman-Yates e et al., «The Utility of the Balance Error Scoring System for Mild Brain Injury Assessments in Children and Adolescent,» *Phys Sportsmed*, vol. 42, n. 3, pp. 32-38, 2014.

- [75] N. Lucas e et al., «The reliability of a quality appraisal tool for studies of diagnostic reliability (QAREL),» *BMC Med Res Methodol*, vol. 13, n. 1, pp. 111-7, 2013.
- [76] P. F. Whiting e et al., «QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies.,» *Ann Intern Med.*, vol. 155, n. 8, pp. 529-36, 2011.
- [77] J. R. Oldham e et al., «Altered Dynamic Postural Control During Gait Termination Following Concussion,» *Gait Posture*, vol. 49, pp. 437-442, 2016.
- [78] T. M. Parker e et al., «Recovery of cognitive and dynamic motor function following concussion,» *Br J Sports Med*, vol. 41, pp. 868-873, 2007.
- [79] D. Podsiadlo e S. Richardson, «The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons,» *J Am Geriatr Soc.*, vol. 39, n. 2, pp. 142-148, 1991.
- [80] R. D. Nicolini-Panisson e M. D. Donadio, «Timed "Up & Go" test in children and adolescents,» *Rev Paul Pediatr.*, vol. 31, n. 3, pp. 377-383, 2013.
- [81] E. Verbecque e et al., «The Timed Up and Go Test in Children: Does Protocol Choice Matter? A Systematic Review,» *Pediatric Physical Therapy*, vol. 31, n. 1, pp. 22-31, 2019.
- [82] J. R. Oldham e et al., «Efficacy of Tandem Gait to Identify Impaired Postural Control after Concussion,» *Med Sci Sports Exerc.*, vol. 50, n. 6, pp. 1162-1168, 2018.
- [83] M. Gray e et al., «Female adolescents demonstrate greater oculomotor and vestibular dysfunction than male adolescents following concussion,» *Phys Ther Sport.*, vol. 42, pp. 68-74, 2020.
- [84] T. E. Dolmage e et al., «Gait Speed: Validity of Measurement in Patients With Severe Chronic Lung Disease, Including Prognostic and Practical Implications,» *Chest*, vol. 153, n. 5, pp. 1101-1105, 2018.
- [85] J. Berkner e et al., «Gait and Quiet-Stance Performance Among Adolescents After Concussion-Symptom Resolution,» *J Athl Train*, vol. 52, n. 12, pp. 1089-1095, 2017.
- [86] D. J. Corwin e et al., «Use of the Vestibular and Oculomotor Examination for Concussion in a Pediatric Emergency Department,» *Am J Emerg Med*, vol. 37, n. 7, pp. 1219-1223, 2019.

- [87] D. E. Thomas e et al., «Gait Speed: Validity of Measurement in Patients With Severe Chronic Lung Disease, Including Prognostic and Practical Implications,» *Chest*, vol. 153, n. 5, pp. 1101-1105, 2018.