

Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

LA COMMOZIONE CEREBRALE NEL GIOCATORE DI RUGBY A 15:
EZIOLOGIA, DIAGNOSI, RIABILITAZIONE E PREVENZIONE DELLE RECIDIVE

Concussion in 15s rugby player:
Etiology, diagnosis, rehabilitation and prevention of relapses

RELATORE: Prof. Prebianca Eugenio

LAUREANDO: Da Lan Filippo

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

RIASSUNTO.	1
ABSTRACT.	2
INTRODUZIONE.	3
CAPITOLO 1: EZIOLOGIA E PATOLOGIA.	5
1.1 Definizione	5
1.2 Meccanismi biofisici negli sport a rischio	5
1.3 Meccanismi neurofisiologici della <i>concussion</i>	6
1.4 <i>Biomarkers</i> e correlazione con patologie neurodegenerative	7
1.5 Sindrome post-concussiva	8
CAPITOLO 2: DIAGNOSI.	9
2.1 Valutazione <i>on-field</i>	9
2.2 Diagnosi medica e scale di valutazione	10
CAPITOLO 3: PREVENZIONE PRIMARIA, SECONDARIA E TERZIARIA.	14
3.1 Educazione	14
3.2 Attrezzatura protettiva	14
3.3 Rinforzo muscolare	15
CAPITOLO 4: RIABILITAZIONE.	19
4.2 Materiali e metodi	19
4.3 Criteri di inclusione ed esclusione	19
4.4 Risultati e discussione	19
4.5 Conclusioni	28
BIBLIOGRAFIA.	30

RIASSUNTO.

La commozione cerebrale è un infortunio dovuto all'applicazione di forze a livello del sistema nervoso centrale, che causano un tensionamento delle strutture e liberano neurotrasmettitori e altri marcatori di lesione. Viene diagnosticata dal medico neurologo tramite diagnosi differenziale e l'uso di specifici test su equilibrio e coordinazione, test neuropsicologici e neurocognitivi e valutazione delle funzioni esecutive.

La prevenzione si basa soprattutto sull'intervento di educazione del personale tecnico e medico in squadra e sull'istruzione dei giocatori ad una corretta modalità di approccio alle fasi di gioco dove è previsto il contatto.

L'obiettivo di questa tesi è indagare le modalità più efficaci per la riabilitazione del giocatore di rugby a 15 affetto da commozione cerebrale. A tale scopo è stata effettuata una ricerca bibliografica utilizzando i database PubMed, PEDro, Cochrane Library e Google Scholar.

In seguito alla ricerca bibliografica sono stati individuati 6 articoli significativi per questa tesi: due di questi indagano gli effetti dell'attività aerobica, uno valuta l'efficacia di molteplici modalità di trattamento e infine altri due si concentrano su terapia manuale e riabilitazione vestibolare. Le strategie riabilitative più indicate prevedono un periodo di riposo, fisico e cognitivo, di 24-48 ore durante la fase acuta, seguito da un periodo di attività fisica aerobica sotto la soglia di esacerbazione dei sintomi oppure da riabilitazione vestibolare e/o terapia manuale.

In conclusione, nessuna delle modalità di trattamento si dimostra superiore alle altre, ma è fondamentale la valutazione dei sintomi del paziente per scegliere l'intervento più adeguato.

ABSTRACT.

A concussion is an injury resulting from forces applied to the central nervous system, causing strain on the brain's structures and the release of neurotransmitters and other biomarkers. It is diagnosed by a neurologist through a differential diagnosis and specific tests for balance and coordination, neuropsychological and neurocognitive tests and executive functions assessment.

Prevention mainly relies on educating the technical and medical staff within the team and instructing the players on the correct approach to game phases involving contact.

The objective of this thesis is to investigate the most effective rehabilitation methods for rugby union players suffering a concussion. For this objective a literature search was done, using PubMed, PEDro, Cochrane Library and Google Scholar.

Following the literature search, six significant articles were identified for this thesis. Two of these articles investigate the effect of aerobic activity, one evaluates the effectiveness of various treatment modalities, and two focus on manual therapy and vestibular rehabilitation. The best rehabilitation methods rely on a physical and cognitive rest period, which lasts 24 to 48 hours during the acute stage, followed by a period using aerobic activity under the threshold where symptoms worsen, or by vestibular rehabilitation or manual therapy.

In conclusion, none of the treatment methods proves to be superior to the others, but evaluating the patient's symptoms is crucial in choosing the most appropriate intervention.

INTRODUZIONE.

Questa tesi nasce come mio interesse personale in quanto giocatore di rugby a 15. Tale sport, che mi ha avvicinato al mondo della fisioterapia, è caratterizzato da impatti ad alta energia, che spesso causano infortuni ai giocatori. In una meta-analisi di Williams et al. del 2022, che analizza i risultati di 17 studi effettuati su maschi adulti giocatori di rugby, si evidenzia come in 101694 ore complessive di gioco i soggetti presi in esame abbiano subito 8819 infortuni, ossia una media di 91 infortuni ogni 1000 ore giocate, con un tempo di recupero medio di 27-31 giorni. Gli infortuni avvengono comunemente durante il placcaggio (il 55,8% degli infortuni coinvolge o il giocatore che effettua il placcaggio o chi lo subisce) e coinvolgono maggiormente i distretti della spalla (11.7% degli infortuni totali), del ginocchio (12,9%) e del capo (16,7%).

Injury location	Number of studies	Total injury count	Meta-analysed proportion (95% CI)
Head	10	1439	16.7% (13.5–19.9)
Knee	10	1034	12.9% (12.1–13.6)
Shoulder	10	933	11.7% (9.6–13.8)
Ankle	9	312	9.3% (7.9–10.7)
Posterior thigh	8	447	6.5% (5.3–7.7)
Lower leg	10	570	6.5% (5.5–7.5)
Anterior thigh	8	338	6.0% (4.4–7.6)
Chest	6	311	4.0% (1.9–6.1)
Hip/groin	10	330	3.8% (2.6–5.1)
Wrist/hand	10	177	3.6% (2.4–4.7)
Upper back	4	28	3.1% (0.7–5.6)
Neck	9	338	2.9% (1.7–4.1)
Foot	9	84	2.4% (1.8–3.0)
Lower back	10	161	1.8% (1.5–2.2)
Elbow	7	33	1.2% (0.7–1.7)
Pelvis/sacrum	4	22	1.2% (0.2–1.9)
Upper arm	6	47	0.7% (0.5–0.9)
Abdomen	4	38	0.7% (0.5–0.9)
Forearm	6	49	0.7% (0.5–0.9)

Fig. 1 Distretti maggiormente colpiti da infortuni nel rugby a 15 (tratto da *Injuries in Elite Men's Rugby Union: An Updated (2012-2020) Meta-Analysis of 11,620 Match and Training Injuries*, *Sports Medicine*, Williams et al.)

Match event	Number of studies	Total injury count	Meta-analysed proportion (95% CI)
Tackling	9	1497	23.0% (20.7–25.2)
Tackled	9	1633	22.8% (20.7–24.9)
Collision	7	737	14.2% (10.2–18.2)
Running	9	713	10.4% (7.5–13.3)
Ruck	9	627	8.9% (6.8–11.0)
Scrum	9	257	4.3% (3.1–5.4)
Maul	5	131	2.2% (1.9–2.6)
Lineout	5	77	1.3% (1.0–1.6)
Kicking	6	30	0.6% (0.2–1.0)

Fig. 2 Infortuni in base all'azione (tratto da *Injuries in Elite Men's Rugby Union: An Updated (2012-2020) Meta-Analysis of 11,620 Match and Training Injuries*, *Sports Medicine*, Williams et al.)

La commozione cerebrale, detta anche *concussion* o *mild traumatic brain injury* (mTBI), è un infortunio piuttosto frequente nel rugby a 15, con un tasso di incidenza nel singolo giocatore che varia nei singoli studi, da 2,08 a 12 *concussion* ogni 1000 minuti giocati, anche in base al livello a cui lo sport viene praticato (Viljoen et al., 2017, Williams et al., 2022).

La commozione cerebrale è una problematica invalidante sia nel breve-medio termine, con sintomi come cefalea, vertigini, impairment nell'equilibrio, sonnolenza, perdita di memoria e problemi di concentrazione che possono persistere anche per alcune settimane, sia nel lungo termine. È stata infatti dimostrata una correlazione tra questa tipologia di traumi, in particolare se ripetuti, e un'augmentata e precoce incidenza di patologie neurodegenerative come la malattia di Alzheimer, il morbo di Parkinson, la sclerosi laterale amiotrofica e l'encefalopatia traumatica cronica (o CTE), come viene indicato nell'articolo di Gardner e Yaffe nel 2015.

È anche necessario tener presente che, secondo quanto riportato da Gardner e Yaffe, una storia di precedente *concussion* sia uno dei principali fattori di rischio per recidive, specialmente in alcune popolazioni che sono più esposte a questa problematica, come chi pratica sport di contatto, rendendo fondamentali gli interventi di prevenzione primaria e terziaria.

Perciò questa tesi si pone come obiettivo analizzare lo stato dell'arte in materia di mTBI, in maniera da offrire delle linee guida per riconoscere la patologia e prendere in carico il paziente in maniera efficace sia nel periodo acuto e subacuto, sia per prevenire eventuali recidive.

Oltre alla frequenza della lesione e alle sue conseguenze, è importante ricordare anche che questa è oggetto di ricerche da un tempo relativamente breve e, quindi, la letteratura in materia non è ancora approfondita in ogni aspetto della patologia: di conseguenza, questo studio si pone come obiettivo anche individuare lacune nelle informazioni ad ora disponibili in merito.

CAPITOLO 1: EZIOLOGIA E PATOLOGIA.

1.1 Definizione

Secondo la *World Health Organization Collaborating Center Task Force* ed il *Center for Disease Control and Prevention* (CDC), la commozione cerebrale è «una lesione cerebrale acuta derivante dall'energia meccanica applicata alla testa da forze fisiche esterne. I criteri operativi per l'identificazione clinica includono:

- uno o più dei seguenti: confusione o disorientamento, perdita di coscienza per 30 minuti o meno, amnesia post-traumatica di meno di 24 ore e/o altre anomalie neurologiche transitorie come segni focali, crisi epilettiche e lesioni intracraniche non necessitanti di intervento chirurgico;
- un punteggio di 13-15 sulla *Glasgow Coma Scale* 30 minuti dopo l'infortunio o in seguito all'arrivo per l'assistenza sanitaria.

Queste manifestazioni dell'mTBI non devono essere dovute a droghe, alcol, farmaci, causate da altre lesioni o trattamenti per altre lesioni (ad esempio, lesioni sistemiche, lesioni facciali o intubazione), causate da altri problemi (ad esempio, traumi psicologici, barriere linguistiche o condizioni mediche concomitanti) o causate da lesioni penetranti cranio-cerebrali» (Carroll et al., 2004, citato da Gardner e Yaffe, 2015).

Questa definizione non è tuttavia utilizzata universalmente.

1.2 Meccanismi biofisici negli sport a rischio

Il principale meccanismo lesivo negli sport di contatto è la presenza di forze di accelerazione o decelerazione a livello del sistema nervoso centrale (SNC); queste forze possono essere sia lineari, più comuni negli sport come rugby o football americano, sia rotazionali, che sono invece maggiormente diffuse in sport come il pugilato. Le cause possono essere sia un impatto diretto a livello del cranio, sia un trauma indiretto che coinvolge un eccessivo movimento del collo, come ad esempio un "colpo di frusta".

Questo tipo di trauma causa una tensione a livello di tutte le strutture del SNC, a partire dai vasi sanguigni, fino a neuroni, cellule gliali ed assoni. Le strutture coinvolte in maniera più significativa sono proprio questi ultimi: in particolare gli assoni che percorrono le distanze più lunghe dal corpo

cellulare sono maggiormente suscettibili a questo tensionamento, causando lesioni assonali diffuse, che stanno alla base della sintomatologia della commozione cerebrale (Ling et al., 2015).

1.3 Meccanismi neurofisiologici della *concussion*

La *concussion* non causa alcun tipo di danno macroscopico al tessuto nervoso. È tuttavia emerso che il meccanismo per il quale insorgono i sintomi dipende dall'immediato rilascio a seguito del trauma di neurotrasmettitori e ioni, in particolare sodio (Na^+) e potassio (K^+), all'interno del sistema nervoso centrale. Gli ioni calcio (Ca^{2+}) invadono gli spazi intra-assonali ed attivano la proteolisi delle proteine citoscheletriche delle cellule nervose.

Questo stimola anche il rilascio di glutammato, causando una depolarizzazione neuronale ed aumentando quindi il fabbisogno energetico della pompa sodio-potassio. Di conseguenza, per ripristinare il bilancio degli ioni, è necessario un aumentato dispendio di energia, che si riflette su un incremento del consumo di glucosio che il metabolismo delle cellule nervose non è in grado di gestire. Il metabolismo glicolitico causa uno stato di acidosi, lasciando il SNC in uno stato di vulnerabilità nella fase acuta post-*concussion* (Ling et al. 2015).

Conseguentemente ha origine la serie di segni e sintomi neurologici distintivi della commozione cerebrale. I sintomi della *concussion* sono compresi in quattro macro-aree: possono essere infatti presenti sintomi fisici, cognitivi, emotivi e/o legati al sonno. I sintomi fisici sono i più numerosi ed evidenti, e comprendono cefalea, che è il sintomo più comune e viene riscontrato dal 40% al 86% dei casi, nausea e vomito, problemi di equilibrio, vertigini, problemi visivi come la fotofobia, un'aumentata sensibilità ai rumori, intorpidimento, sensazione di stordimento e aumentata affaticabilità. I sintomi cognitivi comprendono invece sensazioni soggettive di annebbiamento o rallentamento, difficoltà di concentrazione e nell'uso della memoria, confusione riguardo gli eventi recenti e tendenza a rispondere alle domande in maniera rallentata o a ripeterle. Gli aspetti tipici della patologia legati alla sfera delle emozioni comprendono irritabilità, tristezza, nervosismo. Infine anche il sonno può essere alterato in seguito a mTBI: si possono infatti manifestare problemi nell'addormentarsi o sonnolenza (Almasi e Wilson, 2012).

Physical	Cognitive	Emotional	Sleep
Headache	Feeling mentally “foggy”	Irritability	Drowsiness
Nausea	Feeling slowed down	Sadness	Sleeping less than usual
Vomiting	Difficulty concentrating	More emotional	Trouble falling asleep
Balance problems	Difficulty remembering	Nervousness	
Dizziness	Forgetful of recent information		
Visual problems	or conversations		
Fatigue			
Sensitivity to light	Confused about recent events		
Sensitivity to noise	Answers questions slowly		
Numbness/Tingling	Repeats questions		
Dazed or stunned			

Fig. 3 Sintomi della concussion (tratto da An Update on the Diagnosis and Management of Concussion, *WMJ*, Almasi e Wilson)

1.4 *Biomarkers* e correlazione con patologie neurodegenerative

I principali marcatori di un evento concussivo sono la proteina tau e il neurofilamento leggero (NFL) (Ling et al., 2015).

Secondo il libro pubblicato da Kandel nel 2013 la proteina tau è normalmente presente nel SNC e contenuta negli assoni amielinici degli interneuroni ed una sua presenza all'interno degli spazi extracellulari è fortemente collegata a patologie come la malattia di Alzheimer e altre patologie neurodegenerative come la demenza frontotemporale. Il NFL si trova invece a livello degli assoni mielinizzati ed è legato a patologie assonali nella sostanza bianca. I livelli di questi *biomarkers* nel liquido cerebrospinale (LCS) raggiungono il picco dai 4 ai 10 giorni dopo l'evento lesivo e si normalizzano entro 8-12 settimane. Il marcatore più significativo di mTBI sembrerebbe essere il NFL, che è correlato al livello di esposizione dell'atleta a traumi a livello del SNC, mentre i livelli di proteina tau sono legati alla grandezza dell'area di lesione e all'*outcome* clinico (Ling et al., 2015).

In misura minore sono correlate alla commozione cerebrale anche altre molecole come S100-B e alcune proteine acide fibrillari della glia, che indicano il danno alla neuroglia; queste vengono prese in esame nella pubblicazione di Institute of Medicine (IOM) e National Research Council (NRC) del 2014.

È stato dimostrato da Gardner e Yaffe, oltre che da Ling et al. nel 2015 come l'insieme di questi meccanismi patologici portino ad un'aumentata incidenza di patologie neurodegenerative.

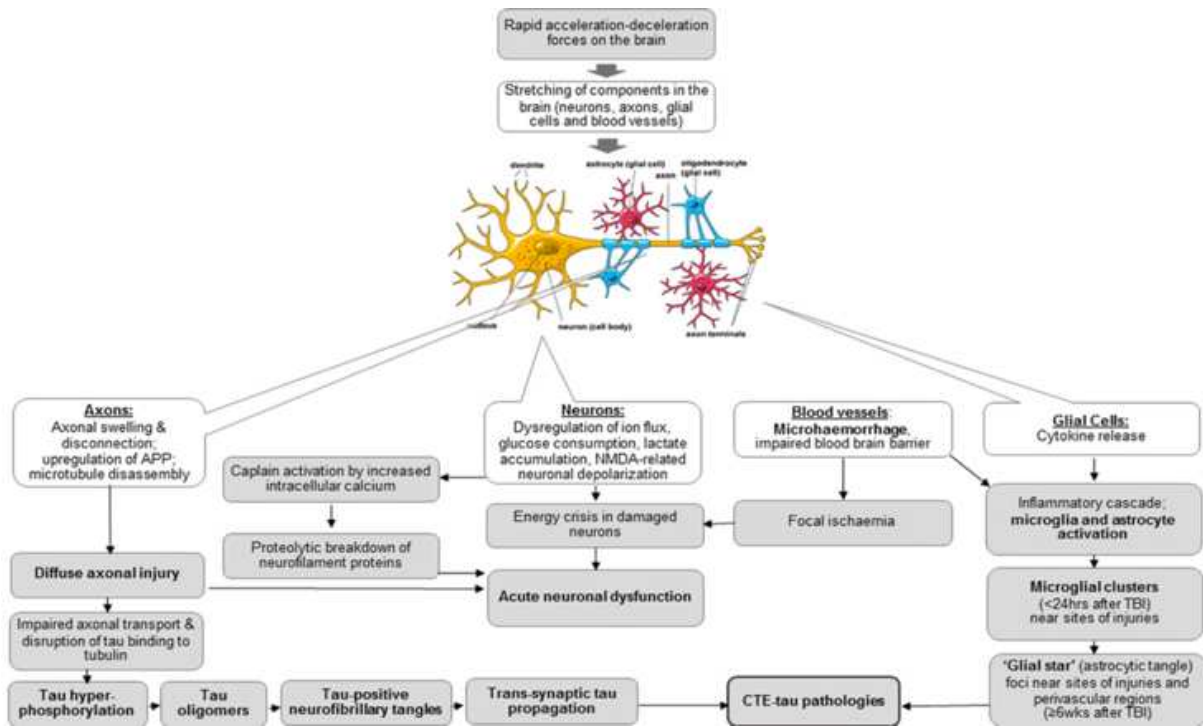


Fig. 4 Meccanismi patologici della commozione cerebrale (Neurological consequences of traumatic brain injuries in sports, *Mol Cell Neurosci*, Ling et al.).

1.5 Sindrome post-concussiva

La sindrome post-concussiva consiste nella persistenza della sintomatologia neurologica tipica di mTBI oltre i 3 mesi dopo l'evento lesivo, e si presenta nel 40-80% dei pazienti. È inoltre dimostrato da test neuropsicologici come, anche dopo la risoluzione dei sintomi, persista un impairment cognitivo.

La condizione di sindrome post-concussiva può, in caso di ripetute mTBI prima della completa risoluzione della sintomatologia, divenire una problematica cronica detta *chronic post-concussive syndrome* (CPCS), con sintomi neurologici persistenti che includono sia quelli tipici del trauma concussivo, sia altri sintomi come disfunzioni esecutive, irritabilità e depressione (Ling et al. 2015).

CAPITOLO 2: DIAGNOSI.

2.1 Valutazione *on-field*

Lo studio di Brown et al., pubblicato nel 2016, evidenzia che, dati gli importanti rischi in caso di *concussion* e la natura stessa della patologia, che a differenza di un infortunio all'apparato muscolo-scheletrico, non impedisce ai giocatori di continuare a giocare, è fondamentale una corretta e immediata valutazione della condizione dell'atleta già durante la partita per garantire la sicurezza del giocatore ed impedire eventi avversi.

Con questo tipo di infortunio si può verificare inoltre il fenomeno detto *under-reporting*, che consiste nella possibilità che il giocatore non riferisca allo staff tecnico e medico dell'avvenimento di un possibile evento concussivo da porre sotto valutazione. Perciò è fondamentale una corretta educazione sia per i giocatori, sia per lo staff tecnico e medico e gli spettatori, affinché ci sia la possibilità di identificare sospetti eventi concussivi.

Per una corretta identificazione a bordo campo è importante osservare, oltre ai traumi a livello del capo, altri segni che possono essere presentati dal giocatore, come un aspetto stordito, un'eventuale perdita di coscienza, convulsioni, perdita di coordinazione, confusione o scarsa consapevolezza degli eventi circostanti ed irritabilità. Anche alcune azioni del giocatore possono essere significative, ad esempio se rimane a terra o ritorna in piedi lentamente, oppure se tiene la testa con le mani.

È essenziale che il giocatore che ha subito una sospetta commozione cerebrale venga immediatamente rimosso dal campo di gioco perché sia valutato dal personale medico. La valutazione si basa sulla storia di eventi precedenti, su equilibrio e coordinazione e sui test delle funzioni cognitive, soprattutto con la sesta edizione del protocollo *Sport Concussion Assessment Tool*, o SCAT, che si fonda sulle domande di Maddock, ossia domande relative alla partita per valutare la memoria a breve termine, come "che squadra ha segnato per ultima?", e sullo *Standard Assessment of Concussion*, che contiene domande come ad esempio "che giorno è oggi?".

È imperativo che il giocatore che ha subito un sospetto mTBI non ritorni a giocare durante lo stesso giorno dell'evento; deve essere inoltre valutato da un neurologo per verificare le condizioni del sistema nervoso centrale e formulare un'eventuale diagnosi.

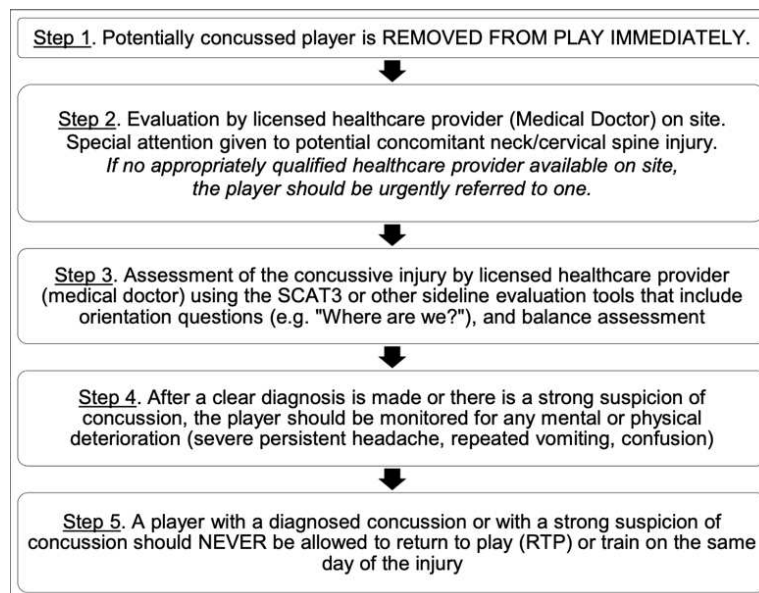


Fig. 5 Linee guida da seguire per il primo soccorso a bordo campo in caso di mTBI (tratto da On-field identification and management of concussion in amateur rugby union, *S Af J Sport Med*, Brown et al.).

2.2 Diagnosi medica e scale di valutazione

Secondo un articolo di Almasi e Wilson, pubblicato nel 2012, la diagnosi medica, effettuata dal neurologo, viene guidata dal protocollo SCAT che permette di standardizzare l'analisi medica.

La valutazione iniziale di un atleta che ha riportato una sospetta concussion può iniziare in un setting ambulatoriale o direttamente a bordo campo, se il personale medico correttamente addestrato è disponibile. Devono essere attentamente esaminati molteplici aspetti tramite un esame neurologico, che si concentra sulle capacità motorie e sullo status neurocognitivo del paziente, e un esame obiettivo del cranio e della colonna cervicale.

Sono anche necessari uno o più test atti a valutare le capacità cognitive: per questo compito la batteria di test più utilizzata è l'*Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing*, o ImPACT (sensibilità del 81,9%, specificità del 89,4%), analizzata nel dettaglio da Schatz et al. nel 2006. Essa, con vari esami, fornisce un *assessment* di vari aspetti delle funzioni neurocognitive e comprende sei test neuropsicologici che analizzano differenti funzioni cognitive tra cui attenzione, memoria, tempo di reazione e velocità di elaborazione degli stimoli. I risultati di questi test devono poi essere combinati con il risultato della scala di valutazione *Postconcussion Symptom Scale* (PCSS, sensibilità del 68,0%), che permette agli atleti di riportare i sintomi in una *checklist* da 21 sintomi e di assegnare a ciascuno un punteggio da 0 a 6 in base all'intensità del sintomo, con 0 e 6 che rispettivamente indicano l'assenza del sintomo ed un sintomo importante.

The ImPACT Neuropsychological Test Battery

Test name	Neurocognitive domain measured
Word Memory	Verbal recognition memory (learning and retention)
Design Memory	Spatial recognition memory (learning and retention)
X's and O's	Visual working memory and cognitive speed
Symbol Match	Memory and visual-motor speed
Color Match	Impulse inhibition and visual-motor speed
Three Letter Memory	Verbal working memory and cognitive speed
Symptom Scale	Rating of individual self-reported symptoms
Composite scores	Contributing scores
Verbal Memory	Word Memory (learning and delayed), Symbol Match memory score Three Letters Memory score
Visual Memory	Design Memory (learning and delayed) X's and O's percent correct
Reaction time	X's and O's (average counted correct reaction time), Symbol Match (average weighted reaction time for correct responses), Color Match (average reaction time for correct response)
Visual Motor Processing Speed	X's and O's (average correct distracters), Symbol Match (average correct responses) Three letters (number of correct numbers correctly counted)
Impulse Control	X's and O's (number of incorrect distracters) Color Match (number of errors)

Fig. 6 Batteria di test ImPact (tratto da Sensitivity and specificity of the ImPACT Test Battery for concussion in athletes, *Arch Clin Neuropsychol.*, Schatz et al)

Spesso la batteria di test ImPACT e il PCSS vengono utilizzati all'interno di un cluster diagnostico che comprende anche il *HeadMinder Concussion Resolution Index*, che ha una sensibilità del 78,6%, e ad una breve valutazione della funzione neurocognitiva (sensibilità del 43,5%). Questo cluster diagnostico complessivamente ha una sensibilità superiore al 90% (Broglia et al., 2007).

Altri test e scale di valutazione utili nella diagnosi e nel management clinico della commozione cerebrale, riportati da Reid et al. nel 2021, sono il *Postconcussion Symptom Inventory* (PCSI) oppure il *Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire* (RPSQ), utilizzati per il *self-report* della severità dei sintomi, la *Visual Analogue Scale*, utilizzata per misurare la severità di alcuni sintomi come ad esempio la cefalea, il *Dizziness Handicap Inventory* (DHI) e la *Vertigo Symptom Scale* (VSS), utilizzati per avere una misura della sensazione soggettiva di vertigine, e tutti i test valutativi dell'equilibrio e del passo: alcuni esempi utilizzati in letteratura sono il *Balance Error Scoring System* (BESS), l'analisi del centro di pressione, che permette di valutare gli spostamenti del centro di massa all'interno della base d'appoggio, oppure valutazioni effettuate con l'ausilio della realtà virtuale. In particolare, come indicato da Bell et al. nel 2013, il test BESS permette di valutare in maniera semplice ed economica l'equilibrio statico del paziente richiedendo solamente l'utilizzo di una superficie morbida instabile: al paziente viene richiesto di mantenere, per 20 secondi ciascuna, 3 posizioni, ossia una *stance* bipodolica, una monopodolica sull'arto inferiore non dominante e una in tandem, mantenendo le mani sui fianchi e gli occhi chiusi, dapprima su una superficie rigida e

successivamente anche utilizzando la superficie instabile. Il risultato del test viene definito in base al numero di errori che il paziente commette durante il mantenimento delle varie posizioni.

2.2.1 Elettroencefalogramma

Come affermato da Corbin-Berrigan et al. nel 2023, alcune tecniche di elettroencefalogramma (EEG) si sono dimostrate efficaci nel rilevare le variazioni nell'attività elettrica cerebrale a seguito di commozioni cerebrali, anche dopo che i deficit comportamentali si sono risolti. Le misurazioni EEG tendono solitamente a mostrare il picco delle differenze tra individui sani e pazienti affetti da mTBI intorno all'ottavo giorno dopo l'evento traumatico, anche se non si verifica un peggioramento dei sintomi dopo la fase acuta. Inoltre, in alcuni studi, l'EEG si è dimostrato un utile strumento per prevedere quando un atleta può tornare a praticare l'attività sportiva in modo sicuro.

Tramite l'elettroencefalogramma vengono osservate le frequenze con cui i neuroni comunicano tra di loro (alfa, beta, gamma, delta e theta), le quali sono associate con specifiche funzioni cerebrali, per valutare eventuali alterazioni. In alcuni studi è stato dimostrato come queste frequenze siano ridotte in individui affetti da mTBI, in particolare in relazione ad uno stimolo: nella *review* di Corbin-Berrigan et al. vengono presi in esame degli studi dove l'EEG viene effettuato durante l'esecuzione di alcuni test diagnostici, come l'ImPACT, durante il quale, nonostante la performance fosse equivalente ai soggetti sani del gruppo di controllo, nei soggetti con concussion si evidenzia una ridotta lunghezza d'onda delle frequenze alfa, beta e theta. Simili alterazioni si hanno anche nei compiti motori come il mantenimento della stazione eretta, con una riduzione della lunghezza d'onda principalmente a carico delle frequenze alfa.

Il parametro di maggior importanza nella diagnosi della commozione cerebrale tuttavia è P300, una componente coinvolta nei processi di *decision-making*: esso è infatti sempre alterato nei pazienti affetti, con una riduzione della lunghezza d'onda che è inversamente proporzionale all'entità della sintomatologia.

L'EEG è tuttavia scarsamente impiegato nella diagnosi e nella gestione clinica dei pazienti affetti da mTBI, dal momento che in letteratura c'è scarsa concordanza sul parametro da utilizzare come *gold standard* per avere indicazioni sull'*outcome* clinico. Inoltre l'efficacia di questa tecnica diagnostica all'interno dell'ambito sportivo può essere differente dal setting attualmente utilizzato per gli studi, che vengono eseguiti in laboratorio per limitare gli artefatti. Di conseguenza sono da valutare la praticità e la replicabilità delle tecniche di elettroencefalogramma all'interno di un setting differente, come ad esempio un campo da gioco o una clinica di medicina sportiva.

CAPITOLO 3: PREVENZIONE PRIMARIA, SECONDARIA E TERZIARIA.

3.1 Educazione

Nello studio di Brown et al., del 2018, viene messo in evidenza che, sulla base dei più recenti studi svolti sulla prevenzione degli infortuni negli sport di contatto e sulle evidenze provenienti dai Paesi dove il rugby a 15 è più diffuso, come Sudafrica e Nuova Zelanda, la prevenzione della *concussion* si basa soprattutto sull'educazione dello staff tecnico e del personale medico, ossia le figure alle quali i giocatori si rivolgono per ottenere informazioni utili sulla prevenzione e gestione degli infortuni.

In particolare, nelle nazioni sopra citate, sono stati ideati due programmi di educazione rivolti agli allenatori, rispettivamente il programma BokSmart del 2009 e il RugbySmart del 2001, i quali hanno dimostrato ottimi risultati nella riduzione del numero di eventi concussivi gravi (nel 2014 un report neozelandese riferisce una diminuzione del 15% nell'incidenza di lesioni di gravità media o elevata). Tuttavia, come riportato da Fraas e Burchiel nel 2016, dall'implementazione di questi programmi, il numero totale di commozioni cerebrali diagnosticate nei giocatori di rugby neozelandesi e sudafricani è aumentato notevolmente: questo è dovuto ad una maggiore consapevolezza dei rischi della patologia da parte degli atleti. La migliorata *awareness* deriva dall'educazione che i giocatori ricevono dallo staff, e contribuisce a diminuire il fenomeno di *under-reporting*.

Oltre ad una migliore educazione riguardo alla gestione dell'infortunio, le misure adottate in questi Paesi vengono utilizzate anche per sensibilizzare i tecnici, e di conseguenza gli atleti, sull'importanza della prevenzione. Questo avviene grazie ad una maggiore attenzione alla tecnica individuale nelle fasi del gioco che prevedono il contatto, come il placcaggio o la mischia. Grazie a questi accorgimenti è stato dimostrato un aumento della sicurezza durante la partita, oltre a un miglioramento della performance individuale dei giocatori.

3.2 Attrezzatura protettiva

Enniss et al. nel 2018 hanno indagato l'efficacia dell'attrezzatura protettiva comunemente utilizzata nel rugby, come caschetti da 10mm e 16mm, senza riscontrare particolari differenze nell'incidenza nei soggetti che adottano l'uso di questo tipo di protezioni rispetto ai giocatori che invece non le utilizzano.

Recentemente sta venendo valutata l'implementazione, negli sport di contatto, di paradenti contenenti microchip, o iMG (*instrumented mouthguard*), con la specifica funzione di valutare l'intensità delle forze trasmesse al cranio dei giocatori che li indossano. Ad esempio, nello studio di Tooby ed al., pubblicato nel 2022, vengono associati i dati ottenuti da un iMG ad una video-analisi qualitativa degli

eventi che imprimono accelerazioni al cranio (*Head Acceleration Event*, HAE); tramite iMG vengono valutati tre parametri, ossia le massime accelerazioni angolari (PAA) e lineari (PLA), con una soglia minima per il rilevamento di 5g, e il massimo cambiamento nella velocità angolare (Δ PAV). In questo contesto viene evidenziato come la maggior parte (98,2% degli eventi) degli HAE avvenga durante la fase del placcaggio, ed in particolare in conseguenza al primo contatto (60,2%) oppure a causa di impatti diretti a livello del capo (93,2%). All'incirca un quarto degli *Head Acceleration Events* risultano essere di natura indiretta, tuttavia questi tendono a generare Δ PAV maggiori rispetto agli eventi diretti: di conseguenza, e anche dato che è stato dimostrato che la velocità angolare ha una forte correlazione con la deformazione del SNC durante l'impatto, i risultati su questo tipo di HAE si dimostrano di fondamentale importanza per dimostrare la necessità di tenere presente il carico inerziale a livello cranico durante le collisioni per effettuare una corretta valutazione riguardo l'esposizione ad HAE.

Nello studio di Tooby et al. non vengono riscontrate differenze significative per quanto riguarda l'intensità delle accelerazioni a cui sono sottoposti rispettivamente il giocatore che effettua il placcaggio e quello che lo subisce. Non viene invece effettuato un confronto tra i due atleti coinvolti nel gesto né per quanto riguarda l'incidenza di eventi accelerativi, né in base alla posizione in campo, a causa della ridotta grandezza del campione e del bias che vede inclusi nel campione giocatori di ruoli diversi in proporzioni significativamente diverse.

Il recente approccio che vede l'utilizzo di tecnologie apposite per valutare gli urti subiti dagli atleti durante gli incontri si sta rivelando molto promettente, tuttavia esso è efficace soltanto per l'individuazione tempestiva di potenziali eventi lesivi, e non per la loro prevenzione primaria. Inoltre, dal momento che esso è un ambito di ricerca piuttosto recente, sono carenti studi di alta qualità a riguardo in letteratura. Per questo un proposito per la futura ricerca potrebbe essere effettuare nuovi studi con campioni più ampi ed eterogenei, sia a livelli di gioco elitari, sia nel rugby dilettantistico, per poter implementare questi strumenti in maniera più efficace e sicura possibile.

3.3 Rinforzo muscolare

Secondo lo studio di Enniss et al. del 2018, esiste una forte correlazione tra pregresse concussion e, rispetto al soggetto sano:

- ridotta circonferenza del collo
- ridotto rapporto tra la circonferenza del collo e la circonferenza del capo
- ridotta forza del collo.

Questo sembrerebbe indicare l'utilità di esercizi di rinforzo della muscolatura del collo come metodo di prevenzione primaria e terziaria della *concussion*. Alcuni degli studi più recenti, come quello di

Daly et al. del 2021 suggeriscono che il semplice rinforzo muscolare non è sufficiente per ottenere un aumento della stabilità della colonna cervicale, dal momento che non permette di modificare in maniera significativa la propriocezione ed il controllo motorio di questo segmento corporeo.

Nella *scoping review* di Garnett, Patricios e Cobbing, pubblicata nel 2021, viene confermato quanto riscontrato da Daly et al., ossia che il rinforzo muscolare come unico strumento preventivo non è sufficiente per ridurre il rischio di concussion, ma che anzi gli atleti con parametri di forza della muscolatura cervicale più alti tendono ad avere più impatti ad alto rischio: probabilmente questo fenomeno è dovuto ad una differente percezione del rischio da parte degli atleti con la muscolatura più forte, che quindi adattano la loro performance e le loro azioni ad un livello di rischio maggiore, da loro ritenuto accettabile. Lo stesso studio dimostra anche che maggiori circonferenza del collo e rapporto tra circonferenza del collo e del capo non influiscono sul rischio di impatti pericolosi, probabilmente per la ragione sopra specificata; tuttavia viene evidenziato come questi parametri, qualora fossero al di sotto della media, rappresentino un fattore di rischio per l'infortunio.

Due aree di intervento che risultano efficaci nella prevenzione sono la *stiffness* cervicale e l'applicazione di programmi di attivazione pre-attività. La prima si riferisce alla capacità, da parte dei tessuti muscolari e delle strutture osteo-ligamentose, di resistere al *displacement*; la seconda invece, analizzata in due studi (Hislop et al., 2017 e Atwood et al., 2018) riportati da Garnett, Patricios e Cobbing, consiste in un programma da effettuare prima di partecipare alle sedute di allenamento e alle partite. Nonostante alcuni limiti degli studi, come ad esempio il mancato utilizzo di misure adeguate per valutare le performance fisiche degli atleti all'inizio degli studi, viene dimostrata l'efficacia di quest'ultimo nel ridurre significativamente il rischio di concussion negli atleti presi in esame; non viene inoltre fornita la posologia dei programmi di attivazione utilizzati. Di conseguenza gli obiettivi per le ricerche future sono la formulazione di una posologia chiara, oltre che un'adeguata descrizione delle capacità fisiche degli atleti sottoposti all'intervento al fine di permettere un test-retest oggettivo e affidabile.

Study	Year*	Duration and location	Sport	Intervention	Population	Aims	Methods	Outcome	Results
Attwood et al. [48]	2015/2016	Seven 6-week phases (294 days) in the UK	Rugby Union	Proprioceptive, strengthening and mobility exercises with progressive structure targeting the lower limb, shoulder, head, and neck.	81 community rugby clubs (25.5 ± 5.6 years, 1.86 ± 0.073 m, 94.4 ± 13.9 kg).	To investigate the efficacy of a rugby-specific movement control program to reduce injury risk in adult men's community rugby union players.	First team match exposure, exercise program compliance and match injuries were reported on a weekly basis using standardized forms. Injury burden (number of days absence per 1000 player match-hours) and 90% CIs were estimated vis-à-vis for primary and secondary outcome measures. Injury incidence was estimated as the number of injuries per 1000 player match-hours.	A likely beneficial difference in targeted injury incidence (rate ratio (RR), 90% CI = 0.6, 0.4 to 1.0) with a 40% reduction in lower limb injury incidence (RR, 90% CI = 0.6, 0.4 to 1.0) and a 60% reduction in concussion incidence (RR, 90% CI = 0.4, 0.2 to 0.7). Clubs with highest compliance demonstrated very likely beneficial 60% reductions in targeted injury incidence (RR, 90% CI = 0.4, 0.2 to 0.8) and targeted injury burden (RR, 90% CI = 0.4, 0.2 to 0.7).	No clear effects on overall injury outcomes however, the intervention group had a significant reduction in the incidence of lower limb injury and concussion. Reductions were greater in clubs who performed the exercises more than those that did not.
Becker et al. [49]	Year of data collection not stated	Six weeks duration including pre- and post-intervention testing phases in Germany	Male soccer	Two training intervention groups and one control group. The training intervention included three resistance neck exercises for 6 weeks (2x/week). Rubber band strength was increased after every 4 sessions.	Thirty-three active male soccer players (20.3 ± 3.6 years, 1.81 ± 0.07 m, 75.5 ± 8.3 kg).	To analyze the effect of a 6-week strength training for the neck flexors and extensors on the acceleration of the head during standing, jumping, and running headers in soccer on a stationary pendulum header	Isometric maximum voluntary contraction (IMVC) measured by a telemetric Noraxon DTS force sensor accelerometer (Noraxon, Scottsdale, USA; size: 22 × 16 × 7 mm; weight: 2.8 g; frequency: 1500 Hz; filter: lowpass 500 Hz) fixed in the occipital area of the head. Participants were exposed to two rounds of testing, each round consisting of pre-fatigue test and a post fatigue test. Fatigue was achieved by the Bourban test. The two pre-fatigue tests (standing, jumping, and running header) and the two post-fatigue tests (post-jumping and post-running header) were compared	There was no significant change of the IMVC over time between the groups ($F = 2.265, p = .121$). Head acceleration was not reduced significantly for standing (IG1 0.4 ± 2.0, IG2 0.1 ± 1.4, CG -0.4 ± 1.2; $F = 0.796, p = 0.460$), jumping (IG1 -0.7 ± 1.4, IG2 -0.2 ± 0.9, CG 0.1 ± 1.2; $F = 1.272, p = 0.295$) and running (IG1 -1.0 ± 1.9, IG2 -0.2 ± 1.4, CG -0.1 ± 1.6; $F = 1.050, p = 0.362$) headers as well as after fatigue of the trunk musculature for post-jumping and post-running headers over time between IG1, IG2, and CG	The presumed preventive benefit of this 6-week strength training of the neck flexors and neck extensors could not be confirmed statistically. The authors recommend a training period of at least 8 weeks.
Caccese et al. [50]	Year of data collection not stated	A single round of testing included 1000 simulations of standing headers in experimental test conditions in North America	Boys' and girls' soccer	Participants performed a series of 12 standing headers to a target located approx. 2 m in front of them using soccer balls projected (initial velocity = 11.2 m/s at 40° over approximately 12 m) using a machine (JUGS, Tualatin, OR, USA)	One hundred soccer players: 42 males, 58 females, 17.1 ± 3.5 years, 168.5 ± 20.3 cm, 61.5 ± 13.7 kg, and 13.3 ± 3.0 years of soccer participation	To determine the relationships between head and neck size, neck strength and heading technique on head acceleration magnitudes in youth, high school, and collegiate male and female athletes during purposeful soccer heading	Participant height, weight, and head and neck anthropometrics were measured. Isometric strength measurements of the sternocleidomastoid and upper trapezius muscles using a hand-held dynamometer. EMG activity of Sternocleidomastoid and upper trapezius measured using the Trigno™ Wireless System (Delsys Inc., Natick, MA, USA). Heading kinematics were determined using an 8-camera motion capture system (Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA, USA). Head accelerations were also recorded.	Head mass significantly predicted peak rotational acceleration ($\beta = -0.404, p = 0.034$). The sternocleidomastoid strength significantly predicted peak linear and rotational acceleration (linear $\beta = -1.544, p = 0.012$; rotational $\beta = -0.117, p = 0.018$). Technique-related predictors did not significantly predict peak linear acceleration ($R^2 = 0.066, F(6,87) = 1.029, p = 0.412, f_2 = 0.07$) or peak rotational acceleration ($R^2 = 0.047, F(6,87) = 0.730, p = 0.627, f_2 = 0.05$)	Greater head and neck size predicted lower peak linear and rotational accelerations. A soccer player with smaller head mass, neck girth, and neck strength may sustain greater head acceleration. The authors recommend that anthropometric and neck strength measures should be considered when determining readiness to begin soccer heading
Collins et al. [27]	2010–2011	One academic year in North America	Boys' and girls' soccer, basketball, and lacrosse	Baseline testing of strength and physical measurements taken at preseason and correlated with reported concussion incidence and athletic exposure data	Fifty-one high schools in twenty-five states participated. 6704 high school athletes in boys' and girls' soccer, basketball, and lacrosse	To develop and validate a cost-effective tool to measure neck strength. To determine if this tool is applicable by athletic trainers, and to determine if anthropometric measurements can predict concussion risk	A hand-held dynamometer, a hand-held tension scale, Velcro closure head band with D-rings, and a cloth measurement tape to measure head and neck circumference, neck length, and four measurements of neck strength for all athletes participating in school-sports	Neck strength, sex, and sport were significant predictors of concussions. After adjusting for sex and sport, overall neck strength remained a significant predictor of concussion. For every one-pound increase in neck strength, odds of concussion decreased by 5%	Smaller mean neck circumference, smaller mean neck to head circumference ratio, and weaker mean overall neck strength were significantly associated with concussion
Eckersley et al. [51]	Year of data collection not stated	A single round of testing included 192 simulations spanning the experimental test conditions in North America	Non-human simulations of impacts to the head during possible participation in baseball and American Football	Kinematic data of neck models were recorded for impacts to 8 different locations on the head in four different scenarios in six different neck conditions	Impacts using models from Duke University (DUHNM) and the National Crash Analysis Center (NCAC) at George Washington University	To investigate the role of cervical muscle strength in blunt impact head kinematics and the biofidelity of common experimental neck conditions	Four impact scenarios were created. The first scenario simulated a baseball impacting a bare head. The second and third scenarios simulated helmet to helmet collisions with shorter and longer durations respectively. The fourth scenario modeled a lesser helmet to helmet impact force	Kinematic differences from impact location and strength can be ten times greater than cervical muscle activation forces. Relaxed neck conditions showed lowest peak resultant angular acceleration values for 65% of impacts. Extensor neck conditions showed highest peak resultant angular acceleration	Results suggest that increased cervical muscle force does not influence short term (< 50 ms) head kinematics. Impact location and magnitude influence head kinematics more than cervical muscle state

Eckner et al. [52]	Year of data collection not stated	A single round of testing with three trials in each head position under both muscle activation conditions in North America	Soccer, ice hockey, American Football, martial artists, wrestling and lacrosse	Maximum isometric neck strength was measured using a loading apparatus which applied impulsive test forces to athletes' heads during baseline and anticipatory cervical muscle activation conditions	Forty-six athletes (24 males; 22 females); age range 8–30 years; 14 males and 12 females in high school or younger, 10 males and females each from college or older. All from a broad range of competitive levels	To determine the influence of neck strength and muscle activation status on resultant head kinematics following impulsive loading	Wrestling headgear was attached to an adjustable cable with an in-line force transducer cable. Head kinematics were measured using an Optotrak motion capture system for peak force values in head flexion, extension, right lateral flexion, or left axial rotation. Demographic and anthropomorphic measurements were taken. Sonographic cross-sectional area of the right sternocleidomastoid muscle was collected	Significant effects for neck strength and cervical muscle activation status across all directions of motion. All neck strength and cervical muscle activation effects remained significant when adjusting for age and sex. Neck circumference and sternocleidomastoid cross-sectional area both had significant effects across all directions of motion, which remained significant when adjusting for age and sex	Greater neck strength attenuates the head's dynamic response to external forces in all planes of head motion and across the age spectrum in athletes of both sexes
Hislop et al. [53]	2015	One playing season from August to December 2015 in the UK	Rugby Union	Balance training, whole-body resistance training, plyometric training, and controlled rehearsal of landing and cutting maneuvers	Three thousand one hundred eighty-eight rugby players aged 14–18 years. Twenty schools in each of the intervention and control groups	To determine the efficacy of an exercise program in reducing injuries in youth rugby players and to investigate the effect of program dose on injury measures	Pre-activity exercises for each the intervention and control groups had four phases with increasing difficulty. Coaches recorded training exposure, match exposure, program compliance, and the return-to-play date. School medical staff recorded the injury location and diagnosis	Overall match injury incidence (injuries/1000 player-hours) and burden (days lost/1000 player-hours) rates acted as dependent variables, with further stratification by injury location and event.	Intention-to-treat analyses revealed that the intervention program substantially reduced upper limb injury burden and concussion incidence compared with the control program.
Lisman et al. [54]	Year of data collection not stated	8 weeks duration in North America	American Football	Isometric cervical resistance-training program of three sets of 10 repetitions of neck extension, flexion, and right and left lateral flexion at 60–80% of 10 repetition maximum (RM), 2–3x/week	Sixteen male participants (age 21.6 ± 2.8 years)	To examine the effects of an 8-week isometric cervical resistance program on the electromyographic (EMG) activity of the sternocleidomastoid (SCM) and upper trapezius (UT) as well as the kinematics of the head and neck in response to a American Football tackle	Isometric cervical strength, neck girth, and both the EMG and kinematic responses of the head and neck during tackling were measured before and after training. Kinematic data were gathered using a ViconNexus® 3D motion capturing system.	Strength measurements in extension and left lateral flexion were statistically significant (73.64–78.81 kg, $p = 0.004$; 25.49–27.92 kg, $p = 0.033$). No significant difference was noted for neck girth. No significant effects for peak linear or angular head acceleration, head-cervical segment angular displacement, or time to peak angular acceleration. No influence on the EMG or kinematic responses	This 8-week cervical resistance training program had no effect on the EMG activity of the neck musculature and kinematics of the head and neck in response to a American Football tackle
Mansell et al. [55]	2005	Eight weeks duration in North America	Soccer	Pre-test and post-test study with a control group and intervention group who performed resistance exercises	Thirty-six Division I collegiate soccer players (17 men, 19 women)	To determine the effect of an 8-week resistance training program on head-neck segment dynamic stabilization	8-week cervical resistance training program of 3 sets of 10 repetitions at 55% to 70% of a 10-repetition maximum 2x/week. Participants in the control group performed no cervical resistance exercises	Head-neck segment kinematics and stiffness. Electromyographic activity of the upper trapezius and sternocleidomastoid muscles during force application to the head, and isometric neck strength.	Increases in isometric strength and girth were found in the intervention group. Training did not enhance the head-neck segment dynamic stabilization.
Mihalik et al. [33]	2011	One playing season duration in North America	Ice hockey	Instrumented helmets collected head impact biomechanics.	Thirty-seven volunteer ice hockey players	To determine the effect of cervical muscle strength on head impact biomechanics	Preseason cervical muscle strength was measured using isometric "break tests" with a hand-held dynamometer	Dependent variables included linear and rotational head accelerations.	Players with greater static neck strength did not experience lower resultant head accelerations
Schmidt et al. [30]	2014	One off testing procedure in preseason and players followed for a season in North America	American Football	Baseline testing with surveillance of head impact biomechanics	Forty-nine high school and collegiate American Football players (34 high school, 15 collegiate), free of prior head/neck injuries or pain	To determine whether American Football players with stronger, larger, and stiffer cervical muscle characteristics at preseason had reduced odds of sustaining higher magnitude head impacts	Preseason testing: isometric strength using the HUMAC NORM system. EMG during cervical perturbation was captured. Ultrasonic cross-sectional area was obtained from images using a 7-MHz linear array transducer. Head impact biomechanics captured using the Head Impact Telemetry System	Players had equal odds for moderate and severe head impacts regardless of cervical muscle strength. Players with larger Sternocleidomastoid, Semispinalis capitis, and composite muscle areas had increased odds, players with stiffer necks during anticipated forced extension and composite stiffness had reduced odds.	The findings did not show that players with stronger and larger neck muscles mitigate head impact severity. Greater cervical stiffness and less angular displacement after perturbation reduced the odds of sustaining higher magnitude head impacts.

Fig. 7 Studi analizzati nell'articolo di Garnett, Patricios e Cobbing (tratto da Physical Conditioning Strategies for the Prevention of Concussion in Sport: a Scoping Review, *Sports Med – Open*, Garnett et al.)

CAPITOLO 4: RIABILITAZIONE.

Lo scopo di questo studio è condurre un'analisi della letteratura al fine di confrontare diverse modalità di trattamento per i rugbisti a 15 che hanno subito commozione cerebrale.

4.1 Materiali e metodi

È stata effettuata una ricerca utilizzando le principali banche dati bibliografiche disponibili online, tra le quali PubMed, PEDro, Cochrane Library e Google Scholar. Le parole chiave utilizzate sono state: “*concussion*”, “*rugby union*”, “*physiopathology*”, “*diagnosis*”, “*prevention*”, “*dementia*”, “*systematic review*”.

4.2 Criteri di inclusione ed esclusione

Successivamente la scelta degli studi è avvenuta tramite alcuni criteri d'inclusione ed esclusione.

I criteri di inclusione sono:

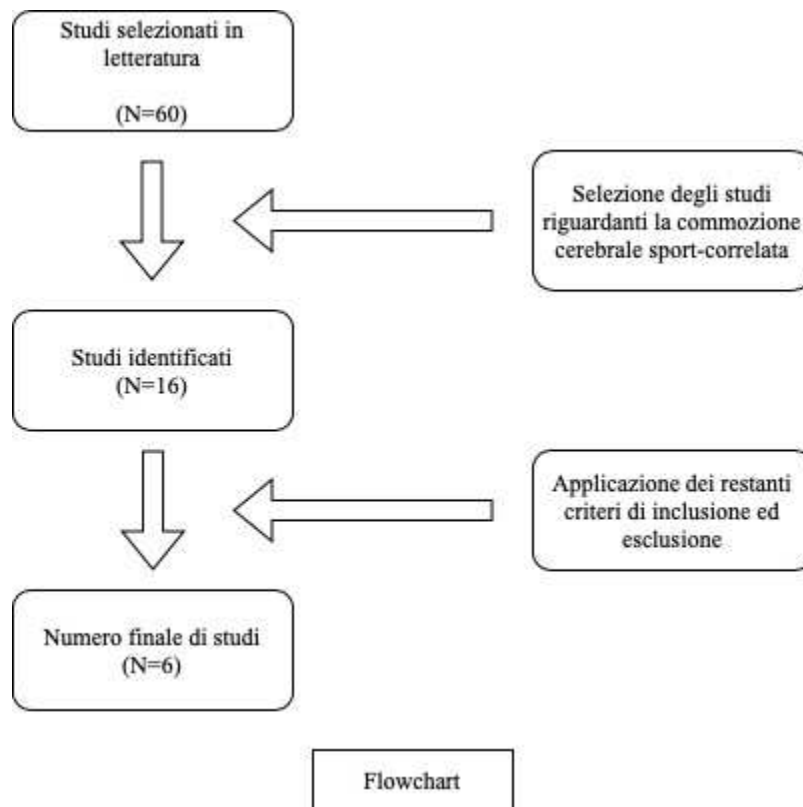
- gli studi selezionati devono parlare di riabilitazione della *concussion sport-correlata*
- devono essere selezionati studi più recenti del 2016
- devono essere selezionati solo studi randomizzati controllati e revisioni sistematiche
- gli studi devono trattare solo la *concussion* e non altre forme di TBI.

I criteri di esclusione invece consistono in:

- studi riguardanti altri tipi di TBI o *concussion non correlata a sport*
- studi di basso livello come *case-report* o opinioni di esperti
- studi antecedenti al 2016.

4.3 Risultati e discussione

I risultati iniziali della ricerca sulla riabilitazione della mTBI hanno portato all'individuazione di circa 60 studi. Dopo una prima applicazione del primo criterio di esclusione, per il quale gli articoli devono trattare la *concussion sport-correlata*, ne sono stati scartati 44; successivamente l'applicazione dei restanti criteri di inclusione ed esclusione ha consentito di identificare un numero finale di 6 studi.



4.3.1 Aerobic Exercise for Sport-related Concussion: a Systematic Review and Meta-analysis

Nello studio di Langevin et al., pubblicato nel 2020, vengono analizzate le evidenze risultanti da 7 studi randomizzati controllati. Tutti gli studi propongono un programma di riabilitazione basato su esercizi di tipo aerobico, somministrato a popolazioni di adolescenti canadesi o statunitensi. Quattro studi vengono svolti durante la fase acuta di mTBI, mentre altri 3 nella fase sub-acuta o con sintomatologia persistente.

I programmi di esercizi che vengono somministrati variano in durata dai 10 ai 30 minuti, una volta al giorno, e vengono eseguiti a casa o in ambulatori fisioterapici.

Negli studi vengono utilizzati due strumenti per misurare l'intensità dei sintomi, ossia la *Postconcussion Symptom Scale*, sia nella versione a 22 items sia in quella a 19, e l'inventario dei sintomi post-commozione cerebrale. La meta-analisi dei dati forniti da questi strumenti permette di evidenziare che c'è una bassa evidenza sull'efficacia dell'esercizio aerobico *sub-threshold*, ossia sotto la soglia di esacerbazione della sintomatologia, rispetto alle misure di controllo, che consistono nell'effettuare stretching, nel riposo, nell'agire come prima dell'evento e nel follow-up senza esercizi aerobici. Tuttavia, prendendo in considerazione soltanto gli studi che includono pazienti con *concussion* in fase acuta, l'analisi di questi stessi dati indica che il programma di esercizio aerobico *sub-threshold* risulta lievemente più

efficace nel ridurre la gravità dei sintomi rispetto alle misure standard di controllo. In particolare, in due studi risulta come il gruppo di pazienti a cui è affidato l'esercizio aerobico abbia una riduzione dei sintomi statisticamente significativa al termine delle sedute fisioterapiche.

Anche per quanto riguarda il tempo di recupero necessario per la risoluzione dei sintomi l'esercizio aerobico sembra dare risultati migliori del gruppo di controllo, con un tempo mediano di recupero inferiore di 4 giorni (13 giorni per il gruppo di esercizio, 17 per il gruppo di controllo). È inoltre più alta l'incidenza di partecipanti con recupero ritardato, ossia oltre i 30 giorni, nel gruppo di controllo, con una percentuale di 13,5% contro il 3,8% del gruppo di esercizio aerobico.

L'attività aerobica sotto la soglia dei sintomi è quindi sempre consigliata, fino a un livello di intensità moderato, dopo le prime 48 ore successive all'evento, che in genere vengono occupate per il periodo di riposo consigliato.

RCT (n—Phase SRC)	Exercise Intensity (30)	AE
Maerliender et al. (35) (n = 28—acute SRC)	Light to moderate intensity (0 to 6 on a 10-point scale)	AE: participants who reported having performed vigorous exertion were slower to recover (increased recovery time). Small effect size and statistically significant
Thomas et al. (34) (n = 99—acute SRC)	Intensity not reported.* Varied between light to high intensity but no specific intensity prescription.	AE not reported
Kurowski et al. (38) (n = 30—persistent symptoms after SRC)	Moderate to vigorous intensity (11 to 16 on Borg scale)	AE: only one participant had worsening of symptoms (comparison group)
Chan et al. (39) (n = 19—persistent symptoms after SRC)	Moderate intensity (60% of maximal capacity)	AE: 6 mild AE per group
Micay et al. (40) (n = 16—acute SRC)	Moderate intensity (50% to 70% of age-predicted maximal heart rate)	AE not reported
Bailey et al. (37) (n = 16—persistent symptoms after SRC)	Intensity not reported* (80% of heart rate of symptoms exacerbation threshold).	AE not reported
Leddy et al. (36) (n = 113—Acute SRC)	Intensity not reported** (80% of heart rate of symptom exacerbation threshold). *Light to high intensity as long as 80% of heart rate of symptoms exacerbation threshold is respected **Light to high intensity as long as 80% of heart rate of symptoms exacerbation threshold is respected	AE: incidence of participants with delayed symptom recovery (>30 d) was higher in control group n = 7 (median, 58 d; range, 36–62 d) vs n = 2 (median, 50 d; range, 46–54 d). Difference between groups was not statistically significant P = 0.08

Fig. 8 Intensità dell'esercizio ed eventi avversi (AE) (tratto da *Aerobic Exercise for Sport-related Concussion: A Systematic Review and Meta-analysis*, *Med Sci Sport Exerc*, Langevin et al.)

4.3.2 Mode and Intensity of Physical Activity During the Postacute Phase of Sport-Related Concussion: A Systematic Review

L'articolo di Baker et al., pubblicato nel 2020, individua 6 studi di tipo randomizzato controllato o studi di coorte, effettuati su una popolazione di sportivi di età inferiore ai 25 anni, con l'obiettivo di indagare quale sia la migliore modalità di somministrazione di esercizio fisico nella fase postacuta della commozione cerebrale.

Nei criteri di inclusione viene specificato che ogni studio deve fornire l'esatto programma di

esercizi fornito ai pazienti (in figura 9).

Study	EL/MR	Subjects	Time to exercise initiation postconcussion	Intervention	Results
Grool et al ²⁶	EL = III MR = 4	2413 subjects (age range 5–18)	Participants presented to the ED within 48 h of injury and initiated exercise within 7 d of injury	Subcategories were created to classify activity levels: — No activity — Light exercise (walking, cycling, and swimming) — Moderate exercise (running drills in soccer and skating drills in hockey) — Full exercise (full contact practice or RTS)	ROPPCS = risk of PPCS at 28 d - ROPPCS 31.4% of all light activity compared with 43.5% of no activity - ROPPCS 24.4% of all moderate exercise compared with 43.5% of no activity - ROPPCS 14.5% of all full exercise compared with 43.5% of no activity
Lawrence et al ²⁷	EL = III MR = 3	253 subjects following concussion (age range 15–20)	38% of subjects initiated exercise within 6 d postinjury	Standardized stationary bike protocol: 15 min maintaining 100–120 bpm, followed by 30 min at 100–120 bpm, followed by 30 min at 140 bpm, followed by intervals of 1-min maximal sprint every 5 min for a total of 30 min.	- Shorter time to initiation of AE post-concussion was associated with faster full return to sport and school/work.
Leddy et al ²¹ Prelim	EL = III MR = 6	54 male adolescents (age range 13–18); 24 in exercise group, and 30 in control group	4.75 d (± 2.5) for exercise group	Subthreshold AE prescription was calculated as 80% of achieved HR at symptom exacerbation during BCTT. Subjects were instructed to perform a 5-min warm-up, 20 min of exercise on treadmill or stationary bike at prescribed HR, followed by a 5- to 10-min cooldown.	- Faster recovery time for exercise group (8.29 ± 3.85 d) compared with the rest group (23.93 ± 41.73 d) - At day 14, exercise group had significantly fewer symptomatic subjects than the rest group. - No subjects in exercise group had delayed recovery, whereas 4 rest group subjects did (113.25 ± 73.6 d).
Leddy et al ²⁴	EL = II MR = 7	103 subjects (age range 13–18); 52 in intervention group and 51 in stretching group	Intervention group: 4.9 d (2.2) and stretching group: 4.8 d (2.4)	Subthreshold AE prescription was calculated as 80% of achieved HR at symptom exacerbation during BCTT. Subjects were instructed to perform a 5-min warm-up, 20 min of exercise on treadmill or stationary bike at prescribed HR, followed by a 5- to 10-min cooldown. Subjects were instructed to cease exercise if symptoms increased by 2 or more points. New target HRs were determined weekly.	- AE subjects recovered in a median of 13 d, compared with stretching participants in 17 d. - Incidence of subjects with delayed recovery was higher in stretching group (n = 7) compared with exercise group (n = 2). - Total symptom score appeared to decrease more rapidly in exercise group.
Maerlender et al ²²	EL = II MR = 4	28 collegiate athletes following concussion; 13 in intervention group and 15 in control group	Median of 2 d postconcussion	Stationary bicycle at an RPE of mild to moderate (0–6 on 10-point scale). 20 min of daily cycling, unless symptoms were exacerbated, until clinical recovery point.	- 1.8 symptom increase per ride in the light ride category - 0.55 symptom increase per ride in the moderate ride category - 7.0 symptom increase per ride in the strenuous ride category
Micay et al ²³	EL = II MR = 4	15 subjects following concussion; 8 in exercise group and 7 in control group	6 d postconcussion	Usual care: 6-stage progression of activity with assessments at weeks 1, 2, 3, and 4. Exercise group: 8 sessions of stationary cycle ergometer with HR monitor. 10 min for session 1 and 20 min for the remaining sessions. 50% HR _{max} in first session, with a 5% increase every session until 70% for the final 3 sessions.	- AE was not associated with symptom exacerbation at any point - No significant difference between group for mean time to medical clearance. - Significant association between time to clearance and initial symptom severity - Exercise group had more pronounced symptom resolution compared with usual care group.

Abbreviations: AE, aerobic exercise; BCTT, Buffalo Concussion Treadmill Test; bpm, beats per minute; ED, emergency department; EL, evidence level; HR, heart rate; HR_{max}, maximal HR; MR, methodological rigor; PPCS, persistent postconcussive symptoms; ROPPCS = risk of persistent postconcussive symptoms; RTS = return to sport.

Fig. 9 Riassunto dei 6 studi descritti nell'articolo (tratto da Mode and Intensity of Physical Activity During the Postacute Phase of Sport-Related Concussion: A Systematic Review, *J Sport Rehabil*, Baker et al.)

Dall'analisi degli studi emerge che, dopo un periodo iniziale di 24-48 ore di riposo fisico e cognitivo, la somministrazione di esercizio fisico sotto la soglia di esacerbazione dei sintomi è una strategia efficace per velocizzare il ritorno all'attività sportiva e per migliorare l'outcome clinico. Il tipo di attività scelta sembra non avere particolare impatto sull'outcome clinico; tuttavia viene evidenziata l'importanza di scegliere la corretta intensità: gli studi supportano infatti l'utilizzo di attività fisica di intensità lieve o moderata rispetto alla frequenza cardiaca massimale, definita in base all'età tramite la formula

$$HR_{max} = 206,9 - (0,67 \cdot età)$$

e rispetto alla frequenza cardiaca dove si riscontra un peggioramento soggettivo dei sintomi, definita con il *Buffalo concussion treadmill test*, cioè un test validato per misurare la posologia di attività aerobica che il paziente tollera senza percepire l'esacerbazione dei sintomi (Haider et al., 2019).

Questi studi non riportano alcun evento avverso, oltre a dimostrare un miglioramento significativo nella sintomatologia ed un periodo di recupero più breve dopo un programma di esercizio di intensità da lieve a moderata. Alcuni protocolli implementano inoltre l'utilizzo di alcune forme di esercizio ad elevata intensità, a seguito di una lenta progressione basata sulla sintomatologia, senza riportare alcun evento avverso.

In conclusione questa *systematic review* dimostra che l'utilizzo di un programma di esercizi a partire da intensità lievi per progredire a mano a mano che la sintomatologia lo consente è un efficace strumento durante la riabilitazione della commozione cerebrale.

4.3.3 Approach to investigation and treatment of persistent symptoms following sport related concussion: a systematic review

Lo studio di Makdissi et al. del 2017 indaga le varie modalità di trattamento dei sintomi persistenti della commozione cerebrale sport-correlata, tramite l'analisi di 25 articoli. In questi il personale sanitario fa uso di molteplici forme di intervento, tra cui il riposo, l'attività fisica attiva, la terapia manuale, la terapia cognitivo-comportamentale, la logopedia ed alcuni interventi farmacologici (riassunti in figura 10).

Study	Study design	Treatment modality	Setting (country)	Participants		Age (mean(SD) years)	Sport	Controls or comparison group (n)	Duration of symptoms
				n	Sex				
Moser <i>et al</i> (2012) ³⁶	Case series	Rest	Sports concussion clinic (USA)	13	6M:7F	15.8 (2.7)	Ice hockey, lacrosse, soccer, basketball, football	Nil	>31 days
Moser <i>et al</i> (2015) ³³	Case series	Rest	Sports concussion centre (USA)	13	7M:6F	15.1 (1.5)	Basketball, football, ice hockey, lacrosse, soccer snowboarding	Nil	Information not supplied
Gagnon <i>et al</i> (2009) ¹⁶	Case series	Subsymptom threshold activity	Paediatric hospital based concussion clinic (Canada)	16	11M:5F	14.3 (2.3)	Rugby, football, soccer, hockey, other (also includes two non-SRC)	Nil	>4 weeks
Gagnon <i>et al</i> (2016) ¹⁷	Case series	Subsymptom threshold activity	Paediatric hospital based concussion clinic (Canada)	10	7M:3F	16.3 (1.3)	Football, soccer, basketball, hockey, snowboarding	Nil	>3 weeks
Leddy <i>et al</i> (2010) ²³	Case series	Subsymptom threshold activity	University-based concussion clinic (USA)	12	7M:5F	27.9 (14.3)	Mixed (SRC and non-SRC), no details on sport	Nil	>6 weeks (and <52 weeks)
Leddy <i>et al</i> (2013) ²⁴	Quasi experimental	Subsymptom threshold activity	University-based concussion clinic (USA)	8	4M:4F	Exercise group: 25.8 (6.1); stretching group: 23.2 (6.2)	Mixed (SRC and non-SRC), no details on sport	4	>6 weeks (and <52 weeks)
Kurowski <i>et al</i> (2016) ²¹	RCT	Subsymptom threshold activity	Community-based head injury clinics and emergency departments (USA)	30	13M:17F	Exercise group 15.2 (1.4); stretching group 15.5 (1.8)	Mixed (SRC and non-SRC), no details on sport	15	>4 weeks
Hugentobler <i>et al</i> (2015) ³⁴	Case series	Physical therapy Paediatric hospitalbased	physical therapy clinic (USA)	6	4M:2F	17.0 (1.7)	Ice hockey, lacrosse, soccer, swimming, dance	Nil	19–192 days

Schneider <i>et al</i> (2014) ¹¹	RCT	Physical therapy	University-based sports medicine centre (Canada)	31	18M:13F	Treatment group (n=15): age range 12–27 years	No details on sport	16	>10 days
McCarty <i>et al</i> (2016) ²⁰	RCT	Collaborative care including CBT	Paediatric hospitalbased concussion clinic	49	17M:32F	Treatment group (n=25): 15.1 (1.6) years	Mixed (SRC and non-SRC), no details on sport	24	>1 month
Sohlberg and Ledbetter (2015) ²⁵	Case series	Speech pathology	University-based speech-language clinic (USA)	24	10M:14F	17.5 (3.2)	Basketball, cheerleading, cycling, dancing, football, long board, pole vaulting, softball, soccer	Nil	>2 months
Reddy <i>et al</i> (2013) ¹⁸	Historical cohort	Amantadine	University-based sports medicine concussion programme (USA)	25	11M:14F	15.7 (1.4)	No details on sport	25	>21 days
Dubrovsky <i>et al</i> (2014) ²⁵	Case series	Nerve blocks for persistent headache	Paediatric hospitalbased concussion clinic (Canada)	28	6M:22F	14.6 (1.7)	Mixed (SRC and non-SRC), no details on sport	Nil	Average time from injury to treatment=70 (±54.2) days
Bramley <i>et al</i> (2015) ¹⁹	Case series	Amitriptyline for persistent headache	University hospitalbased concussion clinic (USA)	400	248M:152F	13–18 years	Mixed (SRC and non-SRC), no details on sport	Nil	>1 month

Fig. 10 Riassunto delle modalità di intervento (tratto da Approach to investigation and treatment of persistent symptoms following sport-related concussion: a systematic review, *Br J Sport Med*, Makdissi et al.)

Anche in questa revisione della letteratura viene sottolineata l'importanza di un periodo di riposo iniziale di circa 24-48 ore, ma viene inoltre evidenziato come un successivo protocollo basato sul riposo sia di scarso beneficio dopo la fase acuta. I risultati sembrano favorire, anche vista la natura multifattoriale della patologia, un approccio basato su molteplici interventi, che quindi necessitano la presenza di un'equipe multidisciplinare formata, tra gli altri, da specialisti in medicina sportiva, neurologia e neuropsicologia, psichiatria e riabilitazione. Alcuni articoli esaminati dallo studio evidenziano l'efficacia di un approccio basato sulla riabilitazione, in particolare per pazienti con sintomatologia riferibile a problematiche della colonna cervicale o vestibolari. In questo caso il tipo di intervento preferito è la terapia manuale, da abbinare ad un adeguato programma di esercizio terapeutico basato sulla valutazione delle problematiche del paziente.

Sono presenti anche in questo studio forti indicazioni sull'efficacia dell'esercizio aerobico *sub-threshold*, da somministrare con un programma strutturato ed in maniera progressiva.

Sono invece limitate le evidenze a supporto della terapia farmacologica.

In conclusione l'articolo pone grande rilevanza sul valore dell'equipe multidisciplinare per la presa in carico del paziente sportivo con commozione cerebrale.

4.3.4 Can vestibular rehabilitation exercises help patients with concussion? A systematic review of efficacy, prescription and progression patterns

Murray et al., nel 2016, prendono in esame in particolare l'approccio terapeutico basato sulla riabilitazione vestibolare analizzando i contenuti di 10 articoli scritti studiando popolazione sportiva o militare.

L'approccio vestibolare si è rivelato utile nella maggior parte degli articoli per la riduzione della sensazione di vertigine, con un significativo miglioramento dei punteggi nelle scale di valutazione somministrate, come la *Vertigo Symptom Scale* o scale di tipo VAS. Questo tipo di intervento è efficace anche per gli *impairment* dell'equilibrio.

Study author/year	Frequency of VRT exercise prescription	Intensity of VRT exercise prescription	Time for VRT intervention	Type of VRT exercise prescribed	Progression patterns documented
Alsalaheen et al ¹² (2010)	Prescribed HEP to be done daily	Unspecified	Median duration 33 days (range 7–181 days)	VRT as a single intervention 5 exercise categories described: eye-head coordination, sitting balance, standing static balance, standing dynamic balance and ambulation exercises. Habituation and adaptation exercises included Vestibulo-ocular adaptation exercises included Balance exercises included	A subsequent publication detailed the progression and prescription patterns employed in this study. ²⁶ Within each type of exercise, 10 different modifiers were described with 1 or more manipulated to progress the exercises: (1) posture, (2) surface, (3) base of support, (4) trunk position, (5) arm position, (6) head movement direction, (7) direction of whole body movements, (8) visual input, (9) cognitive dual task and (10) were employed. Special circumstances were used to track progressions. Static and dynamic balance exercises progressed by manipulating base of support and/or eliminating visual feedback (eyes closed).
Cuff et al ⁴⁶ (2014) abstract only	Exercise group: daily	Unspecified	2 weeks	VRT as a single intervention Balance exercises included	No progression patterns described in the abstract.
Faltus ⁴⁷ (2014)	Control: unspecified Daily HEP, 4 physiotherapy sessions over 6 weeks	Varied	6 weeks	VRT Habituation and adaptation exercises included Balance exercises included Aerobic exercise: plyometric training	Progression achieved through a phased approach Phase 1—core/gluteal muscle strengthening with static balance exercises, gaze stabilisation. Phase 2—dynamic balance with reaction/cognitive training exercises. Static and dynamic balance exercises progressed by manipulating base of support, using unstable or changing ground surfaces and sport-specific balance exercises. Phase 3—plyometric training combined with cognitive training exercises.
Gottshall et al ⁴⁵ (2005)	Unspecified	Varied	16 weeks	VRT as a single intervention Habituation and adaptation exercises included Balance exercises included Aerobic exercise: walking	Static balance exercises progressed by eliminating visual feedback (eyes closed). Walking progressed to running.
Gottshall et al ¹³ (2010)	2 1-hour session a week Home exercises other days	Varied, encouraged to work at maximum tolerance	8–12 weeks	VRT as a single intervention Habituation and adaptation exercises included Balance exercises included Aerobic exercise: walking	Table provided outlining exercises used and information on progression levels within adaptation, habituation and balance exercises. Static and dynamic balance exercises progressed by manipulating base of support, using unstable or changing ground surfaces and eliminating visual feedback (eyes closed).
Herdman et al ⁴⁴ (1990)	Unspecified	Unspecified	6 months	VRT as a single intervention Habituation and adaptation exercises included Balance exercises included	No description of exercise or progression provided.
Hoffer et al ⁴¹ (2004)	Unspecified	Varied, progressed as patient improved	Varied per patient	Customised VRT Balance exercises not explicitly documented Adjunct treatment: medications	No description of exercise or progression provided.
Kieffelgaard et al ⁴² (2014) abstract only	2 times a week training, once weekly counselling, HEP	Unspecified	8 week intervention	VRT Habituation and adaptation exercises included Balance exercises included Adjunct treatment: counselling	No static and dynamic balance exercise progression described.
Rabago and Wilken ⁴⁸ (2011)	1-hour long session delivered twice a week 1-hour long session delivered on six occasions over a 3 week period	Increased as patient progressed	3 week intervention	VRT Habituation and adaptation exercises included Optokinetic stimulation and gaze stabilisation included via virtual reality training Balance exercises included Adjunct treatment: occupational task training using virtual reality environment	Phased approach to VRT progression employed. Optokinetic training and gaze stabilisation progressed by increasing the frequency of objects and amount of movements needed to maintain sight of the objects within the virtual reality environment. Static and dynamic balance exercises progressed by using perturbations and unstable or changing ground surfaces.
Schneider et al ⁴⁹ (2014)	Once weekly with physiotherapist and daily HEP	Unspecified	8 week intervention or until time of medical clearance to return to sport	VRT Habituation and adaptation exercises included Balance exercises included Adjunct treatment: cervical spine physiotherapy intervention	Table outlining exercises used and information on progression levels within adaptation, habituation and balance exercises provided. Rest followed by graded exertion described in the table. Static and dynamic balance exercises progressed by manipulating the base of support.

HEP, home exercise programme; VRT, vestibular rehabilitation therapy.

Fig. 11 Riassunto degli studi (tratto da Can vestibular rehabilitation exercises help patients with concussion? A systematic review of efficacy, prescription and progression patterns. *Br J Sports Med*, Murray et al.)

In base al livello di evidenza degli studi analizzati, si può affermare che la riabilitazione vestibolare, insieme alla terapia manuale della colonna cervicale, è utile per ridurre i tempi di recupero e quindi velocizzare il ritorno dell'atleta all'attività sportiva. Tuttavia vi sono prove insufficienti a supporto dell'efficacia della sola riabilitazione vestibolare.

La modalità consigliata per somministrare esercizi di riabilitazione vestibolare si basa su una valutazione preliminare del paziente, per poi formulare un programma di esercizio terapeutico basato sugli *impairments* del paziente. Gli esercizi prescritti più frequentemente comprendono esercizi di stabilizzazione dello sguardo e di coordinazione occhi-capo, insieme al training dell'equilibrio in ortostatismo e durante la deambulazione. Alcuni degli articoli presi in disamina mettono in luce come un'attivazione, all'inizio della seduta, con esercizi statici di coordinazione occhio-capo, riduca la possibilità che i pazienti diventino sintomatici durante la seduta.

4.3.5 Wirksamkeit manualtherapeutischer Techniken in Kombination mit vestibulärer Rehabilitation nach sportbedingten Gehirnerschütterungen -- eine systematische Übersichtsarbeit randomisierter kontrollierter Studien (Effectiveness of manual therapeutic techniques in combination with vestibular rehabilitation after sports-related concussions -- a systematic review of randomized controlled trials).

In questo studio di Scheiber et al., pubblicato nel 2020, vengono analizzati esclusivamente studi randomizzati controllati che indagano l'effetto delle tecniche di terapia manuale nella riabilitazione della commozione legata all'attività sportiva. Di conseguenza tutti gli studi presi in esame contengono programmi di trattamento multimodali che includono tecniche di terapia manuale, come mobilizzazioni della colonna cervicale e toracica, insieme ad esercizi di riabilitazione vestibolare e per il controllo posturale.

Da questa *systematic review* emerge come le tecniche di terapia manuale siano efficaci nel trattamento della sintomatologia tipica della commozione cerebrale se inserite in un programma di riabilitazione multimodale, anche se, per l'eterogeneità degli articoli esaminati, non è possibile fornire indicazioni precise sulle tecniche da utilizzare. L'efficacia di queste tecniche viene dimostrata anche per l'altro *outcome* scelto dagli autori, ossia il tempo di *return-to-play* o RTP. Infatti nei gruppi di intervento, dove venivano somministrati terapia manuale ed un programma di esercizi di riabilitazione vestibolare, il tempo di RTP è significativamente ridotto rispetto ai gruppi di controllo.

4.3.6 Do physical interventions improve outcomes following concussion: a systematic review and meta-analysis?

Nello studio di Reid et al., pubblicato nel 2021, vengono prese in esame le diverse modalità di trattamento descritte in 12 *Randomized Controlled Trials* che analizzano gli effetti di attività aerobica *sub-threshold* e di terapie mirate a livello della colonna cervicale, del sistema vestibolare o del sistema oculomotore. Lo studio esamina l'efficacia delle terapie sia rispetto al tempo di *return to play*, sia in relazione alle scale di valutazione utilizzate per classificare i sintomi.

L'attività aerobica *sub-threshold* si è dimostrata inefficace, negli RCT presi in esame, per quanto riguarda la riduzione del tempo di RTP, e non viene dimostrata alcuna differenza rispetto al gruppo di controllo; tuttavia, questo può essere dovuto al tipo di trattamento fornito al gruppo di controllo, che viene incoraggiato a riprendere lo svolgimento regolare delle ADL, e al tipo di attività utilizzata. Infatti, nello studio di Leddy et al. si registra un ritorno allo sport anticipato rispetto al gruppo di controllo, a cui viene riservato il trattamento ora considerato *gold standard*, ossia il riposo fisico e mentale fino alla risoluzione dei sintomi, mentre al gruppo di studio viene somministrata attività aerobica a partire dall'80% della frequenza cardiaca che causa un peggioramento della sintomatologia. L'attività aerobica risulta avere invece efficacia da ridotta a moderata nella riduzione dell'entità dei sintomi, registrati tramite scale di valutazione come la PCSS, il PCSI, la RPSQ e l'*Health Behaviour Inventory*, sia durante la fase acuta della patologia, sia in quella persistente.

La terapia a livello della colonna cervicale come unica forma di intervento non si è dimostrata efficace in maniera significativa, mentre la terapia a livello del sistema vestibolare risulta moderatamente utile nel ridurre il punteggio del DHI e del *Balance Error Scoring System*, anche se questo miglioramento clinico non si riflette nei punteggi di altre scale di valutazione come la *Vertigo Symptom Scale – Short Form* o il RPSQ.

Si è invece rivelato particolarmente efficace, sia nella riduzione del tempo di RTP, sia nella riduzione dei sintomi, un approccio multimodale appositamente creato per il paziente in base ad un corretto inquadramento della patologia ed all'esame obiettivo. Nello specifico, i pazienti del gruppo d'intervento, dopo un programma riabilitativo personalizzato comprendente terapie a livello della colonna cervicale e dei sistemi vestibolare ed oculomotore, hanno recuperato dai sintomi 1,99 volte più velocemente dei pazienti del gruppo di controllo, sono ritornati allo sport, dopo indicazione medica, 2,91 volte più velocemente dei pazienti del gruppo di controllo e dopo 8 settimane dall'inizio dell'intervento era 3,91 volte più probabile il RTP dei pazienti del gruppo di intervento rispetto ai pazienti del gruppo di controllo.

In conclusione Reid et al. stabiliscono che il trattamento più efficace per la riduzione della sintomatologia, per quanto riguarda sia la fase acuta, sia la fase postacuta, è l'esercizio aerobico *sub-threshold* a partire dall'80% della frequenza cardiaca che causa esacerbazione dei sintomi, che non causa un peggioramento dei sintomi ma nel peggiore dei casi provoca solo un leggero miglioramento. L'intervento di elezione per quanto riguarda il tempo di RTP risulta invece essere un trattamento multimodale e personalizzato per il paziente, che viene somministrato solo dopo un'accurata valutazione dei sintomi del paziente.

4.4 Conclusioni

A seguito di una *concussion* nel rugby a 15, quindi, è fondamentale adottare un approccio attivo per la miglior risoluzione dei sintomi e per la prevenzione di sequele come la sindrome post-concussiva.

Le strategie riabilitative più indicate prevedono un riposo, fisico e cognitivo, di 24-48 ore durante la fase acuta, seguito da un periodo di attività fisica aerobica sotto la soglia di esacerbazione dei sintomi oppure da riabilitazione vestibolare e/o terapia manuale. Non è indicato invece un periodo di riposo prolungato, che aumenta il rischio di durata prolungata dei sintomi.

Per garantire ad ogni paziente il miglior trattamento possibile è fondamentale valutare correttamente la patologia sotto ogni aspetto anche tramite scale di valutazione specifiche per la *concussion*, come ad esempio la *Postconcussion Symptom Scale*, oppure non specifiche, come la *Vertigo Symptom Scale*, le scale analogiche per l'analisi della sintomatologia e le scale di valutazione del cammino, come la *Timed Up and Go*. In base alla valutazione del fisioterapista verrà scelta la modalità di intervento più adeguata per lo specifico paziente, e quindi il fisioterapista produrrà un programma riabilitativo personalizzato.

Nessuno degli studi dimostra in maniera evidente la maggiore efficacia di un metodo di trattamento rispetto agli altri. Come era presumibile, data la natura multifattoriale della commozione cerebrale, i risultati migliori vengono ottenuti negli studi per i quali viene adottato un approccio integrato e multidisciplinare, basato su esercizi aerobici, terapia manuale ed esercizi di riabilitazione vestibolare. Tuttavia, una limitazione di questo studio consiste nel fatto che solo uno degli studi disponibili in letteratura mette a confronto le varie modalità in cui il fisioterapista può agire nella riabilitazione della *concussion*, rendendo difficile individuare un trattamento di elezione.

In conclusione, è fondamentale che durante la progressione del programma di esercizi l'atleta venga sottoposto a retest con costanza, per indagare l'andamento della sintomatologia durante la

riabilitazione e accertarsi che il ritorno in campo avvenga in sicurezza e senza rischio di recidive. Il ritorno all'attività sportiva, data la natura ricca di impatti ad alta energia del rugby a 15, deve essere concordata con il medico dopo la completa risoluzione dei sintomi.

BIBLIOGRAFIA.

Williams S., Robertson C., Starling L. et al. (2022), “*Injuries in Elite Men’s Rugby Union: An Updated (2012–2020) Meta-Analysis of 11,620 Match and Training Injuries.*” *Sports Medicine*, Vol 52, pag 1127–1140 doi: 10.1007/s40279-021-01603-w

Viljoen C., Schoeman M., Brandt C. et al. (2017), “*Concussion knowledge and attitudes among amateur South African rugby players.*” *South African Journal of Sports Medicine*, Vol 29, pag 1–6. <https://doi.org/10.17159/2078-516X/2017/v29i0a1942>

Gardner R.C. e Yaffe K. (2015), “*Epidemiology of mild traumatic brain injury and neurodegenerative disease.*” *Molecular and Cellular Neuroscience*, Vol 66, pag 75-80. doi: 10.1016/j.mcn.2015.03.001.

Ling H., Hardy J. e Zetterberg H. (2015), “*Neurological consequences of traumatic brain injuries in sports.*” *Molecular and Cellular Neuroscience*, Vol 66, pag 114-22. doi: 10.1016/j.mcn.2015.03.012.

Almasi S.J. e Wilson J.J. (2012), “*An update on the diagnosis and management of concussion.*” *Wisconsin Medical Journal*, Vol 111, pag 21-27. <https://wmjonline.org/wp-content/uploads/2012/11/1/21.pdf>

Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M. et al. (2014), Parte 2 “*Cell and Molecular Biology of the Neuron*” capitolo 4 “*The Cells of the Nervous System*” in *Principles of Neural Science*, Fifth Edition, McGraw-Hill Education, pag 74-78.

Institute of Medicine (IOM) e National Research Council (NRC) (2014), “*Neuroscience, Biomechanics, and Risks of Concussion in the Developing Brain*” e “*Concussion Recognition, Diagnosis, and Acute Management*” in *Sports-related concussions in youth: Improving the science, changing the culture*, Washington, DC: The National Academies Press. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK185340/>

Brown J. (2016), “*On-field identification and management of concussion in amateur rugby union.*” *South African Journal of Sports Medicine*, Vol 28, pag 6-10. <https://doi.org/10.17159/2078-516X/2016/v28i1a1412>

Schatz P., Pardini J.E., Lovell M.R. et al. (2006), “*Sensitivity and specificity of the ImPACT Test Battery for concussion in athletes.*” *Archives of Clinical Neuropsychology*, Vol 21, pag 91-9. doi: 10.1016/j.acn.2005.08.001.

Broglio S.P., Macciocchi S.N. e Ferrara M.S. (2007), “*Sensitivity of the concussion assessment battery.*” *Neurosurgery*, Vol 60, pag 1050-1058. doi: 10.1227/01.NEU.0000255479.90999.C0.

Reid S.A., Farbenblum J. e McLeod S. (2022), “*Do physical interventions improve outcomes following concussion: a systematic review and meta-analysis?*” *British Journal of Sports Medicine*, Vol 56, pag 292-298. doi: 10.1136/bjsports-2020-103470.

Bell D.R., Guskiewicz K.M., Clark M.A. et al. (2011), “*Systematic review of the balance error scoring system.*” *Sports Health*, Vol 3, pag 287-295. doi: 10.1177/1941738111403122.

Corbin-Berrigan L.A., Teel E., Vinet S. et al. (2023), “*The Use of Electroencephalography as an Informative Tool in Assisting Early Clinical Management after Sport-Related Concussion: a Systematic Review.*” *Neuropsychology Review*, Vol 33, pag 144–159. doi: 10.1007/s11065-020-09442-8.

Brown J.C., Gardner-Lubbe S., Lambert M.I. et al. (2018), “*Coach-directed education is associated with injury-prevention behaviour in players: an ecological cross-sectional study.*” *British Journal of Sports Medicine*, Vol 52, pag 989-993. doi: 10.1136/bjsports-2016-096757.

Fraas M.R. e Burchiel J. (2016), “*A systematic review of education programmes to prevent concussion in rugby union.*” *European Journal of Sport Science*, Vol 16, pag 1212-1218. doi: 10.1080/17461391.2016.1170207.

Enniss T.M., Basiouny K., Brewer B. et al. (2018), “*Primary prevention of contact sports-related concussions in amateur athletes: a systematic review from the Eastern Association for the Surgery of Trauma.*” *Trauma Surgery and Acute Care Open*, Vol 3, n°1. doi: 10.1136/tsaco-2017-000153.

Tooby J., Weaving D., Al-Dawoud M. et al. (2022), “*Quantification of Head Acceleration Events in Rugby League: An Instrumented Mouthguard and Video Analysis Pilot Study.*” *Sensors*, Vol 22, pag 584. doi: 10.3390/s22020584.

Daly E., Pearce A.J. e Ryan L. (2021), “*A Systematic Review of Strength and Conditioning Protocols for Improving Neck Strength and Reducing Concussion Incidence and Impact Injury Risk in Collision Sports; Is There Evidence?*” *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, Vol 6, pag 8. doi: 10.3390/jfmk6010008.

Garnett D., Patricios J. e Cobbing S. (2021), “*Physical Conditioning Strategies for the Prevention of Concussion in Sport: a Scoping Review.*” *Sports Medicine Open*, Vol 7, pag 31. doi: 10.1186/s40798-021-00312-y.

Langevin P., Frémont P., Fait P. et al. (2020), “*Aerobic Exercise for Sport-related Concussion: A Systematic Review and Meta-analysis.*” *Medicine and Science in Sports & Exercise*, Vol 52, pag 2491-2499. doi: 10.1249/MSS.0000000000002402.

Baker B., Koch E., Vicari K. et al. (2020), “*Mode and Intensity of Physical Activity During the Postacute Phase of Sport-Related Concussion: A Systematic Review.*” *Journal of Sport Rehabilitation*, Vol 30, n°3, pag 492-500. doi: 10.1123/jsr.2019-0323.

Haider M.N., Leddy J.J., Wilber C.G. et al. (2019), “*The Predictive Capacity of the Buffalo Concussion Treadmill Test After Sport-Related Concussion in Adolescents.*” *Frontiers in Neurology*, Vol 10, pag 395. doi: 10.3389/fneur.2019.00395.

Makdissi M., Schneider K.J., Feddermann-Demont N. et al. (2017), “*Approach to investigation and treatment of persistent symptoms following sport-related concussion: a systematic review.*” *British Journal of Sports Medicine*, Vol 51, pag 958-968. doi: 10.1136/bjsports-2016-097470.

Murray D.A., Meldrum D. e Lennon O. (2017), “*Can vestibular rehabilitation exercises help patients with concussion? A systematic review of efficacy, prescription and progression patterns.*” *British Journal of Sports Medicine*, Vol 51, pag 442-451. doi: 10.1136/bjsports-2016-096081.

Scheiber B., Schiefermeier-Mach N. e Wiederin C. (2020), “*Wirksamkeit manualtherapeutischer Techniken in Kombination mit vestibulärer Rehabilitation nach sportbedingten Gehirnerschütterungen -- eine systematische Übersichtsarbeit randomisiert kontrollierter Studien (Effectiveness of manual therapeutic techniques in combination with vestibular rehabilitation after sports-related concussions -- a systematic review of randomized controlled trials)*”. *Physioscience*, Vol 16, pag 167-175. doi: <https://dx.doi.org/10.1055/a-1098-8140>