



**Università degli Studi di Padova**  
**CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA**  
**PRESIDENTE: Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi**

**TESI DI LAUREA**

LA VALUTAZIONE DELLA PROPRIOCEZIONE NELLA PERSONA CON LESIONE  
MIDOLLARE: ANALISI DELL’AFFIDABILITÀ INTER-OPERATORE DELLA SCALA  
PASCY (PROPRIOCEPTION ASSESSMENT IN SPINAL CORD INJURY), UNO STUDIO  
MULTICENTRICO PRELIMINARE

**RELATORE:**

Dott.ssa Anna Sartori de Sforza

**CORRELATORI:**

Dott. Piero Artuso

Dott. Gianfranco Di Gennaro

**LAUREANDA:**

Alice Zampese

**Anno Accademico 2022-2023**

*A tutte le donne a cui è stato negato il diritto all'istruzione*

## ABSTRACT

**Background:** La lesione midollare rappresenta di per sé una delle più complesse patologie invalidanti a livello mondiale: si tratta di un grave danno da cui derivano la morte delle cellule neuronali, la demielinizzazione degli assoni sia ascendenti che discendenti e, conseguentemente, la perdita correlata delle funzioni sensitive e/o motorie a carattere variabile. Più nello specifico l'alterazione della propriocezione che ne consegue limita il recupero locomotorio influenzando così negativamente sulla qualità della vita dei pazienti. Valutare oggettivamente la propriocezione, anche a scopo prognostico, oggi risulta essere molto difficile per due motivi: il primo è che la letteratura manca di scale di valutazione che siano applicabili alla popolazione di persone con mielolesione in quanto richiedono il movimento attivo degli arti e il secondo è che le scale applicabili e validate per lesione midollare risultano essere poco precise e/o troppo costose.

**Obiettivo:** Analizzare la validità inter-operatore della scala PAsCI (Proprioception Assessment In Spinal Cord Injury) che valuta la sensibilità propriocettiva cosciente degli arti superiori e inferiori nella persona con lesione midollare.

**Materiali e metodi:** Lo studio ha previsto la somministrazione della scala a 28 pazienti da parte di due terapisti a tempo  $t_0$ . L'analisi della validità inter-operatore è stata calcolata con il coefficiente Kappa di Cohen.

**Risultati e discussione:** I risultati dell'analisi statistica relativa alla validità inter-operatore hanno evidenziato dei valori della Kappa di Cohen soddisfacenti per quasi tutti gli items.

**Conclusioni:** La scala PAsCI è una scala valida ed affidabile per valutare la propriocezione nella persona con lesione midollare anche dal punto di vista della validità inter-operatore. Ulteriori dati devono essere raccolti per raggiungere i 51 pazienti richiesti per l'analisi dell'affidabilità inter-operatore.

## ABSTRACT

**Background:** Spinal cord injury is one of the most complex disabling diseases in the world: it is a serious damage that causes the death of neuronal cells, demyelination of both ascending and descending axons and consequently, loss of sensibility and/or variable motor functions. More specifically, the resulting alteration of the proprioception limits the locomotor recovery, affecting the quality of life of patients. Nowadays objectively evaluating proprioception, also for prognostic purposes, is however very difficult for two reasons: firstly, the literature lacks scales of assessment that are applicable to the population of people with myelin lesion as they require the active movement of the limbs and the secondly the applicable and validated scales for spinal cord injury are inaccurate and/or overpriced.

**Objective:** Analyze the inter-operator validity of the PASCI (Proprioception Assessment in Spinal Cord Injury) scale that evaluates the conscious proprioceptive sensitivity of the upper and lower limbs of persons with spinal cord injury.

**Materials and methods:** The study included the administration of the scale to 28 patients by two therapists at time  $t_0$ . The inter-operator validity analysis was calculated with Cohen's Kappa coefficient.

**Results and discussion:** The results of the inter-operator validity statistical analysis showed that Cohen's Kappa values were satisfactory for almost all items.

**Conclusion:** The PASCI scale is a valid and reliable scale to evaluate the proprioception of persons with spinal cord injury also from the point of view of inter-operator validity. Additional data must be collected to reach the 51 patients required for inter-operator reliability analysis.

## INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
2. PRESUPPOSTI TEORICI .....	3
2.1. La lesione midollare.....	3
2.1.1. Aspetti generali ed epidemiologia.....	3
2.1.2. Inquadramento neurologico secondo la scala ASIA.....	6
2.2. La propiocezione.....	8
2.2.1. Importanza della propiocezione nel paziente con lesione midollare...9	
2.3. La scala PASCi.....	11
2.4. Percorso di validazione di una scala di valutazione.....	13
3. MATERIALI E METODI.....	17
3.1. Razionale ed obiettivo dello studio.....	17
3.2. Protocollo di studio.....	17
3.3. Risultati precedente livello di validazione della scala.....	17
3.3.1. Questionario ai fisioterapisti operanti nelle Unità Spinali.....	18
3.3.2. Sviluppo della scala.....	18
3.3.3. Validazione della scala.....	19
3.4. Validazione della scala.....	21
3.4.1. Somministrazione della scala.....	21
3.4.2. Metodi statistici .....	23
4. RISULTATI.....	25
4.1. Statistiche descrittive.....	25
4.2. Proprietà psicometriche della scala.....	26
4.2.1. Validità inter-operatore.....	26
5. DISCUSSIONE.....	30
5.1. Punti di forza e limiti dello studio.....	32
6. CONCLUSIONI.....	33
6.1. Progetti futuri.....	33
7. BIBLIOGRAFIA.....	34
8. ALLEGATI.....	37
9. RINGRAZIAMENTI.....	49

## 1. INTRODUZIONE

Si stima che nel mondo, ogni anno, vi siano dalle 250.000 alle 500.000 persone che subiscono una lesione al midollo spinale. L'incidenza globale annua di questo tipo di lesione, più nello specifico, risulta essere compresa tra i 40 e gli 80 nuovi casi per milione di abitanti. Un evento di questo tipo, seppur raro, cambia drasticamente la vita della persona che ne è colpita in quanto, oltre alla perdita della funzionalità sensoriale e/o motoria, esso può determinare alterazioni a livello di diversi organi e apparati con conseguenze che, nel lungo termine, possono causare lo sviluppo di complicanze anche gravi.

Facendo un rapido background storico si evince come la lesione midollare in passato fosse associata ad alti tassi di mortalità anche nei Paesi più ad alto sviluppo. Negli ultimi anni, tuttavia, la sopravvivenza post-infortunio, grazie alle numerose scoperte avute nel campo delle scienze che hanno portato tra le altre cose ad un aumento del numero di lesioni incomplete, con maggiore potenziale di recupero, rispetto a quelle complete, risulta essere nettamente aumentata e con essa si è associato anche un miglioramento della qualità di vita stessa di questi pazienti. Al giorno d'oggi, infatti, le persone con lesione midollare non solo vivono più a lungo, ma risultano avere una qualità di vita nettamente migliore rispetto al passato grazie appunto ai progressi avuti in ambito medico, riabilitativo e tecnologico e anche grazie alle nuove linee di pensiero che mirano a progettare degli ambienti più accessibili alla persona con disabilità con lo scopo di includerla anche dal punto di vista sociale.

Valutare sia in fase acuta che in fase cronica il paziente risulta essere indispensabile per delineare la diagnosi funzionale fisioterapica su cui poi individuare degli obiettivi realistici raggiungibili con il trattamento riabilitativo. Più nello specifico lo scopo della fisioterapia per questo tipo di pazienti risulta essere quello di garantire alla persona il massimo grado di autonomia auspicabile in relazione al livello e al tipo di lesione con l'obiettivo di ottenere un suo completo reinserimento sociale e lavorativo.

Entrando nel dettaglio, nel caso di pazienti con lesione incompleta si ha un recupero spontaneo delle funzioni del midollo direttamente proporzionale al grado della lesione, cosa che invece non avviene nei pazienti con lesione midollare completa. Questo recupero, in particolare, risulta essere strettamente correlato con il mantenimento, totale o parziale, della sensibilità propriocettiva in quanto le informazioni propriocettive creano un ponte funzionale che riesce ad aggirare il sito della lesione permettendo così di attivare dei circuiti motori sottolesionali. Da qui la necessità di sviluppare uno strumento di valutazione della propriocezione oggettivo, valido, affidabile ed economico che permetta di valutare il paziente dalla fase acuta, per

ottenere una sorta di fotografia iniziale, alla fase cronica, per monitorare i cambiamenti e i miglioramenti avuti nel tempo, anche in relazione all'adeguatezza del trattamento eseguito.

Per lungo tempo in letteratura sono mancate delle scale che andassero a valutare questa funzione nel soggetto con lesione midollare, o perché non validate per questo tipo di pazienti in quanto non applicabili dal momento che richiedevano un movimento attivo degli arti, o perché ritenute troppo costose e/o troppo poco precise. Alla luce di questo, dalla collaborazione delle Unità Spinali dell'ospedale San Bortolo di Vicenza, dell'ospedale Niguarda di Milano e dell'ospedale di Pietra Ligure, è stata sviluppata nel 2021 la scala PAsCI (Proprioception Assessment In Spinal Cord Injury), la quale è stata, nello stesso anno, anche sottoposta ad un processo di prima validazione mediante lo studio della validità di facciata e di costrutto oltre che della consistenza interna. Dopo questo primo livello di validazione della scala si è reso necessario, tuttavia, procedere all'analisi dell'affidabilità inter-operatore al fine di raggiungere anche il secondo, e ultimo, livello di validazione in vista di un suo possibile utilizzo. Questo livello di studio è stato condotto tra l'ospedale San Bortolo di Vicenza e il Niguarda di Milano, collaborazione che ha reso possibile la somministrazione della scala ad un cospicuo numero di pazienti per ottenere un elevato numero di dati che sono stati poi analizzati statisticamente dal Dipartimento di Diagnostica e Sanità Pubblica, Sezione di Epidemiologia e Statistica Medica dell'Università di Verona.

## 2. PRESUPPOSTI TEORICI

### 2.1. La lesione midollare

Con Lesione Midollare (LM), in inglese Spinal Cord Injury (SCI), si intende un'interruzione delle vie nervose ascendenti e discendenti del midollo spinale che si manifesta con un'alterazione temporanea o permanente della funzione motoria e/o sensitiva e/o autonoma (Kirshblum et al., 2011).

#### 2.1.1. Aspetti generali ed epidemiologia

Se storicamente la lesione midollare era associata ad alti tassi di mortalità anche nei Paesi più ad alto sviluppo, ad oggi la sopravvivenza post-infortunio, a causa dei numerosi progressi nel campo delle scienze che hanno portato tra le altre cose ad un aumento del numero di lesioni incomplete, con maggiore potenziale di recupero, rispetto a quelle complete, risulta essere nettamente aumentata e con essa si è associato anche un miglioramento della qualità di vita di questi pazienti (Bikenbach et al., 2013). Nonostante questo, comunque, le lesioni al midollo spinale, benché siano più rare rispetto ad altre patologie che interessano il Sistema Nervoso, continuano a rappresentare ancora ad oggi un grande problema sanitario e sociale in quanto risultano avere, tra le altre cose, dei costi ingenti sui servizi sanitari (Haddad et al., 2021).

Per quanto riguarda l'eziologia le LM si possono dividere in due categorie:

- Lesioni traumatiche: rappresentano circa i 2/3 di tutte le mielolesioni e sono dovute alla deformazione o al danno del canale vertebrale provocato da una forza estrinseca di norma di natura accidentale e improvvisa
- Lesioni non traumatiche: causate principalmente da patologie di tipo infettivo, tumorale, vascolare, tossico, degenerativo o iatrogeno (Marquez et al., 2012)

Il midollo spinale è la principale via attraverso cui le informazioni motorie e sensoriali passano dalla periferia all'encefalo e viceversa. Esso è contenuto nel canale vertebrale, avvolto dalle meningi (pia madre, aracnoide e dura madre), immerso nel liquor cerebro-spinale e mantenuto in situ dai nervi spinali e dai legamenti denticolati.

Questa struttura si compone nella sua porzione centrale della sostanza grigia, dove hanno sede i corpi dei neuroni, e nella sua porzione periferica della sostanza bianca, da cui partono le fibre efferenti e giungono quelle afferenti (Marquez et al., 2012).



Il midollo spinale in particolare è molto suscettibile a delle lesioni di varia natura a causa della sua complessa funzione associata ad una struttura delicata e alla predisposizione verso le risposte infiammatorie (Batchelor et al., 2008).

Le principali alterazioni anatomico-patologiche derivanti da un trauma vertebro-midollare sono rappresentate da:

- Edema midollare, ossia un aumento del contenuto di acqua intra ed extracellulare di fenomenologia isolata oppure accompagnato da un focolaio di tipo lacerativo-emorragico
- Ematomielia, ossia un'emorragia interna al midollo spinale

Entrando nel dettaglio nelle lesioni di tipo traumatico si possono verificare:

- Concussione midollare, ossia una perdita transitoria delle funzioni nervose seguita da un recupero completo in tempo variabile
- Lacerazione midollare completa o incompleta con necrosi centrale emorragica con impossibilità di recupero completo.

Nello specifico i segni e i sintomi della lesione midollare dipendono dall'estensione della lesione, in eventi di tipo traumatico, o dalla causa che ha generato il danno, nel caso di lesioni di tipo non traumatico.

Più nel dettaglio la lesione del midollo spinale, in base al livello, porta clinicamente a:

- Paraplegia, che si manifesta con la paralisi di entrambi gli arti inferiori e di una parte/tutto il tronco come conseguenza di un danno a livello toracico o lombare o alle radici spinali
- Tetraplegia, che si manifesta con la paralisi di entrambi gli arti superiori ed inferiori oltre che del tronco e comprende anche delle disfunzioni a livello della muscolatura respiratoria come conseguenza di un danno a livello cervicale.

Per quanto concerne l'estensione del danno invece, dal punto di vista clinico, la lesione si può distinguere in:

- Completa, si manifesta con la totale assenza di sensibilità e con la paralisi motoria al di sotto del livello lesionale (compresi i segmenti sacrali S3-S5)
- Incompleta, più comune per traumi a livello cervicale o lombosacrale a causa dell'anatomia del canale vertebrale, si manifesta con un parziale risparmio delle funzioni sensitive e/o motorie sotto il livello lesionale (compresi i segmenti sacrali S3-S5)

Oltre alla perdita della funzionalità sensoriale e/o motoria questi pazienti possono manifestare altri segni e sintomi a livello di diversi organi ed apparati, tra questi: dolore, disfunzioni vescicali, gastro-intestinali, neuro-vegetative (ipo/ipertensione arteriosa e/o disreflessia autonoma) e genito-sessuali oltre che alterazioni metaboliche, cardio-circolatorie, termoregolarie e della funzione ventilatoria (per lesioni cervicali o dorsali alte) (Marquez et al., 2012).

A tutto questo si può anche associare un cambiamento relativo alla qualità di vita, al benessere psicofisico e all'attività lavorativa oltre che un aumento della probabilità di sviluppo di complicanze a livello renale in età avanzata, lesioni muscolo-scheletriche, dolore ed osteoporosi (Harvey, 2016).

Per quanto riguarda l'epidemiologia ad oggi è noto come l'incidenza, ovvero quanti nuovi casi si verificano ogni anno per milione di abitanti, e la prevalenza, cioè il numero totale di casi presenti a un dato momento nella popolazione generale, della LM varino da nazione a nazione, arrivando al picco di 54 casi per milione di abitanti nel Nord America (Ding et al., 2019).

In Italia, secondo quanto documentato dal GISEM (Gruppo Italiano Studio Epidemiologico Mielolesioni), l'incidenza delle Lesioni Midollari dovrebbe collocarsi tra i 18 e i 20 nuovi casi per milione di abitanti per anno (Pagliacci et al., 2003) con un rapporto 1:4 fra femmine e maschi. Di questi, il 67,5% risulta avere un'origine traumatica e il restante 32,5% origine non traumatica, con una prevalenza delle lesioni incomplete su quelle complete (57,4%). Più nel dettaglio le lesioni di origine traumatica risultano essere dovute a incidenti stradali (53,8%), cadute (22,6%), incidenti sportivi (7,9%), tentato suicidio (4,3%) e ferite da arma da fuoco (1,9%) (Marquez et al., 2012).

La gestione del paziente affetto da lesione midollare è complessa. È ormai opinione condivisa l'idea che il progetto riabilitativo individuale per questa tipologia di pazienti non possa e non debba tenere conto come unico obiettivo quello del raggiungimento della stabilità clinica e della salute, ma che debba sempre tenere a mente anche tutti gli aspetti legati al benessere psicologico, relazionale e sociale del singolo. La riabilitazione, quindi, deve considerare la persona come dimensione centrale dell'intervento riabilitativo e pertanto deve avvalersi di un lavoro di équipe (Marquez et al., 2012).

La gestione medica del paziente in fase acuta è la prima fase della presa in carico e ha come obiettivi principali quello di stabilizzare clinicamente il paziente e la lesione, tramite trattamento chirurgico, nel caso in cui il soggetto presenti un deterioramento neurologico o

un'instabilità vertebrale, o tramite trattamento di tipo conservativo, in tutti gli altri casi. Durante questa fase il compito della fisioterapia è quello di prevenire la comparsa di piaghe da decubito, complicanze respiratorie e l'instaurarsi di retrazioni tendinee che potrebbero portare in una seconda fase a delle limitazioni articolari e/o deformità (Lotta, 1994). La seconda fase, quella della riabilitazione vera a propria, inizia non appena il paziente risulta essere stabile dal punto di vista clinico e ha come obiettivo principale l'acquisizione della migliore autonomia possibile con conseguente raggiungimento della miglior qualità di vita auspicabile in relazione all'entità del danno subito. Per raggiungere questo obiettivo la fisioterapia si focalizza su compiti motori, che vanno dalla deambulazione, per alcuni tipi di lesioni incomplete, agli spostamenti in carrozzina, ai trasferimenti e all'utilizzo degli arti superiori sia nei pazienti con paraplegia che nei pazienti con tetraplegia (Harvey, 2008).

### 2.1.2. Inquadramento neurologico secondo la scala ASIA

La valutazione di un paziente affetto da lesione midollare risulta essere una parte integrante del trattamento riabilitativo e pertanto deve essere effettuata in maniera accurata e oggettiva da tutti coloro che hanno a che fare con l'assistito. Una misurazione di questo tipo infatti, permette, oltre alla definizione di obiettivi realistici per un dato paziente in un preciso momento, di individuare quelli che sono i problemi principali e diventa molto utile anche al fine di poter misurare nel tempo i progressi avuti. Nonostante questo, forse per una questione di praticità e di background lavorativo, molto spesso, nella pratica clinica ci si trova ad effettuare delle valutazioni soggettive, specie di tipo osservativo, del paziente (Harvey, 2016).

La definizione dei risultati funzionali attesi nel paziente con lesione midollare è frutto di una prognosi fisiatrica che tiene in considerazione diversi elementi. Fin dalla fase acuta, ossia quella dello shock spinale, infatti, vi è la possibilità di prospettare le linee di evoluzione della lesione tenendo conto di:

- Condizioni generali del paziente
- Entità del danno subito sia a livello scheletrico sia di altre tipologie di lesioni
- Completezza o incompletezza della LM
- Livello della lesione

Proprio in relazione a questi due ultimi punti risulta essere necessario uno strumento di misura valido e affidabile che permetta una misurazione accurata e riproducibile della condizione del paziente in un dato momento, che possa essere effettuata da una qualsiasi persona operante nel

settore sanitario e che permetta di identificare la prognosi, la condotta terapeutica, quella chirurgica e quella riabilitativa dell'assistito.

In base a quanto appena detto la scala di valutazione neurologica per paziente affetti da LM più affidabile per il monitoraggio clinico e a scopo diagnostico risulta essere quella adottata dalle Società scientifiche internazionali per la classificazione delle LM di origine traumatica, ossia la Classificazione neurologica standard dei traumi midollari proposta dall'ASIA e modificata insieme all'IMSOP (International Medical Society of Paraplegia) nel 1996 che si basa sulla valutazione della funzione motoria e della sensibilità (Marquez et al., 2012).

Più nello specifico questa scala spiega come il livello neurologico di una lesione mielica venga identificato dal più caudale segmento del midollo spinale che presenti integre le funzioni sensitive e motorie da entrambi i lati del corpo (Lotta, 1994).

La funzione motoria nella scala ASIA viene valutata bilateralmente attraverso l'esame di 10 gruppi muscolari chiave a ciascuno dei quali viene attribuito un punteggio in una scala da 0 a 5, dove 0 rappresenta l'assenza di contrazione volontaria, 1 esprime una contrazione palpabile o visibile che però non produce movimento articolare, 2 corrisponde ad un range completo di movimento in assenza di gravità, 3 si associa ad un range completo di movimento contro gravità, 4 definisce un range completo di movimento contro gravità e resistenza moderata e 5 descrive un range completo di movimento contro gravità e resistenza massimale (se il gruppo muscolare non è testabile si utilizza la dicitura NT).

La sensibilità invece viene distinta in tattile superficiale, valutata con un batuffolo di cotone, e in dolorifica, valutata con uno spillo. Viene indagata bilateralmente, come la precedente, su 28 dermatomeri e classificata mediante un punteggio che va da 0 a 2, dove 0 rappresenta l'assenza di sensibilità, 1 corrisponde ad una sensibilità alterata o parziale e 2 esprime una sensibilità normale (anche in questo caso se alcuni dermatomeri non sono testabili si usa la dicitura NT).

Seguendo questo schema ciò che definisce la completezza della lesione è la conservazione delle funzioni neurologiche sacrali, per cui il termine "lesione completa" viene utilizzato quando sono assenti sensibilità e qualsiasi attività motoria nel più basso elemento sacrale (S4-S5), mentre il termine "lesione incompleta" viene utilizzato quando vi è una parziale conservazione delle funzioni sensoriali e/o motorie di suddetto livello (S4-S5).

L'esame motorio e della sensibilità viene definito basandosi su 5 livelli (A, B, C, D ed E) in cui il primo (A) indica una lesione completa, mentre tutti i restanti indicano i vari gradi di incompletezza di una lesione. Più nello specifico:

- Livello A – lesione completa: la funzione sensitiva e motoria non è conservata nei segmenti sacrali S4-S5
- Livello B – lesione incompleta: la funzione sensitiva, ma non quella motoria, è conservata sotto il livello neurologico e si estende ai segmenti sacrali S4-S5
- Livello C – lesione incompleta: la funzione motoria è conservata (almeno per tre segmenti) sotto il livello neurologico e la maggior parte dei muscoli chiave sotto il livello neurologico ha un grado di forza muscolare minore di 3
- Livello D – lesione incompleta: la funzione motoria è conservata (almeno per tre segmenti) sotto il livello neurologico e la maggior parte dei muscoli chiave sotto il livello neurologico ha un grado di forza muscolare uguale o superiore a 3
- Livello E – normale: le funzioni sensitive e motorie sono normali

La scala ASIA in realtà, oltre alle valutazioni appena descritte, presenta una parte con delle valutazioni sensoriali opzionali, in particolare la valutazione del senso di movimento e di posizione articolare (valutazione propriocettiva) e la valutazione della sensibilità pressoria profonda. In particolare, per valutare quest'ultimo tipo di sensibilità viene richiesta l'applicazione da parte del valutatore di una pressione di 3-5 secondi a livello del polso, delle dita, della caviglia e del ginocchio del paziente in tutti quei casi in cui siano assenti sia la sensibilità tattile superficiale che quella dolorifica. Il punteggio assegnato in questo caso è di tipo binario, 0 o 1, dove 0 indica l'assenza di sensibilità e 1 ne indica la presenza (Kirshblum et al., 2011).

## 2.2. La propiocezione

Con il termine propiocezione (dal latino “proprius” (sé stesso) e “receptus” (ricevere)), coniato dal neurofisiologo Charles Sherrington nel 1906, si intende il senso di posizione e di movimento degli arti e del corpo che si ha indipendentemente dalla vista.

In letteratura questa nozione di “auto-percezione” ha assunto, nel tempo, una serie di denominazioni che ne hanno creato una sorta di ambiguità; tra queste: il senso della posizione (articolare), la cinestesia, il senso del movimento, la posizione del corpo nello spazio, il senso dello sforzo o il senso della forza (Hiller et al., 2015). Ad esempio, Berthoz definisce classicamente la cinestesia come il senso del movimento, di cui la propiocezione (senso di posizione e di velocità) è una parte, insieme ai recettori cutanei e ai sistemi vestibolari e visivi. Al contrario, altri autori citano la propiocezione come avente 3 submodalità: kinestesi, senso della posizione articolare e sensazione di forza. Altri ancora aggiungono di nuovo la posizione

statica del segmento del corpo, lo spostamento, la velocità, l'accelerazione e il senso muscolare di forza, sforzo o pesantezza all'elenco dei costrutti propriocettivi.

Quello che emerge nel campo clinico è che l'applicazione confusa e incoerente di questi termini sembra riflettere il lento processo di comprensione che l'uomo sta avendo circa la percezione del proprio corpo.

Ad oggi è noto che la propiocezione, che risulta essere un sistema complesso che coinvolge sia sistemi periferici che centrali (Hiller et al., 2015) e che può essere diviso in senso di posizione statica o in senso di movimento degli arti, si basa su popolazioni di neuroni meccanosensoriali distribuiti in tutto il corpo: i propriocettori (Tuthill, 2018), al contrario di altri sistemi sensoriali, tra cui la vista, il gusto, l'olfatto, l'udito e il sistema vestibolare che presentano popolazioni neuronali localizzate in aree specifiche.

Più nello specifico, la propiocezione, che è considerata uno dei sottosistemi all'interno del sistema somatosensoriale (insieme al dolore, al tatto e alla sensazione termica) ha natura interocettiva in quanto le informazioni sensoriali derivano da cambiamenti all'interno delle strutture. Questa classificazione è in contrapposizione con l'esterocezione, sistema in cui lo stimolo ha origine dall'esterno del corpo, ad esempio il calore esterno per la termoricezione o gli stimoli leggeri per la visione (Hiller et al., 2015).

### 2.2.1. Importanza della propiocezione nel paziente con lesione midollare

La propiocezione, assieme agli altri sensi, risulta avere una fondamentale importanza per quanto riguarda il controllo motorio nelle operazioni di feedback. Più nel dettaglio i propriocettori, ossia le popolazioni di neuroni meccanosensoriali coinvolti in questo sistema, svolgono un ruolo fondamentale sia per la pianificazione motoria (feedforward per l'anticipazione, la preparazione e la pianificazione della risposta) che per innescare dei meccanismi di adattamento che permettano di effettuare dei cambiamenti delle prestazioni durante le attività (feedback).

Nel caso in cui la propiocezione venga persa, dal punto di vista clinico, quello a cui si assiste è una perdita del controllo del movimento per cui la persona è obbligata a fare affidamento all'input visivo per i processi di feedforward e feedback sopra descritti. Tutto questo può manifestarsi anche con una difficoltà nell'apprendere il movimento o nel migliorare la qualità dello stesso o ancora nel mantenere la qualità su una serie di ripetizioni a causa dell'assenza di

feedback per l'adattamento e il perfezionamento delle abilità, oltre a presentarsi con problemi di equilibrio o di locomozione (Hiller et al., 2015).

Il feedback propriocettivo non è solo essenziale per il controllo motorio nelle persone sane, ma risulta anche essere fondamentale per consentire il recupero dal punto di vista locomotorio nelle persone che hanno subito una lesione al midollo spinale (Takeoka, 2020).

Da numerosi studi si evince che le persone affette da lesione midollare possono manifestare delle menomazioni significative per quanto riguarda la funzione propriocettiva degli arti inferiori (Chisholm et al., 2016; Domingo et al., 2014), la quale potrebbe essere la causa di una scarsa integrazione sensomotoria a livello corticale che impedirebbe un'adeguata produzione motoria. L'assenza del feedback propriocettivo può quindi portare ad un controllo motorio alterato, anche in assenza di compromissioni del sistema motorio (Rothwell et al., 1982).

La lesione del midollo spinale disconnette la comunicazione tra il cervello e il midollo spinale che è essenziale per il controllo del movimento del corpo; in particolare vi è un'interruzione delle vie discendenti che comporta un'insufficiente spinta eccitatoria alle reti spinali caudali alla lesione che si manifesta con una compromissione motoria di tipo permanente. Tuttavia, le lesioni incomplete sono spesso associate al recupero motorio spontaneo sia negli esseri umani che nei modelli sperimentali (Curt et al., 2008; Rossignol et al., 2009).

Alla luce di questo uno dei meccanismi di circuito essenziali per ottenere tale recupero dopo un infortunio incompleto è l'istituzione di circuiti di deviazione discendenti per innervare i circuiti spinali sotto il livello lesionale, formando un ponte funzionale che bypassa il sito di lesione.

Un recente studio ha dimostrato che tra le popolazioni di feedback somatosensoriale, i fusi muscolari innervanti degli afferenti propriocettivi (PA), posizionati bilateralmente a ciascun segmento del midollo spinale, sono essenziali per il recupero locomotore spontaneo dopo una lesione incompleta del midollo spinale in quanto trasmettono informazioni sullo stato di contrazione e carico muscolare dagli organi dei sensi periferici al SNC (Takeoka et al., 2014). Le informazioni propriocettive relative al movimento raggiungono quindi i circuiti spinali in tutto il midollo spinale per stabilizzare e perfezionare l'uscita motoria.

Queste alterazioni della connettività neuronale indotte dalla lesione sono cruciali per attivare i circuiti spinali sottostanti alla lesione, infatti, i circuiti spinali mantengono la capacità di generare schemi motori di base anche dopo la lesione e questi percorsi non convenzionali sono spesso adeguati a ristabilire le funzioni motorie di base (Takeoka e Arber, 2019). I cambiamenti che avvengono all'interno dei circuiti neuronali risparmiati e che portano alla riorganizzazione del sistema nervoso dopo la lesione, prendono il nome di neuroplasticità, ovvero la capacità del

sistema nervoso centrale di riorganizzarsi dal punto di vista anatomico (Dietz e Fouad, 2014). Questi cambiamenti si verificano a diversi livelli anatomici e fisiologici, ovvero coinvolgono il midollo spinale, il tronco cerebrale e la corteccia cerebrale. La fonte più importante per promuovere la plasticità neuronale è costituita dai feedback propriocettivi (Xerri, 1998); il feedback propriocettivo non è solo essenziale per consentire l'inizio del recupero locomotorio ma è necessario anche per mantenere la funzione motoria recuperata (Takeoka e Arber, 2019).

Alla luce di quanto appena detto, considerando che il ritorno alla deambulazione risulta essere una delle priorità della persona affetta da lesione midollare (Anderson, 2004) e che la propriocezione gioca un ruolo chiave per il riottenimento del cammino stesso, nasce la necessità di avere degli strumenti di valutazione oggettivi che possano andare a valutare questa funzione (Dambreville et al., 2019).

### 2.3. La scala PASCI

Come già descritto nella tesi precedente in letteratura sono attualmente presenti due scale validate che valutano la propriocezione nel paziente con lesione midollare che tuttavia vengono poco utilizzate nella clinica: queste sono la parte opzionale della scala ASIA e la scala RASP.

La parte opzionale della scala ASIA va a valutare il senso di posizione dell'articolazione e la percezione del movimento articolare mediante una mobilizzazione effettuata dall'operatore che stabilizza il segmento prossimale e mobilizza quello distale partendo da un range intermedio di movimento, mentre il soggetto tiene gli occhi chiusi. Al paziente viene chiesto di riferire quando viene percepito il movimento e la direzione dello stesso in termini di sopra/sotto e/o dentro/fuori e viene assegnato un punteggio che va da 0, propriocezione assente, a 2, propriocezione mantenuta (1 si assegna quando la propriocezione è alterata ma comunque il pz risulta in grado di rilevare il movimento articolare con 8 risposte corrette su 10 tentativi per quanto riguarda gli ampi movimenti articolari, mentre non è in grado di percepire i piccoli movimenti articolari). Le articolazioni che possono essere testate includono l'interfalangea del pollice, l'interfalangea prossimale del mignolo, il polso, l'interfalangea dell'alluce, la caviglia e il ginocchio (Kirshblum et al., 2011). La scala ASIA ha sì il vantaggio di essere validata per lesioni midollari, ma nella pratica clinica, questa sua parte opzionale risulta essere scarsamente utilizzata in quanto viene ritenuta poco precisa dal momento che non fornisce indicazioni in merito alla posizione di partenza del soggetto e alle prese da effettuare per mobilizzare le varie articolazioni.



La scala RASP (Rivermead Assessment of Somatosensory Performance) valuta, invece, diversi aspetti della sensibilità, tra cui la propiocezione. In particolare, di questa, la valutazione prevede una serie di sottotest che comportano il rilevamento della posizione e del movimento degli arti. Si fanno diverse prove e poi viene chiesto al paziente di chiudere gli occhi mentre l'esaminatore effettua il movimento dell'articolazione. Vengono somministrate un totale di 30 prove (6 per ogni articolazione) per lato, per ognuna delle quali al paziente viene chiesto di rilevare il movimento e la sua direzione. Il range di movimento per ogni articolazione è di circa 20° su entrambi i lati dalla posizione mediana, nel piano di flesso-estensione. Anche questa scala, tuttavia, viene scarsamente utilizzata in quanto risulta essere molto costosa.

Alla luce di quanto appena detto è nata l'esigenza di creare una scala valida, affidabile ed economica che vada a valutare la sensibilità propriocettiva dei pazienti affetti da lesione midollare e che possa essere facilmente utilizzata nella clinica: questa nuova scala, sviluppata a partire da un'altra scala non validata creata presso l'Unità Spinale dell'Ospedale San Bortolo di Vicenza, è la PASCI (Proprioception Assessment in Spinal Cord Injury) (ALLEGATO A).

La scala PASCI è una scala composta da 24 items: 18 items obbligatori, divisi in arti superiori e arti inferiori, e 6 opzionali per ogni emisoma.

Le articolazioni testate nella parte obbligatoria sono anca, ginocchio e caviglia per l'arto inferiore e spalla, gomito e polso per quello superiore. La parte opzionale va invece a valutare l'articolazione metatarso-falangea del primo dito per l'arto inferiore e quella metacarpo-falangea per quello superiore. I movimenti testati più nello specifico sono: abd-adduzione per anca e spalla e flesso-estensione per ginocchio, caviglia, alluce, gomito, polso e pollice.

Per ogni articolazione in particolare vengono testati 3 items:

- Muovo? (valutazione del senso di movimento)
- Cosa muovo? (valutazione del senso di movimento)
- Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (posizione 1 e posizione 2) (valutazione del senso di posizione)

Per ogni item il paziente può totalizzare un punteggio di tipo binario, da 0 a 1, dove 0 indica che il paziente ha dato una risposta sbagliata o non è in grado di rispondere e 1 indica che il paziente ha dato una risposta corretta in almeno una delle due ripetizioni dell'item. Si può inoltre inserire la dicitura NV nel caso in cui l'item non risulti valutabile per il dolore o per la

spasticità. Alla luce di quanto appena detto è possibile totalizzare un punteggio massimo di 6 punti per ogni distretto articolare di ogni emilato e quindi un punteggio complessivo di 18 punti sia per l'arto superiore che per quello inferiore destro o sinistro.

Il tempo richiesto per la somministrazione della scala risulta essere di 10-15 minuti, inoltre questa scala ha il vantaggio di poter essere somministrabile in pazienti con lesione midollare sia in fase acuta che in fase cronica, oltre che ad intervalli di tempo regolari dall'ingresso del paziente in reparto fino alla sua dimissione.

Per garantire un'adeguata somministrazione è stato inoltre creato un vademecum (ALLEGATO B) nel quale vengono indicate la posizione di partenza del paziente e la presa che deve essere effettuata dall'operatore per valutare quanto più oggettivamente possibile il paziente (si è deciso di utilizzare la stessa presa per mobilizzare tutte le articolazioni dell'arto inferiore e un'altra presa per tutte le articolazioni dell'arto superiore, in modo da evitare ogni possibile facilitazione al paziente, che potendo avere in taluni casi una sensibilità tattile integra, potrebbe riconoscere l'articolazione mobilizzata in base alla variazione di presa dell'operatore). L'articolazione metatarso-falangea e la metacarpo-falangea del primo dito sono state inserite come parti opzionali, in quanto non risulta possibile utilizzare la stessa presa scelta per mobilizzare le altre articolazioni.

La valutazione inoltre deve essere effettuata prima esaminando gli arti inferiori e poi quelli superiori testando in maniera casuale i relativi distretti affinché il paziente non risulti facilitato nel dare la risposta, mantenendo sempre però l'ordine delle tre domande nello stesso distretto. La scala PAsCI più nello specifico può essere somministrata a persone con più di 18 anni che presentino una lesione midollare di qualsiasi tipo, sia essa completa, incompleta o discontinua, e che sappiano comprendere e rispondere a comandi semplici in lingua italiana. Vengono esclusi dalla somministrazione pazienti che abbiano un punteggio superiore a 3 nella scala Asworth.

## 2.4. Percorso di validazione di una scala di valutazione

Le scale di valutazione, elaborate a partire dagli anni '50, rappresentano parte della semeiotica della riabilitazione.

Il processo di valutazione in fisioterapia consiste in un programma strutturato di osservazioni che ha lo scopo di identificare le difficoltà che una persona manifesta, misurare la loro gravità, determinare l'impatto che esse hanno sulla vita quotidiana e monitorare i cambiamenti che si

realizzano sia come risultato di un recupero spontaneo sia come effetto di un trattamento riabilitativo.

La valutazione in campo fisioterapico effettuata mediante delle apposite scale di valutazione consiste più nello specifico in un processo di raccolta e organizzazione di informazioni rilevanti su un paziente che permettono alle persone operanti nel settore di pianificare e progettare un programma efficace di trattamento oltre che misurare i progressi avuti (Giordano et al., 2012).

Le branche della medicina sono delle discipline scientifiche, ossia discipline legate alla possibilità che i fenomeni dei quali esse si occupano siano sperimentalmente misurati e valutati. Fra queste, la riabilitazione, tuttavia, è la disciplina che meno confà a tutto ciò a causa di preconcetti, prassi consolidate, errori metodologici che hanno contribuito nel renderla storicamente poco inquadrabile tra le scienze mediche.

Ad oggi sembra che il termine corretto in riabilitazione non sia scale di valutazione, bensì scale di misurazione, in quanto il termine misurare, che significa quantificare un dato sperimentale rispetto ad un parametro preso come unità di misura, sembra essere più appropriato rispetto al termine valutare, che descrive un'elaborazione concettuale su quanto si è misurato per trarne delle considerazioni basate sulle proprie conoscenze ed esperienze.

Per effettuare una misurazione mediante una specifica scala quello che serve è definire cosa bisogna misurare con una rispettiva unità di misura per poi procedere alla misurazione in condizioni sperimentali standard.

Tra i requisiti psicometrici di una scala di misura si trovano:

- Affidabilità o attendibilità
- Validità
- Responsività

L'affidabilità è il grado con cui una misurazione è libera da errori e quindi il punteggio osservato si avvicina a quello "vero". Si riferisce alla capacità del sistema di misura di fornire risultati costanti, anche se effettuata in tempi e da operatori diversi, a patto che la grandezza in esame non abbia subito variazioni. Essa comprende due aspetti:

- La consistenza interna, che rappresenta il grado con cui le voci di una scala misurano una stessa caratteristica e viene stimata mediante il coefficiente alfa di Cronbach, che può variare da 0 ad 1 (più è vicino a 1 maggiore è la consistenza interna) (Sullivan,

2011) e la item-total correlation, ossia la correlazione tra il punteggio della domanda e il punteggio della valutazione complessivo

- La riproducibilità, che valuta il grado con cui uno strumento fornisce gli stessi risultati in somministrazioni ripetute, a patto che non siano intercorsi reali cambiamenti della variabile in esame. Quest'ultima si può distinguere in:
  - Test-retest, che valuta la stabilità di una misurazione ottenuta senza il coinvolgimento di valutatori esterni, ad esempio mediante un questionario auto-somministrato, e si differenzia dalla consistenza interna in quanto necessità di due misurazioni effettuate in due momenti diversi
  - Intra-operatore e inter-operatore, che valutano la stabilità dei dati registrati rispettivamente da un solo osservatore in tempi diversi o da due o più osservatori che valutano separatamente la stessa variabile (Vetter e Cubbin, 2019)
  - Altered forms reliability, ossia quella tra differenti forme di somministrazione di uno strumento (Franchignoni, 2006).

La validità è il grado di accuratezza con cui il test misura effettivamente quello che si vuole misurare. Se ne identificano tre diverse tipologie:

- Validità di contenuto: rappresenta il grado con cui il contenuto degli items copre tutti i domini e gli aspetti effettivamente significativi dell'ambito che lo strumento intende misurare. Essa è una valutazione soggettiva da parte di esperti del settore; un indice superiore a 0,8 rappresenta un livello accettabile di accordo tra esperti. In ambito sanitario, tuttavia, misurare la validità di contenuto risulta essere molto difficile a causa della sua complessità intrinseca, motivo per cui si considera la validità di facciata, ossia una valutazione soggettiva, in cui una comunità di clinici e/o ricercatori giudica se lo strumento misura realmente il dominio (Vetter e Cubbin, 2019)
- Validità di criterio o concorrente: si riferisce alla capacità con cui uno strumento predice i risultati ottenuti da un altro che misura lo stesso concetto, somministrato contemporaneamente o in tempo successivo. Essa viene a sua volta distinta in: validità convergente (lo strumento è altamente correlato ad altri strumenti che misurano variabili simili), validità discriminante (lo strumento è scarsamente correlato ad altri strumenti che misurano variabili diverse) e validità predittiva (lo strumento dovrebbe avere alte correlazioni con criteri futuri. Indica la capacità dello strumento di predire l'evoluzione del fenomeno che intende misurare) (Heale e Twycross, 2015)
- Validità di costrutto: valuta quanto uno strumento di misura si inquadra in un costrutto teorico precedentemente definito e non direttamente osservabile (Franchignoni, 2006).

La responsività è definita come l'abilità di uno strumento di identificare i cambiamenti significativi dal punto di vista clinico della variabile misurata. Essa può variare in funzione di diversi fattori (ad esempio dal tipo, dalla gravità o dalla durata della patologia) e non rappresenta quindi un valore assoluto attribuibile allo strumento di per sé (Franchignoni, 2006).

Tra gli attributi tecnici e pratici invece si trovano:

- Appropriatazza, che rappresenta il grado con cui lo strumento risponde alle necessità cliniche o scientifiche
- Precisione, che si riferisce all'accuratezza con cui lo strumento è in grado di cogliere reali differenze
- Interpretabilità, che descrive la possibilità di essere compresa con relativa facilità da tutti coloro che ne vengono in contatto professionalmente, sia di essere riutilizzabile da qualunque operatore con caratteristiche e addestramento adeguati
- Accettabilità da parte dei pazienti, che viene giudicata attraverso parametri diretti e indiretti, quali ad esempio l'intervista dell'interessato, la percentuale di risposta alle domande o il tempo di compilazione
- Fattibilità, che fa riferimento alla semplicità nella gestione complessiva dei dati, cioè analizza il carico tecnico-amministrativo e, più in generale, i costi globali necessari per somministrare lo strumento
- Comunicabilità, ossia il processo di traduzione che garantisca la massima equivalenza semantica, idiomatica, concettuale e pratica, tra l'originale e la nuova versione (Franchignoni, 2003; Hegell, 2003).

Si deve inoltre valutare la:

- Sensibilità della scala, ossia la capacità di uno strumento di misura di distinguere i casi dai non casi e la sua capacità di cogliere delle variazioni quantitative del costrutto esplorato
- Utilità clinica, ossia la semplicità e la rapidità della somministrazione oltre che la facilità di interpretazione dei dati raccolti. Essa non si basa su dei criteri specifici, ma per ogni strumento di misura dovrebbero essere definiti in maniera specifica diversi aspetti tra cui: numero di items, tempo richiesto per la somministrazione, istruzioni per la somministrazione, disponibilità di punteggi soglia (cut-off) e norme per interpretare i punteggi.

### **3. MATERIALI E METODI**

#### **3.1. Razionale ed obiettivo dello studio**

L'obiettivo di questo studio è quello di indagare la validità inter-operatore della scala PASCI per la valutazione della propriocezione cosciente nella persona con lesione midollare, basandosi sui risultati ottenuti dal precedente livello di studio che sviluppava appunto tale scala, andava ad indagarne la sua validità di facciata e di costruito oltre che la sua consistenza interna.

Lo scopo è quello di fornire ai fisioterapisti che lavorano con persone mielose una misura di outcome oggettiva circa la sensibilità propriocettiva con il fine di identificare una possibile prognosi, impostare un trattamento adeguato e misurare i progressi avuti mediante somministrazioni successive della scala.

#### **3.2. Protocollo di studio**

Il presente studio che ha appunto lo scopo di analizzare la validità iter-operatore della scala PASCI è definito multicentrico in quanto il processo di validazione ha coinvolto due diversi centri clinici italiani: l'Ospedale San Bortolo di Vicenza e l'Ospedale Niguarda di Milano.

La durata dello studio è di nove mesi (da febbraio ad ottobre 2023) ed è dipesa dall'individuazione dei soggetti candidati, l'individuazione dei criteri di inclusione ed esclusione, dalla statistica descrittiva e, infine, dall'esecuzione del protocollo di studio previsto.

#### **3.3. Risultati precedente livello di validazione della scala**

Il precedente livello di studio, definito multicentrico, è stato condotto in tre fasi: somministrazione di un questionario ai fisioterapisti operanti nelle Unità Spinali, sviluppo della scala e la sua validazione.

##### **3.3.1. Questionario ai fisioterapisti operanti nelle Unità Spinali**

Nella prima fase del precedente studio, ossia quella della somministrazione del questionario agli operatori che lavorano nelle Unità Spinali, sono stati coinvolti 27 operatori tra fisioterapisti (20) e terapisti occupazionali (7) provenienti da 9 Unità Spinali distribuite nel territorio italiano.

Di questi, 27 su 27, ossia la totalità, ha ritenuto utile e importante valutare la propriocezione in questo tipo di pazienti, ritenendo che la sensibilità propriocettiva incida notevolmente sul percorso riabilitativo della persona con lesione midollare e pertanto ha pensato fosse utile la presenza di una scala oggettiva che andasse a valutarla.

Dal questionario inoltre sono emersi diversi metodi utilizzati per la valutazione della propriocezione, oltre alla somministrazione della parte opzionale della scala ASIA utilizzata solo dal 15% dei terapeuti, questi sono: riconoscimento di posizioni ad occhi chiusi, test con oggetti di forma, peso e materiali differenti, movimenti a specchio dove possibile o descrizione della posizione, scale di valutazione non validate, riproduzione del movimento passivo.

La valutazione pertanto non risultava essere completamente oggettiva e la possibilità di comunicabilità dei risultati tra i diversi operatori pressoché nulla.

### 3.3.2. Sviluppo della scala

Da quanto emerso dal questionario e partendo da una scala non validata, creata presso l'Unità spinale dell'Ospedale San Bortolo di Vicenza, per la valutazione della propriocezione nella persona con lesione midollare, è stata quindi creata nella seconda fase dello studio la scala PASCi (ALLEGATO A).

La scala PASCi è la prima scala gratuita che valuta esclusivamente la sensibilità propriocettiva nella persona con lesione midollare e che non necessita di una strumentazione apposita. La somministrazione della scala è rapida, richiede, infatti circa dieci minuti e gli unici strumenti necessari per la somministrazione sono una penna, il modulo della scala e un letto su cui posizionare il paziente supino; per tale motivo questa è una scala che può essere proposta al paziente in qualsiasi momento durante una seduta riabilitativa.

È inoltre utile sia per la valutazione del paziente in fase acuta, all'ingresso in reparto, sia durante il percorso riabilitativo per monitorare eventuali miglioramenti, dati dal recupero spontaneo e dalla riabilitazione, o peggioramenti a causa del verificarsi di complicanze, andando così anche a valutare l'andamento clinico del singolo paziente durante tutta la degenza.

Le statistiche descrittive di questa scala hanno mostrato come i punteggi della scala PASCi aumentano in relazione alla completezza, determinata con il grado AIS della scala ASIA e al livello neurologico della lesione. Questo indica la rilevanza della scala PASCi nella popolazione con lesione midollare e le variazioni dei punteggi in base alle modificazioni dello stato funzionale dell'individuo.

### 3.3.3. Validazione della scala

Questa terza e ultima fase dello studio precedente ha previsto l'analisi della consistenza interna e della validità di costrutto della scala PASCI.

È stata eseguita una prima fase di somministrazione della scala a pazienti con lesione midollare che dovevano soddisfare dei rigorosi criteri di inclusione e di esclusione ricoverati presso l'Unità Spinale dell'Ospedale San Bortolo di Vicenza, l'Unità Spinale Unipolare dell'Ospedale di Niguarda (MI), l'Unità Spinale Unipolare dell'Ospedale Santa Corona di Pietra Ligure (SV) e la Casa di Cura Villa Margherita di Arcugnano (VI).

I criteri di inclusione erano:

- Età superiore a 16 anni
- Causa della lesione: traumatica o non traumatica
- Livello lesionale secondo la scala ASIA: qualsiasi
- Completezza della lesione: lesione completa o incompleta (AIS A, B, C, D, E)
- Distanza dall'evento lesivo: qualsiasi

I criteri di esclusione erano:

- Paziente non stabilizzato
- Punteggio uguale o superiore a 3 nella scala Ashworth modificata per la valutazione della spasticità
- Disturbi cognitivi
- Patologie psichiatriche
- Patologie neuromotorie di tipo centrale o periferico concomitanti o pregresse
- Amputazioni
- Presenza di barriere linguistiche che limitano la comprensione del compito
- Presenza di deformità e/o limitazioni importanti del ROM articolare

Questa fase, autorizzata dalla Direzione del reparto di Recupero e Riabilitazione Funzionale (RRF) dell'Ospedale di Vicenza, ha visto la partecipazione su base volontaria e consensuale dei pazienti nel massimo rispetto della privacy degli stessi e tutti i dati raccolti sono stati inseriti in un unico database ad accesso esclusivo degli operatori del progetto.

I soggetti con lesione midollare che hanno aderito allo studio, dopo aver verificato la loro appropriatezza rispetto ai criteri di inclusione ed esclusione, sono stati 89. L'età media del campione era 45 anni, di cui la minima era 18 anni e la massima 81 anni.



La distanza media tra il giorno della lesione e il giorno in cui sono stati raccolti i dati per lo svolgimento dello studio era di 44 mesi con una distanza minima di 1 mese e una distanza massima di 343 mesi.

In questa fase sono state analizzate per l'appunto la validità di costruito, la correlazione inter-scala e la consistenza interna attraverso un'analisi statistica.

Per quanto riguarda la validità di costruito essa è stata indagata mediante un'analisi fattoriale di tipo esplorativo, ossia un insieme di tecniche statistiche che permette di capire se le variabili misurabili sono effettivamente adatte a spiegare un determinato concetto che per sua natura non può essere direttamente misurato.

Quello che è emerso, per quanto riguarda la validità di facciata, è che i partecipanti hanno ritenuto la scala di semplice utilizzo e di rapida somministrazione, circa 10 minuti.

La validazione psicometrica è stata invece indagata mediante la verifica della dimensionalità effettuata attraverso l'Analisi delle Componenti Principali (PCA), con lo scopo di identificare il numero dei componenti sottostanti la scala, misurando l'indice di correlazione per ranghi di Spearman.

Successivamente, è stata effettuata l'Analisi delle Corrispondenza Multiple (MCA) con lo scopo di testare l'omogeneità e l'affidabilità interne degli items e l'equidistanza delle opzioni di risposta per ciascun fattore della PCA.

Quello che è stato dimostrato dalla statistica è che la scala presentava una buona correlazione item-scala per tutti gli items, mantenendosi compresa tra  $r=0,6$  e  $r=0,8$ , ad esclusione degli item relativi alla spalla che presentavano una bassa correlazione con gli altri item e con la scala (compresa tra  $r=0,1$  e  $r=0,3$ ). Se quindi dal punto di vista statistico si sarebbero potuti eliminare, la clinica ha deciso di tenerli dal momento che potevano fornire delle informazioni importanti.

La consistenza interna invece è stata analizzata calcolando le correlazioni inter-item e il coefficiente Alpha di Cronbach. Esso si è dimostrato essere variabile da 0.95 a 0.97 in relazione all'item considerato, quindi molto buono (il massimo valore dell'indice può infatti essere 1), questo ha dimostrato il fatto che gli item della scala sono sufficientemente collegati tra loro.

### 3.4. Validazione della scala

Come detto precedentemente il corrente studio si occupa di analizzare l'affidabilità inter-operatore della scala PASCI.

#### 3.4.1. Somministrazione della scala

I soggetti partecipanti allo studio sono stati selezionati e reclutati dalla popolazione di soggetti con mielolesione ricoverati presso l'Unità Spinale dell'Ospedale San Bortolo di Vicenza e l'Unità Spinale Unipolare dell'Ospedale di Niguarda (MI).

La popolazione è stata selezionata rispettando i seguenti criteri di inclusione ed esclusione.

Criteri di inclusione:

- Età superiore a 18 anni
- Distanza dall'evento lesivo: qualsiasi
- Livello lesionale secondo la scala ASIA: qualsiasi
- Completezza della lesione: lesione completa o incompleta (AIS A, B, C, D, E)
- Causa della lesione: traumatica o non traumatica

Criteri di esclusione:

- Paziente non stabilizzato
- Punteggio uguale o superiore a 3 nella scala Ashworth modificata per la valutazione della spasticità
- Disturbi cognitivi
- Patologie psichiatriche
- Patologie neuromotorie di tipo centrale o periferico concomitanti o pregresse
- Amputazioni
- Presenza di barriere linguistiche che limitano la comprensione del compito
- Presenza di deformità e/o limitazioni importanti del ROM articolare

E tenendo conto delle seguenti statistiche descrittive (Tabella I):

Tabella I. statistica descrittiva dei pazienti

<b>Variabili</b>	<b>Categoria</b>
Età	
Tempo trascorso dalla LM	
Livello neurologico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cervicale</li> <li>• Toracico alto</li> <li>• Toracico basso</li> <li>• Lombare</li> </ul>
Grado ASIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A</li> <li>• B</li> <li>• C</li> <li>• D</li> </ul>
Tipologia evento lesivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traumatico</li> <li>• Non traumatico</li> </ul>

Prima di procedere con la somministrazione della scala di valutazione, è stata visionata la cartella clinica di ogni paziente, al fine di raccogliere i dati clinico-demografici di interesse: iniziali, data di nascita, grado AIS, data dell'evento lesivo, tipologia di evento (traumatico/non traumatico) e la presenza di problematiche cognitive, psichiatriche, neuromotorie di tipo centrale o periferico concomitanti che non rispettano i criteri di inclusione ed esclusione.

Lo studio è stato autorizzato dalla Direzione del reparto di Recupero e Riabilitazione Funzionale (RRF) dell'Ospedale di Vicenza e approvato dal comitato etico (delibera n. 705 del 27 aprile 2023). La partecipazione allo studio è avvenuta su base volontaria e i partecipanti hanno espresso in forma scritta il consenso dopo aver attentamente letto i moduli sulla privacy e sul protocollo di studio. I dati personali sono stati trattati nel massimo rispetto della privacy della persona, impiegati al solo fine della ricerca e conservati in modo tale da impedire la consultazione da parte di terzi.

Tutti i dati sono stati registrati in un unico database al quale hanno accesso solo gli operatori del progetto.

La scala è stata somministrata a tutti i pazienti a tempo  $t_0$  da due operatori (operatore 1 e operatore 2), aventi il medesimo background clinico e professionale, e i risultati sono stati man mano raccolti compilando le rispettive scale di valutazione in formato cartaceo. Alla fine delle valutazioni essi sono stati inseriti in formato digitale in un database comune con lo scopo di renderli più accessibili agli statistici che ne hanno dovuto effettuare l'analisi statistica.

### 3.4.2. Metodi statistici

La valutazione della validità intra-operatore della scala PASCi è stata eseguita mediante un'analisi statistica effettuata presso il Dipartimento di Diagnostica e Sanità Pubblica, Sezione di Epidemiologia e Statistica Medica dell'Università di Verona calcolando l'agreement, che in termini statistici serve per indicare il livello di accordo tra due osservatori che misurano lo stesso fenomeno, e il coefficiente Kappa di Cohen, che altro non è che un indice statistico che permette di valutare il grado di accordo tra due valutazioni qualitative effettuate sulle stesse unità statistiche.

L'agreement è stato calcolato mediante l'uso di una matrice in cui le colonne rappresentavano i diversi valutatori, in questo caso valutatore 1 e valutatore 2, e le righe rappresentavano le variabili per le quali i valutatori avevano raccolto i dati. I dati elaborati sono stati espressi sotto forma di percentuale.

Il coefficiente Kappa di Cohen è stato eseguito applicando la seguente formula:

$$\kappa = \frac{\text{Pr}(a) - \text{Pr}(e)}{1 - \text{Pr}(e)}$$

Dove Pr(a) rappresenta l'accordo effettivamente osservato e Pr(e) rappresenta l'accordo casuale. La dimensione del campione consiste nel numero di osservazioni effettuate attraverso le quali vengono confrontati i valutatori. La kappa si basa sulla tabella chi-quadrata e la Pr(e) si ottiene attraverso la seguente formula:

$$\text{Atteso(Chance)Accordo} = \frac{\left(\frac{cm^1 \times rm^1}{n}\right) + \left(\frac{cm^2 \times rm^2}{n}\right)}{n}$$

Dove:

- cm1 rappresenta la colonna 1 marginale
- cm2 rappresenta la colonna 2 marginale
- rm1 rappresenta la riga 1 marginale
- rm2 rappresenta la riga 2 marginale
- n rappresenta il numero di osservazioni (non il numero di valutatori)

Se il coefficiente Kappa di Cohen, calcolato in un intervallo che va da 0 ad 1, dà valori compresi tra 0.81 e 1 significa che la concordanza è quasi perfetta. Valori di kappa < 0.20 indicano una

concordanza scarsissima, valori tra 0.21 e 0.40 una concordanza minima, tra 0.41 e 0.60 una concordanza moderata e tra 0.61 e 0.80 una concordanza sostanziale. Valori di Kappa inferiori a 0 sono possibili ma molto improbabili nella pratica (McHugh, 2012).

## 4. RISULTATI

### 4.1. Statistiche descrittive

Le statistiche descrittive sono state utilizzate per analizzare le caratteristiche del campione oggetto di studio (Tabella II).

Tabella II. Statistiche descrittive campione oggetto di studio

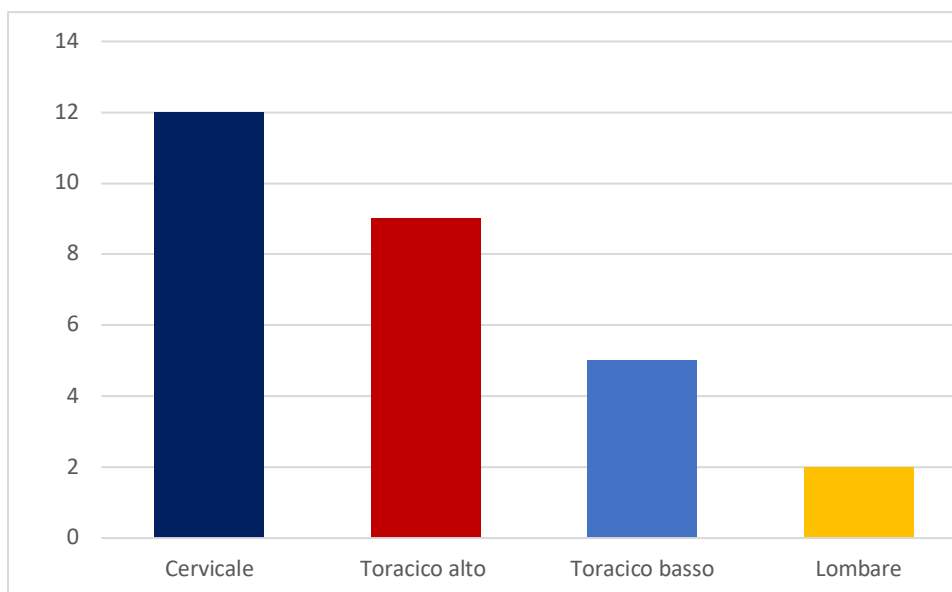
Variabili	Categoria	n (%)	Min	Max	Media
Età		28	21 anni	82 anni	48 anni
Tempo trascorso dalla LM		28	1 mese	484 mesi	24 mesi
Livello neurologico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cervicale</li><li>• Toracico alto</li><li>• Toracico basso</li><li>• Lombare</li></ul>	12 (42,9%) 9 (32,1%) 5 (17,9%) 2 (7,1%)			
Grado ASIA	<ul style="list-style-type: none"><li>• A</li><li>• B</li><li>• C</li><li>• D</li></ul>	11 (39,3%) 8 (28,5%) 5 (17,9%) 4 (14,3%)			
Tipologia evento lesivo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Traumatico</li><li>• Non traumatico</li></ul>	22 (78,6%) 6 (21,4%)			

I soggetti con lesione midollare che hanno aderito allo studio, dopo aver verificato la loro appropriatezza rispetto ai criteri di inclusione ed esclusione, sono stati 28. L'età media del campione è 48 anni, di cui la minima è 21 anni e la massima 82 anni. La causa della lesione è traumatica per il 78,6% (22) del campione e non traumatica per il 21,4% (6). Il 39,3% (11) del campione presenta una lesione completa secondo la scala ASIA (AIS A), il 28,5% (8) una lesione incompleta con sensibilità conservata (AIS B), il 17,9% (5) una lesione incompleta con motricità ridotta (AIS C) e il restante 14,3% (4) presenta una lesione incompleta con funzione motoria conservata (AIS D).

Per quanto riguarda, invece, il livello della lesione, il 42,9% (12) del campione è costituito da pazienti con tetraplegia con lesione C2-C7, il 32,1% (9) da pazienti con paraplegia con lesione T1- T7, il 17,9% (5) da pazienti con paraplegia con lesione T8-T12 e il restante 7,1% (2) è costituito da pazienti con paraplegia con lesione L1-L4. Le lesioni più frequenti risultano essere quindi le lesioni cervicali (Grafico I). La distanza media tra il giorno della lesione e il giorno in

cui sono stati raccolti i dati per lo svolgimento dello studio è di 24 mesi con una distanza minima di 1 mese e una distanza massima di 484 mesi.

Grafico I. Classificazione del campione secondo il livello lesionale



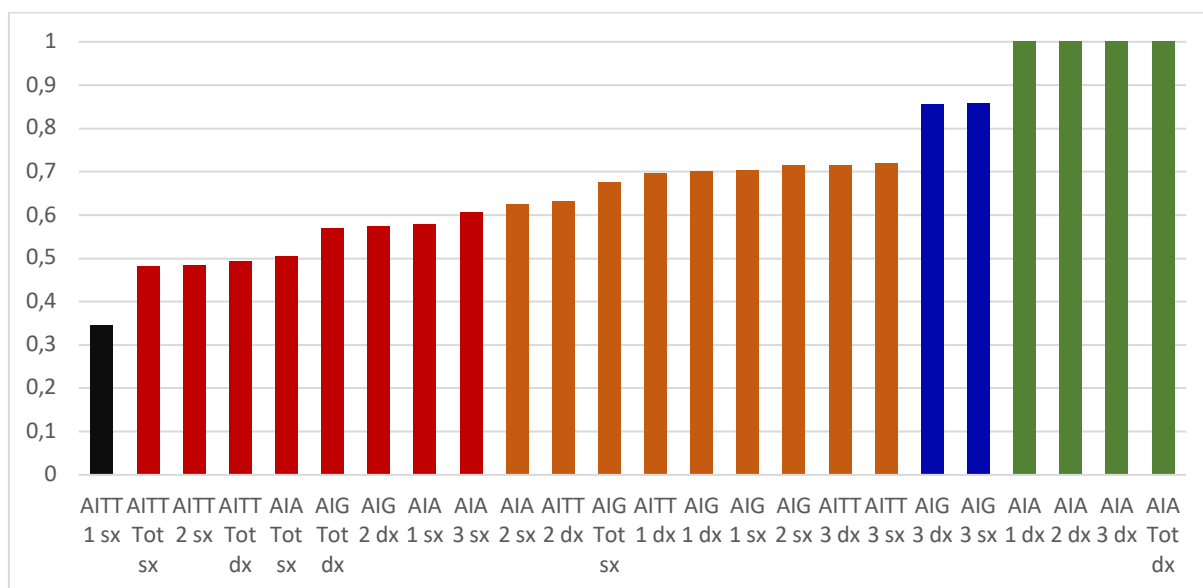
## 4.2. Proprietà psicometriche della scala

Vengono di seguito presentati i risultati ottenuti dall'analisi statistica effettuata con i dati ricavati dalla somministrazione della scala a 28 persone con lesione midollare.

### 4.2.1. Validità inter-operatore

L'analisi statistica della parte relativa agli arti inferiori (anca, indicato con la lettera A, ginocchio, indicato con la lettera G e tibio-tarsica, indicato con la lettera TT) ha messo in luce che: 1 item ha ottenuto una concordanza minima, con valore di Kappa compreso tra 0.21 e 0.40 (AITT 1 sx), 8 hanno ottenuto una concordanza moderata, con valori di Kappa compresi tra 0.41 e 0.60 (AITT Tot sx, AITT 2 sx, AITT Tot dx, AIA Tot sx, AIG Tot dx, AIG 2 dx, AIA 1 sx e AIA 3 sx), 9 una concordanza sostanziale, con valori di Kappa compresi tra 0.61 e 0.80 (AIA 2 sx, AITT 2 dx, AIG Tot sx, AITT 1 dx, AIG 1 dx, AIG 1 sx, AIG 2 sx, AITT 3 dx e AITT 3 sx), 2 una concordanza quasi perfetta, con valori di Kappa compresi tra 0.81 e 0.99 (AIG 3 dx e AIG 3 sx) e 4 una concordanza perfetta, con valore di Kappa pari a 1 (AIA 1 dx, AIA 2 dx, AIA 3 dx e AIA Tot dx). Tutti i valori sono riportati nel grafico II.

Grafico II. Kappa di Cohen arto inferiore



Kappa minima
  Kappa moderata
  Kappa sostanziale
  Kappa quasi perfetta
  Kappa perfetta

Sulla base di quanto appena descritto quello che si può affermare è che:

- La totalità degli items relativi all'anca destra (AIA 1 dx, AIA 2 dx, AIA 3 dx e AIA Tot dx) ha ottenuto un valore di Kappa pari a 1, mentre valori di Kappa minori sono stati trovati per l'anca sx (il valore massimo è relativo all'item AIA 2 sx con una Kappa pari a 0.6237 e il minimo è relativo all'item AIA 1 sx con una Kappa pari a 0.5789) (ALLEGATO C)
- La maggioranza degli items relativi al ginocchio hanno ottenuto valori di Kappa abbastanza alti, anche se in genere inferiori a quelli relativi all'anca (i valori massimi sono relativi agli items AIG 3 di dx e di sx con una Kappa rispettivamente di 0.8549 e 0.8579). Anche gli items che hanno ottenuto la Kappa più bassa, ossia AIG 2 dx che ha un valore di Kappa pari a 0.5736 e AIG Tot di dx che ha un valore di Kappa pari a 0.5684, rientrano comunque nel range della concordanza moderata (ALLEGATO D)
- Gli items relativi alla tibio-tarsica sono quelli che nel complesso hanno ottenuto punteggi più bassi, la loro Kappa infatti va dal valore massimo di 0.7186 dell'item AITT 3 sx a quello minimo di 0.3450 dell'item AITT 1 sx (ALLEGATO E).

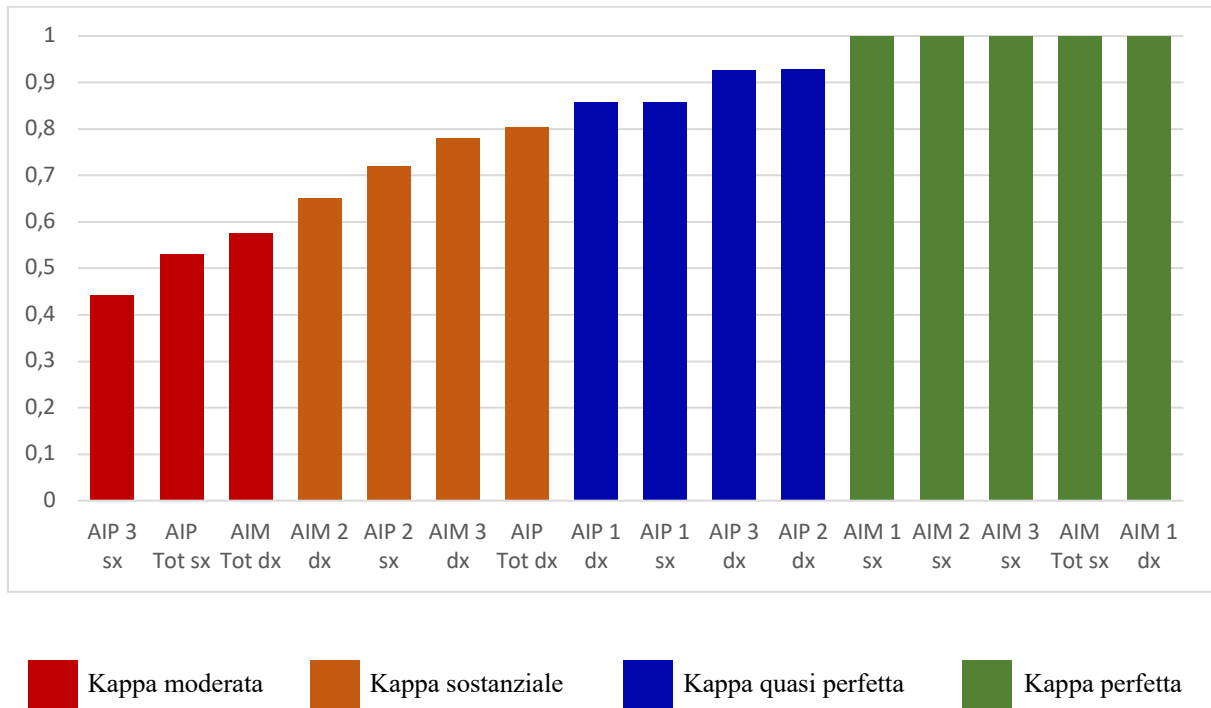
La spiegazione dei dati sopra descritti, in particolare dei valori molto alti di Kappa ottenuti a livello dell'anca, sembrerebbe risiedere nel fatto che essendo essa un'articolazione prossimale potrebbe ricevere maggiori influenze propriocettive dal tronco e questo potrebbe facilitarne il riconoscimento di posizioni e movimento. Il medesimo ragionamento disto-prossimale si potrebbe applicare anche per i valori ottenuti a livello del ginocchio e della tibio-tarsica.



Per quanto riguarda l'analisi statistica della parte relativa agli arti superiori (spalla, indicato con la lettera S, gomito, indicato con la lettera G e polso, indicato con la lettera P) si è visto che per la totalità degli items la concordanza calcolata con il coefficiente Kappa di Cohen risultava essere pari a 1, ossia concordanza totale. Dal punto di vista statistico questo si traduce nell'impossibilità di analizzare i dati in quanto non risulta essere presente alcun tipo di variabilità. Questi risultati sono in parte dovuti al fatto che la maggioranza del campione è costituita da pazienti con paraplegia, aventi sensibilità propriocettiva conservata a livello degli arti superiori. La scelta di arruolare pazienti con paraplegia oltre che con tetraplegia è stata fatta al fine di ottenere una rappresentazione completa di tutte le lesioni midollari, siano esse tetraplegie o paraplegie, complete o incomplete. La scelta di effettuare la valutazione della propriocezione relativa agli arti superiori nei pazienti con paraplegia, che di per sé appunto non hanno alcun tipo di deficit propriocettivo nella parte superiore del corpo, invece, risiede nel fatto che per ottenere una coerenza metodologica la valutazione deve essere la medesima per tutti. (ALLEGATI G, H, I e L).

L'analisi statistica relativa alla parte opzionale (pollice, indicato con la lettera P, ed alluce, indicato con la lettera M) ha descritto che nessuno degli items valutati ha ottenuto un valore della Kappa di Cohen inferiore a 0,41, indice di una concordanza scarsissima ( $Kappa < 0.20$ ) o minima ( $0.21 < Kappa < 0.40$ ). 3 valori hanno ottenuto una concordanza moderata, con valori di Kappa compresi tra 0.41 e 0.60 (AIP 3 sx, AIP Tot sx e AIP Tot dx), 4 una concordanza sostanziale, con valori di Kappa compresi tra 0.61 e 0.80 (AIM 2 dx, AIP 2 sx, AIM 3 dx e AIP Tot dx), 4 una concordanza quasi perfetta, con valori di Kappa compresi tra 0.81 e 0.99 (AIP 1 dx, AIP 1 sx, AIP 3 dx, AIP 2 dx) e 5 una concordanza perfetta, con valore di Kappa pari a 1 (AIM 1 sx, AIM 2 sx, AIM 3 sx, AIM Tot sx e AIM 1 dx). Tutti i valori sono riportati nel grafico III.

Grafico III. Kappa di Cohen parte opzionale



Dall'analisi dei dati relativi alla parte opzionale quello che si evince è che la maggior parte degli items (13 su 16) hanno ottenuto una Kappa di Cohen elevata (Kappa compresa tra 0.6500 e 1). Questo in statistica si traduce in una buona concordanza tra i punteggi dati al singolo paziente per singolo item dai due diversi valutatori a tempo  $t_0$ . In particolare, i valori massimi della Kappa sono stati trovati per i dati relativi al pollice della mano (AIM), dove tutti gli items della parte sinistra e l'item 1 (muovo/non muovo?) di quella destra hanno dato valore pari a 1 (ALLEGATO N). Come già descritto precedentemente con gli items relativi all'arto superiore, questi valori molto alti di Kappa riguardanti la propriocezione del pollice sono una conseguenza del fatto che la maggioranza del campione è composta da pazienti con paraplegia, ossia pazienti che non hanno alcun deficit di sensibilità agli arti superiori. Quello che può sembrare discordante con quanto appena detto è che il valore di AIM Tot dx, anch'esso relativo all'arto superiore, abbia in realtà ottenuto un valore di Kappa abbastanza basso ( $K = 0.5758$ ); la spiegazione sta nel fatto che nonostante l'item AIM 1 dx abbia dato Kappa uguale a 1, gli item AIM 2 e 3 dx hanno ottenuto punteggi nettamente più bassi ( $K_{AIM 2 dx} = 0,6500$  e  $K_{AIM 3 dx} = 0,7812$ ).

Altro dato interessante riguarda la valutazione del pollice del piede dx, dove tutti gli items (AIP 1 dx, AIP 2 dx e AIP 3 dx) hanno dato dei valori di Kappa molto alti, compresi tra 0.8571 e 0.9278 (ALLEGATO M).

## 5. DISCUSSIONE

Questo studio si è posto l'obiettivo di indagare la validità inter-operatore della scala PAsCI (Proprioception Assessment in Spinal Cord Injury) per la valutazione della sensibilità propriocettiva cosciente degli arti superiori e inferiori nella persona con lesione midollare. La scala PAsCI è uno strumento di misura che valuta i due principali aspetti della propriocezione: il senso di posizione e il senso di movimento.

La lesione midollare interrompe la comunicazione tra le due diverse componenti del sistema nervoso centrale, l'encefalo e il midollo spinale, determinando così un blocco del sistema di controllo del movimento. Questo processo è legato al fatto che le vie discendenti del midollo vengono interrotte dalla lesione e pertanto non possono più fornire uno stimolo eccitatorio sufficiente ai circuiti spinali caudali alla lesione stessa: questo si traduce in una disabilità motoria di tipo permanente. È noto, tuttavia, che nei pazienti con lesione midollare incompleta, mano a mano che lo stadio della lesione passa da acuto a cronico, si ha un miglioramento di quella che è la funzione sensomotoria grazie al fatto che l'incompletezza permette al corpo di creare dei nuovi circuiti che hanno lo scopo di formare un ponte funzionale che aggira il sito della lesione (Takeoka e Arber, 2019).

Sulla base di quanto appena detto la valutazione della propriocezione in questo tipo di pazienti risulta quindi essere di fondamentale importanza per riuscire a capire quale sarà la loro possibile prognosi. Da qui appunto la necessità di avere una scala di valutazione valida ed affidabile che vada ad indagare tali aspetti nelle persone che hanno avuto questo tipo di lesione.

A questo scopo è nata, nel 2021, la scala PAsCI, la prima scala gratuita che valuta esclusivamente la sensibilità propriocettiva nella persona con lesione midollare e che non necessita di una strumentazione apposita per essere somministrata. Valutare la propriocezione mediante la PAsCI è rapido, la scala richiede infatti solamente circa 10 minuti per essere somministrata, e necessita solo di pochi strumenti reperibili in tutte le palestre fisioterapiche: una penna, il modulo della scala e un letto su cui posizionare il paziente supino. Questo si traduce nella possibilità di effettuare la valutazione in qualsiasi momento della seduta riabilitativa. Per avere un inquadramento quanto più generale possibile, inoltre, questa scala può essere somministrata al paziente sia in fase acuta, per ottenerne una fotografia iniziale, sia ad intervalli di tempo successivi per evidenziare le modifiche ottenute nel tempo. È noto, infatti, che il paziente dopo una lesione midollare rimanga per lungo tempo ricoverato nel reparto di Unità Spinale e proprio durante il ricovero vada incontro a numerosi cambiamenti relativi al quadro clinico, i quali devono essere monitorati e valutati. Alla luce di quanto sopra detto,

quindi, è lecito pensare che la scala PASCi possa essere inserita all'interno di una batteria di valutazioni standard specifiche per la patologia utilizzate nelle varie Unità Spinali nazionali ed internazionali.

Per la valutazione si è scelto di seguire un ordine randomico delle articolazioni (es. anca – tibio-tarsica - ginocchio o ginocchio – anca – tibio-tarsica ecc.) al fine di ridurre al massimo la facilitazione del paziente ed ottenere quindi dei valori più affidabili dal punto di vista statistico. Eseguire infatti la medesima valutazione seguendo un ordine ben definito delle articolazioni in senso prossimo-distale, del tipo anca – ginocchio – tibio-tarsica o spalla – gomito - polso a pochi minuti di distanza dal valutatore 1 e dal valutatore 2 potrebbe facilitare molto il paziente nel dare la risposta corretta durante la seconda somministrazione della scala, soprattutto per quanto riguarda gli items 1 (muovo/non muovo?) e 2 (cosa muovo?).

Si è inoltre evidenziata la necessità di eseguire la valutazione da parte dell'operatore 1 e dell'operatore 2 a distanza molto breve di tempo (in termini di minuti) a causa del fatto che molti pazienti manifestano una modifica del tono tra mattina e pomeriggio la quale risulta influenzare di molto i risultati ottenuti (si è visto infatti che l'aumento del tono, riscontrabile nella maggior parte dei casi al pomeriggio, risulta essere correlato con una minor capacità di discriminare il movimento e la posizione delle articolazioni nello spazio).

L'analisi della validità inter-operatore della scala PASCi ha mostrato soddisfacenti valori della Kappa di Cohen, indice di una buona concordanza tra le valutazioni eseguite dai due terapisti sullo stesso paziente nello stesso momento.

Analizzando i dati ottenuti emerge come vi sia una differenza sostanziale tra le valutazioni eseguite agli arti superiori (compreso il pollice esaminato dalla parte opzionale della scala) e quelle eseguite agli arti inferiori (compreso l'alluce esaminato dalla parte opzionale della scala): la Kappa di Cohen degli arti superiori, infatti, risulta essere nettamente superiore, con una concordanza pressoché perfetta per quasi tutti gli items, rispetto a quella degli arti inferiori. Questo può essere spiegato dal fatto che la maggioranza del campione scelto risulta essere costituito da persone con paraplegia che quindi non hanno alcun tipo di deficit motorio e/o sensitivo agli arti superiori. La scelta di includere pazienti con questo tipo di lesione e di valutarne la propriocezione degli arti superiori risiede nel fatto che dal punto di vista statistico risulta importante da un lato avere un campione che rappresenti tutti i tipi di lesioni midollari, siano esse tetraplegie o paraplegie, complete o incomplete e dall'altro, per ottenere una coerenza metodologica, eseguire a tutti la medesima valutazione.

Un'ulteriore differenza nei valori della Kappa si riscontra inoltre all'interno degli items relativi alle diverse articolazioni dell'arto inferiore: quello che si evince è come la Kappa relativa all'anca risulti dare valori superiori in media rispetto a quella del ginocchio e, in misura ancora maggiore, della tibio-tarsica. Questo può trovare una spiegazione nel fatto che essendo l'anca un'articolazione prossimale potrebbe ricevere maggiori influenze propriocettive dal tronco rispetto ai distretti più distali cosa che risulterebbe facilitare il riconoscimento di posizioni e movimento.

Ancora, quello che si evidenzia è come i valori della Kappa relativi agli items globali degli arti inferiori dx e sx e della loro somma assuma valori nettamente inferiori a quelli ottenuti dall'analisi dei singoli distretti; questo può essere spiegato dal fatto che ottenere le medesime valutazioni per 18 items da parte dei due operatori che somministrano la scala è molto più complicato che ottenere lo stesso risultato per un singolo item (ALLEGATO F).

### 5.1. Punti di forza e limiti dello studio

Durante l'esecuzione del protocollo di studio previsto sono emersi dei punti di forza e dei limiti. Il limite riscontrato riguarda la numerosità del campione, infatti per valutare la validità inter-operatore di una scala contenente 18 items per ogni emisoma, la statistica suggerisce di raccogliere un numero di pazienti non inferiore a 51. Questo numero purtroppo non è stato raggiunto a causa della mancanza di pazienti che soddisfacessero i criteri di inclusione ed esclusione definiti. Il campione oggetto di studio, composto da 28 partecipanti, ha comunque permesso di valutare in maniera preliminare l'andamento della validità inter-operatore della scala.

Per quanto riguarda i punti di forza dello studio assume particolare rilevanza l'elaborazione statistica esterna allo studio, eseguita con la collaborazione del Dipartimento di Diagnostica e Sanità Pubblica, Sezione di Epidemiologia e Statistica Medica dell'Università di Verona. Un secondo punto di forza riguarda la collaborazione avuta con l'ospedale Niguarda di Milano che ha permesso una raccolta dati più sostanziale in termini numerici rispetto al singolo coinvolgimento dell'Unità Spinale di Vicenza.

## 6. CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di indagare la validità inter-operatore di una scala di misura, denominata PASCI, per la valutazione della propriocezione cosciente degli arti superiori e inferiori nella persona con lesione midollare. Per l'analisi è stato utilizzato il coefficiente Kappa di Cohen che ha assunto valori buoni per quasi tutti gli items dimostrando una concordanza per lo più moderata (Kappa compresa tra 0.41 e 0.60), sostanziale (Kappa compresa tra 0.61 e 0.80) e/o quasi perfetta (Kappa compresa tra 0.81 e 1); solo l'item 1, "muovo/non muovo?", della tibio-tarsica sx ha dimostrato avere una concordanza minima. Questo sta ad indicare come, almeno in maniera preliminare, questa scala possa essere ritenuta valida dal punto di vista della validità inter-operatore.

Ad oggi la letteratura manca di scale di valutazione della propriocezione che siano applicabili alla popolazione di persone con lesione midollare in quanto o richiedono il movimento attivo degli arti o risultano essere poco precise e/o troppo costose. Sulla base di quanto appena detto quindi rendere disponibile questo strumento di misura ai vari centri di riabilitazione consentirà di effettuare una quanto più completa possibile valutazione del paziente permettendo in maniera economica, rapida e precisa l'individuazione degli aspetti resi deficitari dalla lesione su cui basare poi il trattamento, sempre considerando la propriocezione come un aspetto fondamentale per il recupero motorio nel paziente con lesione midollare incompleta (AIS B, C e D). Questo studio supporta l'utilizzo della scala PASCI per quanto riguarda la popolazione di persone con lesione midollare.

### 6.1. Progetti futuri

In futuro sarà necessario completare la raccolta dati al fine di raggiungere il numero di pazienti richiesto dagli statistici (51) per ottenere dei valori statisticamente validi ed eseguirne l'analisi statistica. Sarà inoltre importante valutare se la scala possa o meno rappresentare un valore prognostico per il recupero funzionale del paziente con lesione midollare incompleta: una propriocezione adeguata dopo la lesione midollare, valutata con scala PASCI, infatti, sembrerebbe essere correlata ad un migliore recupero motorio.

## BIBLIOGRAFIA

Batchelor PE, Tan S, Wills TE, et al. *Comparison of inflammation in the brain and spinal cord following mechanical injury*. J Neurotrauma 2008; **25**: 1217–25.

Bickenbach J, Bodine C, Brown D et al. International Perspectives on Spinal Cord Injury 2013 Malta: World Health Organization.

Curt A, van Hedel HJ, Klaus D, Dietz V. *Recovery from a spinal cord injury: significance of compensation, neural plasticity and repair*. J Neurotrauma 2008; **25**: 677–85.

Dietz V, Fouad K. *Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury*. Brain 2014; **137(Pt 3)**: 654-67.

Ding W, Hu S, Wang P et al. *Spinal Cord Injury: The Global Incidence, Prevalence, and Disability From the Global Burden of Disease Study*. Spine 2019; **47(21)**: 1532–40.

Franchignoni F, Michail X. *Selecting an outcome measure in Rehabilitation Medicine*. Eura Medicophys 2003; **39**:67-8.

Franchignoni F, Ring H. *Measuring change in rehabilitation medicine*. Eura Medicophys 2006; **42**:1-3.

Giordano M. L, Marquez M, Bianconi T, Rossi G. Le scale di valutazione. Roma: Carocci editore 2012.

Haddad AF, Burke JF, Dhall SS. *The Natural History of Spinal Cord Injury*. Neurosurg Clin N Am. 2021; **32(3)**: 315-21.

Hagell P, McKenna SP. *International use of health status questionnaires in Parkinson's disease: translation is not enough*. Parkinsonism Relat Disord 2003;**10**:89-92.

Harvey L. *Management of spinal cord injuries: a guide for physiotherapists*. London: Elsevier 2008.

Harvey LA. *Physiotherapy rehabilitation for people with spinal cord injuries*. J Physiother. 2016; **62(1)**: 4-11.

- Heale R, Twycross A. *Validity and reliability in quantitative studies*. Evid Based Nurs. 2015; **18(3)**: 66-7.
- Hillier S, Immink M, Thewlis D. *Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities*. Neurorehabil Neural Repair. 2015; **29(10)**: 933-49.
- Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F et al. *International standards for neurological classification of spinal cord injury* (revised 2011). J Spinal Cord Med. 2011; **34(6)**: 535-46.
- Lotta S. *La riabilitazione del paziente mieloleso*, Minerva Medica Ed. 1994: 2317-72.
- Marquez M, Nobile A, Santandrea D, Valsecchi L. *La persona con lesione midollare. L'intervento assistenziale globale*. Roma: Carocci editore 2012.
- McHugh M. *Interrater reliability: the kappa statistic*. Biochem Med (Zagreb). 2012 Oct; **22(3)**: 276–282.
- Pagliacci M.C, Celani M.G, Zampolini M et al. *An Italian Survey of Traumatic Spinal Cord Injury. The Gruppo Italiano Studio Epidemiologico Mielolesioni Study*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2003; **84**: 1266-75.
- Rossignol S, Frigon, A. *Recovery of locomotion after spinal cord injury: some facts and mechanisms*. Annu. Rev. Neurosci. 2011 **34**: 413–440.
- Sullivan GM. *A primer on the validity of assessment instruments*. J Grad Med Educ. 2011; **3(2)**: 119-20.
- Takeoka A. *Proprioception: Bottom-up directive for motor recovery after spinal cord injury*. Neurosci Res. 2020; **154**:1-8.
- Takeoka A, Arber S. *Functional Local Proprioceptive Feedback Circuits Initiate and Maintain Locomotor Recovery after Spinal Cord Injury*. Cell Rep. 2019; **27(1)**: 71- 85.e3.
- Tuthill J.C, Azim E. *Proprioception*. Curr Biol. 2018; **28(5)**: R194-R203.
- Vetter TR, Cubbin C. *Psychometrics: Trust, but Verify*. Anesth Analg. 2019; **128(1)**: 176-181.



Xerri C. *Post-lesional plasticity of somatosensory cortex maps: a review*. C R Acad Sci III. 1998; **321**: 135–151.

## ALLEGATI

### ALLEGATO A. Scala PASCi utilizzata per l'analisi statistica

VALUTATORE: 1[ ] 2[ ]

INIZIALI:

DATA DI NASCITA:

SESSO: M [ ] F [ ]

ASIA:

DATA EVENTO:

TIPOLOGIA EVENTO: TRAUMATICO [ ] NON TRAUMATICO [ ]

#### LEGENDA:

- Risposta esatta: 1 punti
- Risposta sbagliata: 0 punti

#### ARTI INFERIORI

<b>ANCA MOVIMENTO DI ABD-ADD 0-45°</b>	<b>DX</b>	<b>SIN</b>
Muovo?		
Cosa muovo? (Domanda di riserva: Anca, ginocchio o caviglia?)		
Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: L'anca è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Dentro o fuori?)		
TOTALE		

<b>GINOCCHIO MOVIMENTO DI FLEX-EST 45°-90°</b>	<b>DX</b>	<b>SIN</b>
Muovo?		
Cosa muovo? (Domanda di riserva: Anca, ginocchio o caviglia?)		
Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: Il ginocchio è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Su o giù?)		
TOTALE		

<b>ART. TIBIO-TARSICA MOVIMENTO DI FLEX PLANTARE E RITORNO 0-45°</b>	<b>DX</b>	<b>SIN</b>
Muovo?		

Cosa muovo? (Domanda di riserva: Anca, ginocchio o caviglia?)		
Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: La caviglia è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Su o giù?)		
TOTALE		

#### PUNTEGGIO TOTALE ARTI INFERIORI

DX:	SIN:	TOT:
-----	------	------

#### ARTI SUPERIORI

<b>SPALLA</b> MOVIMENTO DI ABD-ADD 0-45°	DX	SIN
Muovo?		
Cosa muovo? (Domanda di riserva: Spalla, gomito o polso?)		
Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: La spalla è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Dentro o fuori?)		
TOTALE		

<b>GOMITO</b> MOVIMENTO DI FLEX-EST 45°-90°	DX	SIN
Muovo?		
Cosa muovo? (Domanda di riserva: Spalla, gomito o polso?)		
Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: Il gomito è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Su o giù?)		
TOTALE		

<b>POLSO</b> MOVIMENTO DI FLEX E RITORNO 0-45°	DX	SIN
Muovo?		
Cosa muovo? (Domanda di riserva: Spalla, gomito o polso?)		

Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: Il polso è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Su o giù?)		
TOTALE		

#### PUNTEGGIO TOTALE ARTI SUPERIORI

DX:	SIN:	TOT:
-----	------	------

#### PARTE OPZIONALE

<b>PIEDE: Art. metatarso-falangea primo dito MOVIMENTO DI FLEX-EST 0-45°</b>	DX	SIN
Muovo?		
Cosa muovo? (Domanda di riserva: Anca, ginocchio, caviglia o alluce?)		
Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: L'alluce è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Su o giù?)		
TOTALE		

<b>MANO: Art. metacarpo-falangea primo dito MOVIMENTO DI FLEX-EST 0-45°</b>	DX	SIN
Muovo?		
Cosa muovo? (Domanda di riserva: Spalla, gomito, polso o pollice?)		
Fare percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (Posizione 1 e posizione 2), fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere: Il pollice è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Su o giù?)		
TOTALE		

## Scala di valutazione della sensibilità propriocettiva (PASCI)

### Vademecum di somministrazione

#### Obiettivo scala/descrizione sintetica

La scala PASCI (Proprioception Assessment in Spinal Cord Injury) è una misura di valutazione che ha come obiettivo la valutazione della sensibilità propriocettiva (statoestesica e cinestesica) della persona con lesione midollare.

#### Brevi istruzioni per la somministrazione

<b>Numero item</b>	18 items obbligatori divisi in due parti (arti superiori e arti inferiori) e 6 items opzionali
<b>Somministratore</b>	Clinico (non è necessario addestramento)
<b>Punteggio</b>	<p>Per ogni item il paziente può totalizzare un massimo di due punti e si può passare alla somministrazione dell'item successivo anche se nel precedente è stato assegnato un punteggio pari a zero:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 1 punti se il paziente risponde correttamente ad almeno una di due ripetizioni dell'item</li><li>- 0 punti se la risposta è errata o se il paziente non è in grado di rispondere</li><li>- NV (non valutabile) se l'item non è valutabile per il dolore o per la spasticità</li></ul> <p>È possibile totalizzare un massimo di 6 punti per ogni distretto articolare per ogni emilato, il massimo punteggio totale è 18 per l'arto superiore dx o sin e 18 per l'arto inferiore dx o sin</p>
<b>Tempo</b>	10-15 minuti
<b>Quando</b>	Somministrabile a persone con lesione midollare sia in fase acuta che cronica, all'ingresso e alla dimissione del paziente, periodicamente durante il percorso riabilitativo se necessario
<b>Materiale</b>	Foglio di lavoro Penna Lettino in cui posizionare la persona valutata

#### Criteri di inclusione/esclusione

La scala può essere somministrata a persone che presentano una lesione midollare completa, incompleta e discontinua, da 18 anni in su, il paziente deve comprendere e rispondere a comandi semplici in lingua italiana.

Non si può somministrare la scala a pazienti che presentano un punteggio superiore a 3 nella scala Ashworth.

### Istruzioni generali

I pazienti devono essere scalzi e indossare indumenti comodi e non aderenti in modo da non raggiungere la massima tensione del tessuto durante le mobilizzazioni, le calze elastiche antitrombo possono essere lasciate.

È necessario che il paziente abbia gli occhi chiusi/bendati per tutta la somministrazione della scala.

Prima della somministrazione della scala è necessario effettuare una mobilizzazione articolare dei distretti interessati con lo scopo di ridurre la spasticità e verificare che il range articolare presente sia compatibile con l'esecuzione degli items. Le mobilizzazioni devono essere effettuate a velocità costante e lentamente in modo da evitare l'aumento di tono.

È necessario tenere conto anche della presenza di dolore, nel caso in cui questo ostacoli la mobilizzazione il distretto interessato non è valutabile.

È consigliato somministrare la scala in un ambiente con temperatura adeguata in modo da non interferire nella valutazione con la temperatura delle mani.

### Istruzioni pratiche

Per la somministrazione della scala si procede prima testando gli arti inferiori e successivamente quelli superiori, gli items devono essere somministrati tutti ma è indicato procedere in ordine casuale tra i distretti affinché il paziente non sia facilitato nella risposta, mantenendo sempre l'ordine delle 3 domande nello stesso distretto, ogni domanda può essere ripetuta due volte.

Bisogna effettuare le mobilizzazioni per arti superiori e arti inferiori non spostando mai la posizione delle mani e muovendo il paziente come indicato in seguito.

#### **Arto inferiore:**

Posizione del paziente: il paziente è supino, vicino al bordo del lettino con l'anca in esame leggermente abdotta e la gamba che esce dal bordo del lettino, il ginocchio è flesso a 45° e la caviglia in posizione anatomica.

Posizione del terapeuta: lateralmente al paziente

Mobilizzazione: la mano prossimale del terapeuta afferra la parte posteriore della coscia a livello del femore distale, la mano distale sostiene il tallone stabilizzando eventuali movimenti rotatori

La mobilizzazione va effettuata nel range:

- Anca: abduzione-adduzione nel range 0-45°
- Ginocchio: flesso-estensione nel range 45°-90°
- Articolazione tibio-tarsica: flessione plantare e ritorno nel range di 0-45°

Durante il movimento chiedere al paziente:

1. Muovo?
2. Cosa muovo?

È necessario poi interrompere la mobilizzazione e far percepire al paziente le due posizioni limite di movimento (abd 45° o add 0° anca, flex 45° o flex 90° ginocchio, flex plantare 45°-posizione neutra 0°) e indicarle come posizione 1 e posizione 2, fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere:

3. L'arto è in posizione 1 o 2? (Domanda di riserva: Dentro o fuori? Su o giù?)

**Arto superiore:**

Posizione del paziente: il paziente è supino, le spalle sono in posizione anatomica e il gomito è flesso a 45° e l'avambraccio è supinato.

Posizione del terapeuta: lateralmente al paziente

Mobilizzazione: la mano prossimale del terapeuta afferra il gomito posteriormente, la mano distale sostiene il polso dal lato dorsale

La mobilizzazione va effettuata nel range:

- Spalla: abduzione-adduzione nel range 0-45°
- Gomito: flesso-estensione nel range 45°-90°
- Polso: flessione e ritorno nel range 0-45°

Durante il movimento chiedere al paziente:

1. Muovo?
2. Cosa muovo?

È necessario poi interrompere la mobilizzazione e far percepire al paziente le due posizioni limite di movimento e indicarle come posizione 1 o posizione 2, fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere:

3. L'arto è in posizione 1 o 2?

Parti opzionali

La scala si compone di due item opzionali per l'articolazione metacarpo-falangea del primo dito della mano e per l'articolazione metatarso-falangea del primo dito del piede.

**Piede:**

Posizione del paziente: il paziente è supino, la caviglia e le dita del piede sono in posizione anatomica

Posizione del terapeuta: ai piedi del paziente

Mobilizzazione: con una mano il terapeuta stabilizza le ossa metatarsali dell'articolazione metatarso-falangea dell'alluce, con l'altra mano afferra la falange prossimale ed effettua una mobilizzazione in flesso-estensione nel range 0-45°.

Durante il movimento chiedere al paziente:

1. Muovo?
2. Cosa muovo?

È necessario poi interrompere la mobilizzazione e far percepire al paziente le due posizioni limite di movimento e indicarle come posizione 1 o posizione 2, fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere:

4. L'alluce è in posizione 1 o 2?

**Mano:**

Posizione del paziente: il paziente è supino con l'avambraccio pronato, il gomito esteso, la mano oltre il bordo del lettino e le dita rilassate

Posizione del terapeuta: lateralmente al paziente

Mobilizzazione: il terapeuta con una mano afferra il metacarpo e con l'altra la falange prossimale del primo dito, effettua una mobilizzazione in flessione-estensione nel range 0-45°.

Durante il movimento chiedere al paziente:

1. Muovo?
2. Cosa muovo?

È necessario poi interrompere la mobilizzazione e far percepire al paziente le due posizioni limite di movimento e indicarle come posizione 1 o posizione 2, fermarsi qualche secondo in una delle due posizioni e chiedere:

3. Il pollice è in posizione 1 o 2?



**ALLEGATO C.** Agreement e Kappa di Cohen Anca – Arto inferiore

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
AIAsx11 AIAsx12	85.71%	66.07%	0.5789	0.1847	3.13	0.0009
AIAsx21 AIAsx22	82.14%	52.55%	0.6237	0.1841	3.39	0.0004
AIAsx31 AIAsx32	82.14%	54.59%	0.6067	0.1836	3.30	0.0005
<i>TotAIAsx1</i> <i>TotAIAsx2</i>	71.43%	42.35%	0.5044	0.1223	4.12	0.0000
AIAdx11 AIAdx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
AIAdx21 AIAdx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
AIAdx31 AIAdx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotAIAdx1</i> <i>TotAIAdx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000

**ALLEGATO D.** Agreement e Kappa di Cohen Ginocchio – Arto inferiore

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
AI Gsx11 AI Gsx12	85.71%	52.04%	0.7021	0.1869	3.76	0.0001
AI Gsx21 AI Gsx22	85.71%	50.00%	0.7143	0.1870	3.82	0.0001
AI Gsx31 AI Gsx32	92.86%	49.74%	0.8579	0.1871	4.59	0.0000
<i>TotAI Gsx1</i> <i>TotAI Gsx2</i>	78.57%	34.06%	0.6750	0.1241	5.44	0.0000
AI Gdx11 AI Gdx12	85.71%	52.30%	0.7005	0.1890	3.71	0.0001
AI Gdx21 AI Gdx22	78.57%	49.74%	0.5736	0.1871	3.07	0.0011
AI Gdx31 AI Gdx32	92.86%	50.77%	0.8549	0.1870	4.57	0.0000
<i>TotAI Gdx1</i> <i>TotAI Gdx2</i>	71.43%	33.80%	0.5684	0.1243	4.57	0.0000

**ALLEGATO E.** Agreement e Kappa di Cohen Tibio-tarsica – Arto inferiore

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
AITTsx11 AITTsx12	71.43%	56.38%	0.3450	0.1890	1.83	0.0339
AITTsx21 AITTsx22	75.00%	51.53%	0.4842	0.1885	2.57	0.0051
AITTsx31 AITTsx32	85.71%	49.23%	0.7186	0.1813	3.96	0.0000
<i>TotAITTsx1</i> <i>TotAITTsx2</i>	67.86%	38.01%	0.4815	0.1299	3.71	0.0001
AITTdx11 AITTdx12	85.71%	53.06%	0.6957	0.1800	3.86	0.0001
AITTdx21 AITTdx22	82.14%	51.53%	0.6316	0.1885	3.35	0.0004
AITTdx31 AITTdx32	85.71%	49.74%	0.7157	0.1871	3.83	0.0001
<i>TotAITTdx1</i> <i>TotAITTdx2</i>	67.86%	36.61%	0.4930	0.1272	3.88	0.0001

**ALLEGATO F.** Agreement e Kappa di Cohen Totale Arti Inferiori

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
TotAlsx1 TotAlsx2	50.00%	19.77%	0.3768	0.0806	4.68	0.0000
TotAldx1 TotAldx2	60.71%	20.66%	0.5048	0.0830	6.08	0.0000
<i>TotAAII1</i> <i>TotAAII2</i>	46.43%	15.82%	0.3636	0.0661	5.50	0.0000

**ALLEGATO G.** Agreement e Kappa di Cohen Spalla – Arto superiore

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
ASSsx11 ASSsx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASSsx21 ASSsx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASSsx31 ASSsx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotASSsx1</i> <i>TotASSsx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASSdx11 ASSdx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASSdx21 ASSdx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASSdx31 ASSdx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotASSdx1</i> <i>TotASSdx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000

**ALLEGATO H.** Agreement e Kappa di Cohen Gomito – Arto superiore

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
ASGsx11 ASGsx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASGsx21 ASGsx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASGsx31 ASGsx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotASGsx1</i> <i>TotASGsx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASGdx11 ASGdx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASGdx21 ASGdx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASGdx31 ASGdx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotASGdx1</i> <i>TotASGdx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000

**ALLEGATO I.** Agreement e Kappa di Cohen Polso – Arto superiore

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
ASPsx11 ASPsx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASPsx21 ASPsx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASPsx31 ASPsx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotASPsx1</i> <i>TotASPsx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASPdx11 ASPdx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASPdx21 ASPdx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASPdx31 ASPdx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotASPdx1</i> <i>TotASPdx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000

**ALLEGATO L.** Agreement e Kappa di Cohen Totale Arti Superiori

<b>Item</b>	<b>Agreement</b>	<b>Expected Agreement</b>	<b>Kappa</b>	<b>Std. err.</b>	<b>Z</b>	<b>Prob&gt;Z</b>
TotAlsx1 TotAlsx2	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
TotAldx1 TotAldx2	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotAAII1</i> <i>TotAAII2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000

**ALLEGATO M.** Agreement e Kappa di Cohen Alluce – Arto inferiore

Item	Agreement	Expected Agreement	Kappa	Std. err.	Z	Prob>Z
AIPsx11 AIPsx12	92.86%	50.00%	0.8571	0.1870	4.58	0.0000
AIPsx21 AIPsx22	85.71%	48.98%	0.7200	0.1814	3.97	0.0000
AIPsx31 AIPsx32	71.43%	48.72%	0.4428	0.1717	2.58	0.0050
<i>TotAIPsx1</i> <i>TotAIPsx2</i>	71.43%	39.03%	0.5314	0.1371	3.88	0.0001
AIPdx11 AIPdx12	92.86%	50.00%	0.8571	0.1870	4.58	0.0000
AIPdx21 AIPdx22	96.43%	50.51%	0.9278	0.1885	4.92	0.0000
AIPdx31 AIPdx32	96.43%	51.53%	0.9263	0.1885	4.91	0.0000
<i>TotAIPdx1</i> <i>TotAIPdx2</i>	89.29%	45.54%	0.8033	0.1621	4.96	0.0000

**ALLEGATO N.** Agreement e Kappa di Cohen Pollice – Arto superiore

Item	Agreement	Expected Agreement	Kappa	Std. err.	Z	Prob>Z
ASMsx11 ASMsx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASMsx21 ASMsx22	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASMZx31 ASMsx32	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
<i>TotASMsx1</i> <i>TotASMsx2</i>	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASMdx11 ASMdx12	100.00%	93.11%	1.0000	0.1890	5.29	0.0000
ASMdx21 ASMdx22	96.43%	89.80%	0.6500	0.1770	3.67	0.0001
ASMdx31 ASMdx32	96.43%	83.67%	0.7812	0.1844	4.24	0.0000
<i>TotASMdx1</i> <i>TotASMdx2</i>	92.86%	83.16%	0.5758	0.1277	4.51	0.0000

## RINGRAZIAMENTI

*“Qui, sul bordo di quello che sappiamo, a contatto con l’oceano di quanto non sappiamo, brillano il mistero del mondo, la bellezza del mondo, e ci lasciano senza fiato”*  
Carlo Rovelli – Sette brevi lezioni di fisica

Alla mia Relatrice, Anna Sartori de Sforza, che ha creduto in questo progetto fin da subito, supportandolo e supportandomi costantemente.

Al mio correlatore, Piero Artuso, e all’Unità Spinale di Vicenza, senza i quali questo lavoro non sarebbe potuto nascere: vi rivolgo la mia più profonda gratitudine per essermi stati accanto e per avermi permesso di arrivare fino a qui, siete stati fantastici.

Alla mia famiglia senza la quale non avrei raggiunto questo grande traguardo. Grazie a mia mamma e a mio babbo per esserci sempre stati, per avermi supportato e sopportato e per aver sempre creduto in me. Grazie a mia sorella Vanessa, il mio leoncino, per le 1000 volte in cui abbiamo litigato e le 1001 in cui abbiamo fatto pace, ti voglio tanto bene.

A mia nonna Vittoria, che mi è sempre stata accanto accompagnandomi mano per la mano ad ogni passo e che mi ha insegnato, insieme a nonno Giuseppe, cos’è l’amore.

Ad Emanuele, mio compagno di avventure. Sei stato il vento a favore nel rettilineo che porta al traguardo: godiamoci la fine, dicono che porti a nuovi inizi.

Ai miei più grandi compagni di avventura di questi tre anni, Lucia, Sabrina, Lorenzo e Filippo, per tutta l’ansia che ci siamo fatti venire durante questo percorso.

A tutti i miei amici, grazie per essermi stati accanto trovando sempre il modo di farmi sorridere.

Ai miei pazienti che in questi anni, senza saperlo, hanno contribuito a rendermi la persona che sono ora.

E infine grazie a me, per la determinazione e la tenacia, per essere riuscita più volte a placare le acque del mio mare in tempesta, per aver raggiunto l’obiettivo a testa alta.

A noi tutti, grazie.