

Università degli studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

**VALUTAZIONE DELLA PROPRIOCEZIONE IN SOGGETTI CON SCOLIOSI
IDIOPATICA ADOLESCENZIALE: STATO DELL'ARTE, CONFRONTO CON
SOGGETTI SANI E POSSIBILI IMPLICAZIONI PER IL TRATTAMENTO
RIABILITATIVO**

**Assessment of proprioception in subjects with adolescent idiopathic scoliosis: state of
the art, comparison with healthy subjects and possible implications for rehabilitative
treatment**

RELATORE: Dott.ssa Fontana Silvia

LAUREANDA: Bergamasco Giorgia

Anno Accademico 2022-2023

INDICE

RIASSUNTO

| | |
|---------------------------|----------|
| INTRODUZIONE | 1 |
|---------------------------|----------|

CAPITOLO 1- LA SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE..... 2

| | |
|--|---|
| 1.1 Definizione e decorso naturale | 2 |
|--|---|

| | |
|------------------------|---|
| 1.2 Epidemiologia..... | 3 |
|------------------------|---|

| | |
|-------------------------|---|
| 1.3 Eziopatologia | 3 |
|-------------------------|---|

| | |
|--------------------------|---|
| 1.4 Classificazione..... | 7 |
|--------------------------|---|

| | |
|---|---|
| 1.5 Anatomia patologica e alterazioni | 8 |
|---|---|

| | |
|----------------------|----|
| 1.6 Valutazione..... | 11 |
|----------------------|----|

| | |
|----------------------|----|
| 1.7 Trattamento..... | 12 |
|----------------------|----|

CAPITOLO 2- PROPRIOCEZIONE E SCOLIOSI IDIOPATICA

ADOLESCENZIALE..... 14

| | |
|--|----|
| 2.1 Definizione di propiocezione | 14 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 2.2 Valutazione generale della propiocezione..... | 15 |
|---|----|

| | |
|---------------------------------------|----|
| 2.3 Revisione della letteratura | 16 |
|---------------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 2.4 Approcci fisioterapici e propiocezione | 21 |
|--|----|

CAPITOLO 3- MATERIALI E METODI..... 23

| | |
|---|----|
| 3.1 Quesito di ricerca e obiettivo..... | 23 |
|---|----|

| | |
|-------------------|----|
| 3.2 Campione..... | 23 |
|-------------------|----|

| | |
|---|----|
| 3.3 Modalità di esecuzione dello studio e strumenti | 25 |
|---|----|

| | |
|---------------------------|----|
| 3.4 Analisi dei dati..... | 31 |
|---------------------------|----|

CAPITOLO 4- RISULTATI

| | |
|--|----|
| 4.1 Analisi statistica dati quantitativi | 33 |
|--|----|

| | |
|------------------------------------|----|
| 4.2 Analisi dati qualitativi | 40 |
|------------------------------------|----|

| | |
|--------------------------|-----------|
| DISCUSSIONE | 42 |
|--------------------------|-----------|

| | |
|--------------------------|-----------|
| CONCLUSIONI | 48 |
|--------------------------|-----------|

BIBLIOGRAFIA

ALLEGATI

RIASSUNTO

Introduzione: L'eziologia della scoliosi idiopatica adolescenziale è ancora incerta. Nel corso degli anni sono emerse numerose ipotesi a riguardo, giungendo infine alla conclusione che si tratta di una patologia multifattoriale (1). Diversi studi hanno indagato l'alterazione delle informazioni, tra cui anche quelle propriocettive (2) (3) (4) (5) (6) (7), oltre al ruolo del SNC (8) (9), dimostrando come questi aspetti siano implicati nella scoliosi. Non è ancora chiaro se i deficit riscontrati siano causa o conseguenza della patologia.

Scopo: Lo studio si prefigge di indagare, partendo da una revisione della letteratura, se i pazienti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale presentano alterazioni propriocettive maggiori rispetto ai coetanei sani. Tutto ciò finalizzato ad orientare il trattamento riabilitativo e fare in modo che quest'ultimo possa essere il più completo ed efficace possibile.

Materiali e metodi: è stato selezionato un campione di 29 ragazzi tra i 12 e i 17 anni, di cui 14 ragazzi affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale e 15 ragazzi sani. Per accertarsi che i ragazzi senza diagnosi di scoliosi non presentassero il gibbo è stato eseguito il test di Adams. Ai due gruppi sono state somministrate delle prove valutative riguardanti la propriocezione, le quali prendono in considerazione la posizione dei distretti di spalle, bacino e piedi singolarmente e in relazione tra loro. I risultati delle prove sono stati poi riportati nelle rispettive schede di valutazione e sono state calcolate le percentuali d'errore per ogni prova per singolo soggetto. Da qui sono state indagate tre diverse correlazioni: tra percentuale d'errore e scoliosi, tra percentuale d'errore totale e gradi Cobb e tra percentuale d'errore totale e mesi in cui è stato indossato il busto.

Risultati: I risultati dello studio hanno fatto emergere la presenza di una correlazione statisticamente significativa tra percentuale d'errore e scoliosi idiopatica nelle diverse prove propriocettive proposte, ad eccezione di S.1 e B.1 (si veda Tabella 6 per denominazione integrale delle prove). Per quanto concerne la correlazione tra percentuale d'errore totale e gradi Cobb e tra percentuale d'errore totale e mesi in cui è stato indossato il busto, invece, non è stato riscontrato un legame significativo. Si è inoltre rilevato come i soggetti con scoliosi, per trovare l'allineamento da supini, utilizzino riferimenti differenti rispetto al gruppo di controllo.

Conclusioni: Data l'esistenza di un legame significativo tra alterazione propriocettiva e scoliosi idiopatica, emerge la necessità di valutare in modo più approfondito gli aspetti correlati alla propriocezione in questa tipologia di pazienti e considerarli all'interno dell'intervento riabilitativo.

ABSTRACT

Background: The aetiology of adolescent idiopathic scoliosis is still uncertain. Numerous hypotheses have been made over the years, finally leading to the conclusion that it is a multifactorial disorder. Several studies have investigated the alteration of information, including proprioceptive information, as well as the role of the CNS, showing how these factors are involved in scoliosis. It is still unclear whether the deficits found are a cause or a consequence of the pathology.

Purpose: The aim of the study is to investigate, on the basis of the existing literature, whether patients with adolescent idiopathic scoliosis present greater proprioceptive changes than healthy peers. This is intended to guide the rehabilitative treatment and ensure that it can be as complete and effective as possible.

Materials and methods: A sample of 29 adolescents between the ages of 12 and 17 was selected, 14 of these suffering from adolescent idiopathic scoliosis and 15 not. The Adams test was administered to ensure that adolescents without a diagnosis of scoliosis did not have a hump posteriorly. The two groups were administered evaluative tests concerning proprioception, which took into consideration the shoulder, pelvis and foot districts and the spatial connection between these. The results of the tests were then reported in the respective evaluation sheets and the error percentages for each test were calculated for each subject. From here, three different correlations were investigated: between error percentage and scoliosis, between total error percentage and Cobb grades, and between total error percentage and months in which the brace was worn.

Results: The results of the study revealed the presence of a statistically significant correlation between error percentage and the presence of idiopathic scoliosis in the various proprioceptive tests proposed, except for S.1 and B.1 (see Table 6 for full name of tests). With regard to the correlation between total error percentage and Cobb degrees and total error percentage and months of brace, on the other hand, no significant link was found. It was also found that subjects with idiopathic scoliosis use different references to find alignment when supine (compared to the control group).

Conclusions: Given the existence of a significant link between proprioceptive impairment and idiopathic scoliosis, there is a need to more thoroughly evaluate proprioception-related aspects in this type of patient and consider them within the rehabilitation treatment.

INTRODUZIONE

Questa tesi nasce dall'intento di comprendere in modo approfondito la correlazione che intercorre tra presenza di scoliosi e possibili alterazioni propriocettive. L'interesse verso l'argomento è stato suscitato dall'esperienza di tirocinio del terzo anno effettuata in ambito di età evolutiva, dopo aver avuto l'opportunità di seguire a trattamento alcune ragazze affette da scoliosi idiopatica adolescenziale (AIS) e aver riscontrato in loro alcune difficoltà nel determinare la posizione dei diversi distretti corporei, in particolar modo nella relazione tra bacino e piedi.

Il quesito da cui è stata poi sviluppata la tesi è stato il seguente: "I ragazzi affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale presentano maggiori alterazioni propriocettive rispetto ai coetanei non presentanti questa patologia?". A partire da questa domanda è stata effettuata, innanzitutto, una ricerca bibliografica riguardante la scoliosi idiopatica e la propriocezione (i primi due capitoli sono stati destinati a questi due argomenti) e successivamente è stata eseguita un'analisi degli studi presenti in letteratura riguardanti la valutazione della propriocezione in pazienti con AIS e in un gruppo di controllo per comprendere cosa già era noto a riguardo. Non sono stati trovati molti articoli, ma quelli inerenti e disponibili hanno indagato la propriocezione proponendo prove relative al senso di posizione e rilevazione del movimento articolare su distretti quali ginocchio, gomito, dito indice e tratto cervicale.

Da qui è sorto l'interesse nell'ideare una valutazione che andasse ad esaminare la propriocezione a livello di distretti direttamente implicati con l'allineamento della colonna vertebrale, quali le spalle, il bacino e i piedi (arti inferiori).

All'interno del capitolo Materiali e Metodi sono stati riportati il campione di studio, il setting, gli strumenti utilizzati e sono state illustrate in modo dettagliato le diverse prove somministrate ai soggetti. La scheda valutativa, oltre a comprendere una parte di valutazione propriocettiva per singolo distretto, include alcune prove dove si indaga se il soggetto è in grado di considerare i distretti in relazione tra loro, aspetto non affrontato da nessuno studio presente in letteratura. Un paragrafo si propone, infine, di menzionare come è avvenuta l'analisi dei dati e i software utilizzati.

L'obiettivo di questo lavoro è comprendere il legame tra scoliosi e propriocezione, per valutare se sussistono maggiori difficoltà propriocettive in soggetti affetti dalla deformità spinale in distretti legati strettamente alla colonna vertebrale. Tutto ciò per essere poi in grado di predisporre un trattamento riabilitativo completo, che prenda in considerazione questi aspetti con il fine di valorizzarli e migliorarli.

CAPITOLO 1- LA SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE

1.1 Definizione e decorso naturale

Il termine scoliosi deriva dal greco skoliosis “curvatura”, che a sua volta deriva da skoliosi “curvo, obliquo”. Si tratta di un termine generico che comprende un eterogeneo gruppo di condizioni caratterizzate da cambiamenti della forma e della posizione della colonna vertebrale, del torace e del tronco (10).

Fu Ippocrate ad introdurre questo termine, riferendosi in generale, alle deformità spinali laterali della colonna, incluse quelle risultanti da traumi vertebrali (11).

Ad oggi, la scoliosi viene definita come “una deformità strutturale della colonna vertebrale nei tre piani dello spazio: sul piano frontale si manifesta con un movimento di flessione laterale, sul piano sagittale con un’alterazione delle curve, provocandone spesso un’inversione e sul piano assiale con un movimento di rotazione” (12).

La Scoliosis Research Society (SRS), riporta come si possa effettuare diagnosi di scoliosi quando la curva presa in esame presenta un angolo di Cobb uguale o superiore a 10° e quando si può riconoscere l’asse di rotazione. Questa definizione ci permette di distinguere la scoliosi strutturale dall’atteggiamento scoliotico o scoliosi funzionale. Quest’ultima, infatti, seppur presentando una traslazione laterale della colonna vertebrale sul piano frontale, non denota la presenza di rotazione vertebrale. Risulta fondamentale riconoscere e distinguere le due condizioni, poiché gli approcci terapeutici variano notevolmente. La pseudoscoliosi può essere risolta andando ad agire sulla causa specifica, cosa non possibile per quanto riguarda la scoliosi vera e propria (12).

Esistono diversi tipi di scoliosi, ma in questa tesi verrà presa in considerazione la scoliosi idiopatica adolescenziale (AIS). Questa condizione può svilupparsi in qualunque momento dell’adolescenza, normalmente nei periodi in cui si verifica un picco di crescita. Una volta completata la crescita spinale, il potenziale di progressione della scoliosi idiopatica si riduce molto (10).

La prognosi è variabile, ma prendendo in esame alcuni fattori radiologici e specifici del paziente, è possibile prevedere con successo il rischio di progressione dell’AIS.

In particolare, una revisione sistematica del 2021 (13), incentrata su questo tema, ha sottolineato come i cinque fattori principali che influenzano e predicano la progressione della curva scoliotica siano i seguenti:

- età del soggetto al momento della diagnosi
- gravità della curva (a valutazione iniziale)
- inizio del menarca
- localizzazione della curva (progressione maggiore se presenza di una o più curve toraciche in fase iniziale)
- maturità scheletrica

Quest'ultimo punto viene indagato prendendo in considerazione il segno di Risser, la classificazione di radio e ulna distali e la cartilagine triradiata. Il primo consente di stabilire il grado di sviluppo osseo valutando l'ossificazione delle creste iliache e il risultato può variare da Risser 0 (non esiste il nucleo di ossificazione) a Risser 5 (ossificazione completa che si manifesta, in genere, 2-3 anni dopo la pubertà). La classificazione di radio e ulna distali, invece, consiste nell'oggettivare, attraverso una valutazione radiografica, il grado di maturazione dei nuclei di ossificazione di ossa lunghe quali ulna e radio. Infine, si osserva la cartilagine triradiata, ovvero la cartilagine della pelvi in accrescimento a forma di Y, formata dalla convergenza delle tre ossa del bacino (ilio, ischio e pube) (13).

1.2 Epidemiologia

La scoliosi idiopatica adolescenziale con un angolo di Cobb superiore a 10° si presenta nella popolazione con una prevalenza che varia dallo 0.93% al 12% (10).

E' inoltre noto come questa problematica abbia una forte relazione con l'area geografica: ha un tasso maggiore di prevalenza in aree localizzate alle alte latitudini settentrionali, rispetto alle regioni che si trovano a latitudine inferiore (14).

Anche il sesso è un fattore importante da considerare: la AIS colpisce in numero maggiore le ragazze rispetto ai ragazzi. Considerando un angolo di Cobb compreso tra i 10 e i 20°, il rapporto tra ragazze e ragazzi con AIS è simile (1.3:1), aumenta diventando 5.4:1 per angoli di Cobb compresi tra 20° e 30° e 7:1 per angoli sopra i 30° (10).

1.3 Eziopatologia

Nonostante le numerose evidenze su questa problematica, l'eziologia della scoliosi rimane ancora incerta. È stata accettata l'implicazione di diversi fattori, ma se presi singolarmente questi non sono sufficienti a dimostrare la variabilità di presentazione e di progressione dell'AIS in diversi pazienti. Negli anni, comunque, si è giunti alla conclusione che si tratta di una patologia di origine multifattoriale (1). Per definizione, infatti, "non riconosce una causa nota e probabilmente nemmeno una causa unica" (12).

Tra i fattori eziologici maggiormente studiati e presi in considerazione troviamo:

- la genetica (15) (16)
- fattori biomeccanici (9) (17)
- alterazioni del tessuto connettivo (18)
- la crescita e il sistema ormonale (18) (19)
- alterazioni del Sistema Nervoso Centrale, con annessi disturbi nell'integrazione multisensoriale di input vestibolari, visivi e somestesici (8) (9)

La genetica

Per quanto riguarda la genetica e l'epigenetica, queste sembrano rivestire un ruolo rilevante nella trasmissione di questa patologia. Recenti studi epidemiologici-genetici supportano l'idea che l'AIS sia una malattia poligenica che deriva dall'interazione di più loci genici e l'ambiente. Grauer et al., per esempio, utilizzando i dati dello Swedish Twin Registry, hanno confermato l'ereditabilità della scoliosi e hanno riportato come ci sia un rischio leggermente più elevato di avere curve che richiedono un trattamento in pazienti con una storia familiare di scoliosi. Watanabe et al., invece, hanno riportato che l'odds ratio (OR) nello sviluppo della scoliosi sembra essere 1,5 volte più alto per i partecipanti le cui madri avevano la scoliosi (7). Interessante rispetto a questo argomento risulta essere anche ciò che riporta una revisione del 2023 di Lau et. al., la quale afferma come sia stata stabilita l'evidenza di mutazioni geniche correlate alla propriocezione in associazione con la scoliosi idiopatica. In particolare, sono stati identificati tre geni relazionati alla propriocezione e legati significativamente allo sviluppo della patologia: questi includono LBX1, PIEZO2 e RUNX3. Anche in questo caso viene sottolineato come non sia stato trovato alcun legame significativo tra gene propriocettivo mutato e progressione della curva. Gli autori hanno affermato come la causalità tra l'inizio, la progressione, esiti del trattamento e il difetto propriocettivo richieda ulteriori indagini (16).

Fattori biomeccanici

Un'altra possibile spiegazione riguardo l'eziologia dell'AIS comprende le teorie biomeccaniche. Di particolare interesse sono le ipotesi patogenetiche formulate da Dikson, citate da Negrini S. (9). Secondo questo autore, la scoliosi sarebbe provocata da un'asimmetria iniziale del rachide su due piani, la quale porterebbe ad una condizione di instabilità che favorirebbe il cedimento anche sul terzo piano. Tale instabilità si svilupperebbe in corrispondenza della rapida crescita puberale e determinerebbe un meccanismo favorevole all'evoluzione della scoliosi.

Di notevole importanza è anche la teoria del circolo vizioso di Ian Stokes (Figura 1), la quale afferma che la curvatura spinale laterale produce un carico asimmetrico sulla colonna vertebrale immatura dal punto di vista scheletrico. Questo comporterebbe a sua volta una crescita vertebrale asimmetrica

(diminuzione di crescita sul lato della concavità del piatto vertebrale e incremento dal lato della convessità) che risulterebbe in una progressiva cuneizzazione delle vertebre (17).

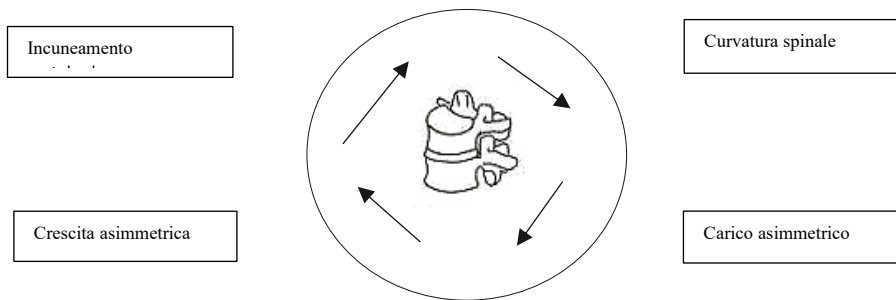


Figura 1- Il circolo vizioso di Ian Stokes, modificato da Stokes et. al., 2006 (17)

Alterazioni del tessuto connettivo

Essendo la colonna vertebrale un'unità biomeccanica funzionale, la sua stabilità si basa sull'integrità strutturale dei suoi vari costituenti, che sono tutti composti dagli elementi del tessuto connettivo viscoelastico, ovvero da collagene, proteoglicani e fibre elastiche. Poiché la scoliosi si riscontra in molteplici patologie che coinvolgono il tessuto connettivo (come la sindrome di Marfan o l'osteogenesi imperfetta), è plausibile l'ipotesi che un difetto all'interno del tessuto connettivo sia il fattore causale della scoliosi idiopatica adolescenziale (18).

La crescita e il sistema ormonale

È anche ben nota la relazione tra crescita e scoliosi idiopatica: diversi studi scientifici hanno dimostrato come l'accrescimento sia essenziale per lo sviluppo e la progressione della scoliosi e che le curve di lieve entità si stabilizzano dopo la maturità ossea (18).

Poiché la progressione della curva della scoliosi è legata alla pubertà e i soggetti di sesso femminile hanno maggior probabilità di progredire rispetto ai coetanei di sesso maschile, molte ricerche si sono concentrate sulla crescita e sugli ormoni sessuali. Diversi ricercatori hanno scoperto che i livelli di ormone della crescita nei bambini con scoliosi idiopatica sono più alti che nei controlli, mentre Misol et. al. non hanno riscontrato differenze, come citato da Fadzhan et. al.(19).

La melatonina è stata un ormone di interesse nello studio dell'AIS. Gli studi sull'uomo hanno, però, mostrato risultati contrastanti: Machida et. al. hanno trovato livelli di melatonina significativamente ridotti negli adolescenti con scoliosi progressiva rispetto a pazienti con curve stabili e al gruppo di controllo. Altri autori, invece, non hanno trovato alcuna differenza. Si è, quindi, giunti alla conclusione che disfunzioni nella secrezione di questo ormone colpiscono solo determinate cellule, ovvero gli osteoblasti (19).

Alterazioni del Sistema Nervoso Centrale, con annessi disturbi nell'integrazione multisensoriale di input vestibolari, visivi e somestesici

Per quanto concerne il ruolo eziopatogenetico del Sistema Nervoso Centrale (SNC), nel 1984 Herman pubblicò uno studio che aveva l'intento di dimostrare come la scoliosi idiopatica fosse la risultante di una strategia di controllo motorio adottata per riadattare un'alterata percezione dell'orientamento corporeo nello spazio.

Attraverso alcuni esperimenti eseguiti, Herman era giunto alla conclusione che la presenza di un'alterata percezione visuo-spaziale fosse una caratteristica comune nei soggetti presentanti scoliosi idiopatica. Questa porterebbe ad un riarrangiamento sensoriale, ovvero ad un processo adattativo in grado di ristabilire le disfunzioni percettive e ricalibrare i segnali somatosensoriali che trasmettono informazioni rispetto una spina dorsale eretta. Come conseguenza di un'analisi percettiva modificata delle informazioni propriocettive, si verificherebbe un adattamento del sistema motorio assiale.

Viene adottata una nuova strategia di controllo motorio con conseguente deformità strutturale. Inoltre, questo riarrangiamento potrebbe avere un effetto sul funzionamento del tronco encefalico, portando a modifiche dei sistemi di controllo oculo-motorio e assiale-motorio (8).

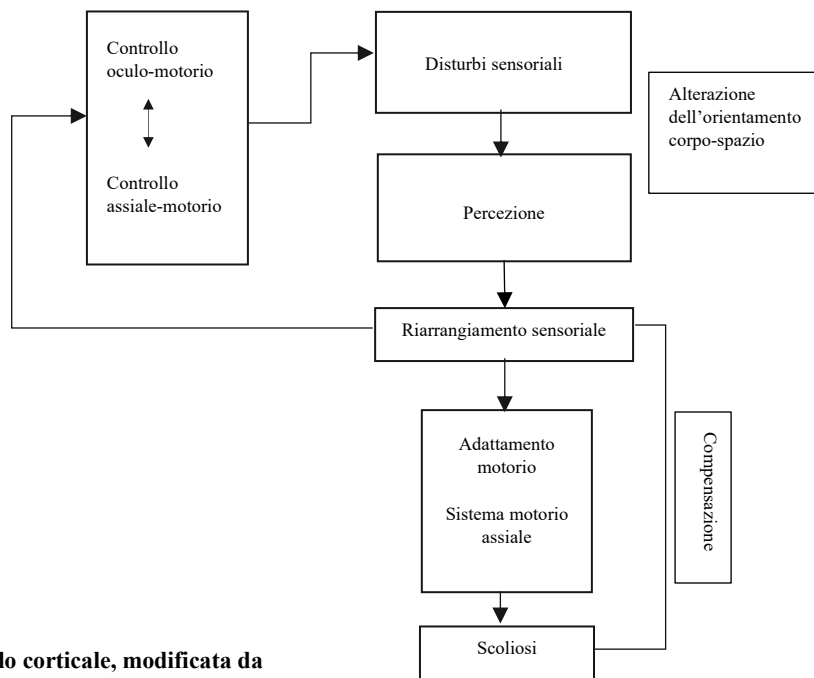


Figura 2-Modello corticale, modificata da Herman R., et. al., 1983 (8)

Herman eseguì queste ricerche partendo da un concetto già sviluppato da Yamada e colleghi (1979), ovvero che i soggetti con scoliosi idiopatica presenterebbero disturbi a livello dei meccanismi riflessi posturali e che questi sarebbero direttamente collegati allo spostamento vertebrale. Yamada et. al. avevano inoltre postulato come questi pazienti presentassero problemi nel controllo dell'equilibrio dovuti ad un disturbo nell'interazione di feedback positivo tra i propriocettori del corpo e i centri di equilibrio nel sistema cerebrale (8). Anche secondo Dubousset (1985), citato da Negrini (9), la scoliosi idiopatica sarebbe conseguente ad un disturbo neurologico provocato da una disfunzione propriocettiva. La deformazione scoliotica rappresenterebbe, quindi, una compensazione ricercata dall'organismo per ristabilire l'equilibrio posturale.

1.4 Classificazione

Nel corso degli anni sono state proposte diverse classificazioni della scoliosi idiopatica, che prendono in considerazione parametri quali l'età, l'ampiezza della curva scoliotica misurata in gradi Cobb e la localizzazione di tale curva.

Se prendiamo come riferimento la classificazione cronologica, la scoliosi idiopatica può essere suddivisa in infantile (0-2), giovanile (3-9), adolescenziale (10-17) e adulta (18+) in base all'età in cui viene diagnosticata. Risulta essenziale considerare il fatto che maggiore è il periodo che intercorre tra la diagnosi e il completamento della crescita e maggiore è il rischio di andare incontro a deformità più gravi e complesse (10).

Per quanto riguarda la classificazione angolare, l'angolo di scoliosi viene misurato tramite l'utilizzo di una radiografia in proiezione frontale in ortostatismo, secondo il metodo di Cobb. Negli anni è stato accordato come ci siano delle soglie da prendere attentamente in considerazione (10):

- sotto i 10° non bisognerebbe eseguire diagnosi di scoliosi
- oltre i 30° ci sarebbe un rischio di progressione in età adulta, come anche un rischio di problemi di salute e della qualità di vita
- oltre i 50° si pensa che la scoliosi possa quasi sicuramente progredire in età adulta e causare problemi di salute e riduzione della qualità della vita

Infine, la classificazione topografica prevede che la scoliosi venga suddivisa in base al sito anatomico della deformità spinale sul piano frontale. Degna di nota è la classificazione Ponseti-Friedman, la quale identifica quattro tipologie principali di scoliosi (Figura 3): toracica (la troviamo nel 25% dei casi, va da D4-D6 a D11-D12), toraco-lombare (19%, da D4- D6 a L1-L3), lombare (25%, da D11-D12 a L3-L4) e a forma di S (30%, doppia curva, solitamente a livello toracico e lombare). Solo nell'1% dei casi vengono diagnosticate curve cervico-dorsali (20).

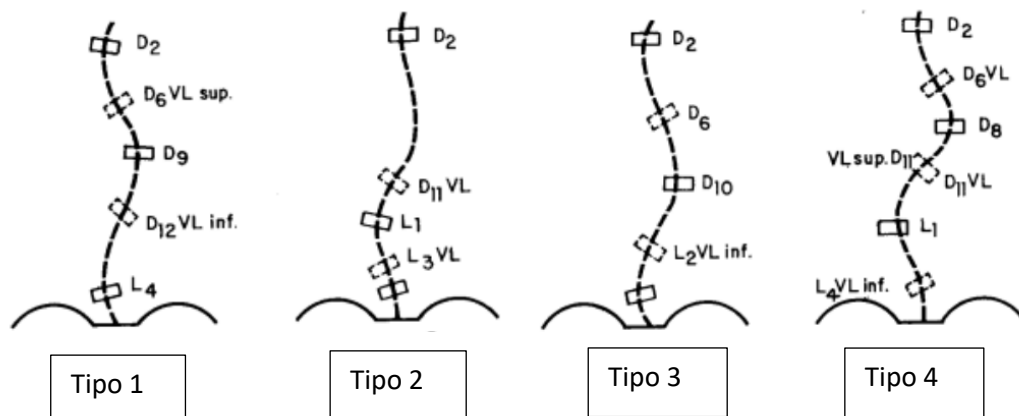


Figura 3- Tipo 1 Scoliosi toracica, Tipo 2 Scoliosi lombare, Tipo 3 Scoliosi toraco-lombare, Tipo 4 Curva a S, modificata da Bolognesi G. 2018 (20).

Oltre a questa, troviamo la classificazione di Lenke (2001), la più utilizzata nel caso di trattamento chirurgico, ma non applicabile al di fuori di questo contesto e la classificazione di Rigo, utilizzata da clinici e tecnici ortopedici per la realizzazione di corsetti efficaci, in questo caso del corsetto Rigo-Chaneau (10).

1.5 Anatomia patologica e alterazioni

Ogni scoliosi presenta caratteristiche anatomopatologiche elementari, definibili attraverso alcuni elementi qui di seguito riportati (21):

- curva principale o primitiva, prodotta direttamente dall'agente eziologico responsabile della scoliosi. Essa può interessare ognuno dei tre distretti rachidei (cervicale, toracico o lombare) e presenta le maggiori alterazioni strutturali a livello vertebrale
- curva secondaria o di compenso, si sviluppa nei tratti sopra e sottostanti la curva primitiva, al fine di compensare lo squilibrio provocato da quest'ultima
- ogni curva presenta una vertebra apicale e due vertebre limitanti. La vertebra apicale è la vertebra meno inclinata sul piano frontale e la più ruotata sul piano orizzontale. Essa presenta le maggiori alterazioni strutturali, in quanto sottoposta a maggiori sollecitazioni. Le vertebre limitanti, superiore e inferiore sono, invece, le vertebre poste agli estremi della curva. Queste presentano maggiore inclinazione sul piano frontale

La scoliosi comporta una serie di modifiche strutturali che coinvolgono la colonna vertebrale in primis, ma anche ciò che le sta attorno, come tessuti, muscoli e organi, provocando, di conseguenza, problemi di tipo funzionale di gravità differente in base all'entità della curva.

Questa complessa deformità conduce, infatti, ad un'alterazione delle curve nei tre piani dello spazio e a cambiamenti significativi della forma della singola vertebra. Sul bordo superiore e inferiore di ciascun corpo vertebrale si trova l'epifisi anulare, attraverso la quale avviene la crescita in altezza dello stesso. La pressione asimmetrica applicata sulle vertebre immature fa sì che la sezione vertebrale sul lato concavo della curva riduca la crescita, mentre l'altra sezione vertebrale convessa, dove viene applicata meno pressione, abbia una crescita normale o accelerata: questo porta all'incuneamento della vertebra. Si verifica, quindi, un movimento traslatorio nella direzione di minor resistenza, cioè verso la convessità della curva, con il corpo vertebrale sottoposto alla forza di compressione maggiore che si sposta più lateralmente (vertebra apicale) (19).

Al contempo, i processi spinosi ruotano verso il lato concavo. Quando le vertebre ruotano e si spostano lateralmente, i dischi vertebrali vengono compressi sul lato concavo e distratti sul lato convesso. I peduncoli, la lamina e i processi trasversi diventano più spessi sul lato convesso, al contrario, sul lato concavo nella regione toracica, i peduncoli diventano sottilissimi e sono accompagnati da un restringimento del canale spinale su questo lato. Anche i tessuti e i muscoli circostanti (muscoli intervertebrali, erettore spinale, quadrato dei lombi, psoas maggiore e minore e obliqui) ne risentono: si verifica l'accorciamento di questi sul lato concavo della curva. Inoltre, i legamenti longitudinali anteriore e posteriore, i legamenti gialli e i legamenti interspinosi si accorciano da questo lato e limitano la flessione verso il lato convesso (19).

Alla rotazione delle vertebre segue anche quella delle costole, le quali sono spinte verso il basso e in avanti sul lato concavo, creando qui un affollamento di queste ultime posteriormente e una piccola protuberanza sulla parete toracica anteriore dello stesso lato (emitorace anteriorizzato), mentre sul lato convesso si separano ampiamente e vengono spinte all'indietro, creando un gibbo sul lato posteriore della parete toracica. Associato con il movimento posteriore delle costole è da considerarsi anche un restringimento della gabbia toracica sul lato convesso. Le costole, inoltre, spingono sul lato convesso contro la scapola e la rendono più prominente. Infine, il capo acquisisce una posizione che non è centrata sopra al bacino, ma devia a destra o sinistra a seconda della curva che presenta il paziente (19).

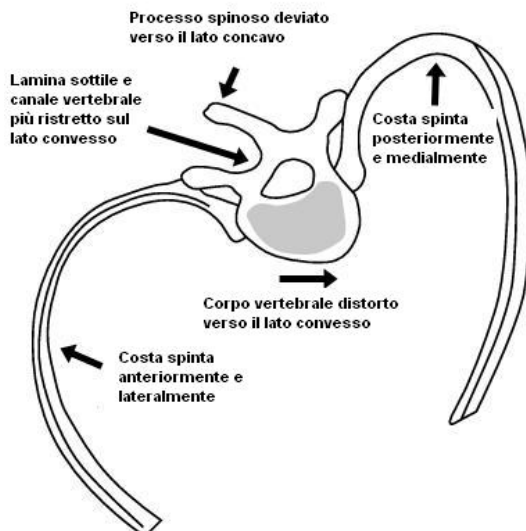


Figura 4- Rotazione vertebrale e costale

Negli ultimi anni, con il sempre maggior credito attribuito all'ipotesi eziopatogenica neurologica, sono stati messi in rilievo anche alcuni danni neuromotori conseguenti alla patologia, oltre ai danni biomeccanici sopra descritti.

In particolare, Lindström, citato da Negrini (9), attraverso uno studio ha trovato evidenti alterazioni dell'equilibrio nei pazienti con scoliosi, dopo aver somministrato un test con pedana stabilometrica. Sibilla, sempre citato da Negrini (9), ha riscontrato valori alterati in un'elevata percentuale di pazienti scoliotici all'elettro-nistagmografia effettuata durante lo stepping test tramite Cranio-Corpo-Grafia. Stefano Negrini ha condotto un test analogo in acqua, verificando dopo l'eliminazione dell'afferenza visiva, difficoltà di controllo nei pazienti scoliotici rispetto ai soggetti normali. Inoltre, alcuni autori si sono interessati alla funzione propriocettiva in questa tipologia di pazienti, riscontrando alcuni disturbi di cui parlerò in maniera più dettagliata nel prossimo capitolo.

Di notevole importanza sono i danni a carico dell'apparato cardio-respiratorio: la scoliosi, infatti, porta all'instaurarsi della cosiddetta sindrome ventilatoria restrittiva, dovuta principalmente alla deformazione della gabbia toracica, con compressione polmonare e conseguente riduzione della capacità vitale, alla menomazione della muscolatura e all'ipocifosi dorsale. Questi deficit iniziano ad instaurarsi in soggetti anche con curve scoliotiche di modesta entità e progrediscono in rapporto all'aggravamento di queste ultime. Da un punto di vista terapeutico sarà fondamentale insegnare al paziente una respirazione più efficace, combattere l'ipocifosi toracica e allenare la muscolatura respiratoria, mirando soprattutto ad espandere selettivamente l'emitorace ridotto in ampiezza (9).

Infine, risulta essenziale soffermarsi sui danni estetici e psicologici che questa deformità comporta. Essendo la scoliosi una condizione che implica deformità visibili dall'esterno e, considerando che ad

essere presi in considerazione, in questo specifico caso, sono ragazzi e ragazze in età adolescenziale, può essere che questa patologia abbia un impatto a livello psicologico. Importante risulterà essere il sostegno del paziente nell'affrontare questo aspetto, anche per la creazione di una più semplice compliance (9).

1.6 Valutazione

Non c'è evidenza scientifica sufficiente per raccomandare o sconsigliare la valutazione di adolescenti asintomatici, attraverso visite di screening, indirizzate all'individuazione preventiva di casi di scoliosi idiopatica. Tuttavia, è noto come solo un'individuazione precoce della stessa possa condurre all'utilizzo della terapia conservativa (3).

Una valutazione approfondita e completa, seguita, al bisogno, dagli esami radiologici, risultano indispensabili per delineare un possibile trattamento e sorvegliare l'andamento della patologia.

Ci sono alcuni elementi peculiari che vengono ricercati tramite una prima osservazione del paziente a dorso nudo in posizione ortostatica, ovvero (9):

- anomalie nella presentazione dei triangoli della taglia, ovvero gli spazi individuati sul piano frontale formati dal profilo del fianco e da quello del lato interno del braccio rilassato a lato del corpo.

Solitamente, nel soggetto con scoliosi, si riscontra obliquità e rotazione del bacino che si rileva a prima vista proprio tramite un'asimmetria dei due spazi

- sopraelevazione di una spalla, asimmetria e sporgenza delle scapole
- deviazione laterale delle spinose
- alterazione della forma del torace
- presenza del gibbo posteriormente
- riduzione o accentuazione delle normali curve osservando il soggetto lateralmente
- alterazioni a carico di ginocchia e piedi (valgismo, varismo, piattismo)

Il principale test di valutazione clinica è il test di Adams, che consiste nel far flettere il busto del paziente anteriormente con capo chino, braccia rilassate e arti inferiori estesi. Questo permette di evidenziare eventuali gibbi, che è possibile misurare attraverso lo scoliometro e il gibbometro: il primo rileva l'angolo di inclinazione del tronco, mentre il secondo misura l'altezza della differenza fra concavità e convessità della curva (è stato individuato come significativo un cut-off di 5 mm) (10). Se si osserva un'alterazione delle curve sul piano sagittale, è possibile la misurazione comunemente chiamata "delle frecce sagittali", che si ottiene con il paziente in posizione eretta, rilevando la distanza in millimetri tra il filo a piombo le vertebre C7 e L3. Come emerso, però, da uno studio comparativo del 2002 di Grosso C. et. al., che aveva lo scopo di dimostrare l'accuratezza e l'affidabilità di test clinici per la scoliosi idiopatica, questa tipologia di valutazione mostra un attendibilità inter-valutatore inferiore rispetto alle altre misurazioni effettuate sul piano frontale (22).

In decubito supino si può valutare la lunghezza dei muscoli crurali, degli psoas e dei solei e dalla posizione seduta la mobilità del bacino.

La valutazione radiografica rappresenta lo standard di riferimento per la diagnosi di scoliosi, si tratta di un completamento dell'esame clinico. La decisione di effettuare un accertamento radiografico viene presa dal medico in base alla valutazione iniziale del paziente ed è eseguita in proiezione frontale e sagittale, normalmente sotto carico (12).

Questa verrà poi ripetuta circa ogni 6-12 mesi per tenere sotto controllo la progressione della curva ed effettuare il follow-up (10).

La radiografia permette di misurare "la deflessione laterale" tramite l'angolo di Cobb, la rotazione vertebrale attraverso il torsionometro di Pedriolle o le tabelle di Raimondi e il grado di maturazione ossea con il segno di Risser. Oltre a questi elementi, è utile considerare la maturità radiografica delle apofisi anulari, l'angolo ileo-lombare e l'angolo di inclinazione costale (12).

È interessante notare come la valutazione di un paziente con scoliosi prenda in considerazione prettamente le alterazioni biomeccaniche e strutturali e come vengano tralasciati gli aspetti più propriocettivi e di consapevolezza del proprio corpo.

1.7 Trattamento

Come già anticipato, le curve scoliotiche possono essere classificate in base all'ampiezza misurata in gradi Cobb: questo parametro ci permette di prendere una scelta rispetto al tipo di trattamento più indicativo per quella determinata fase, con l'obiettivo principale di prevenire la progressione della patologia.

La gestione dell' AIS comprende opzioni di tipo conservativo o chirurgico. La chirurgia viene presa in considerazione nei pazienti scheletricamente immaturi che presentano un angolo di Cobb superiore a 40° o nei pazienti che mostrano una progressione continua, mentre per pazienti con gradi della curva meno elevati o stabili, si predilige il trattamento conservativo che comprende gli esercizi fisioterapici specifici (per curve < 25°) e il trattamento ortesico abbinato a questi ultimi (curve > 25°) (23).

Per quanto riguarda gli esercizi fisioterapici, attualmente sono note le seguenti scuole europee: Schroth, Scientific Exercises Approach to Scoliosis (SEAS), Barcelona Scoliosis Physical Therapy School (BSPTS), FED (acronimo che sta per Fixation, Elongation, Derotation), Functional Individual Therapy of Scoliosis (FITS), Lyon, Side Shift e DoboMed. Tutte vertono sull'autocorrezione nei tre piani dello spazio, sulla consapevolezza della postura assunta, sullo sviluppo di maggior capacità di equilibrio e stabilità e su esercizi respiratori. Inoltre, ognuna di queste scuole incorpora i principi della Società Internazionale per il trattamento ortopedico e riabilitativo delle scoliosi (SOSORT) (24).

Sebbene ci sia carenza di studi di elevata qualità circa l'efficacia dei trattamenti fisioterapici specifici per la scoliosi idiopatica, c'è evidenza di come la fisioterapia aiuti a stabilizzare la deformità spinale

e a migliorare la qualità della vita del paziente (24).

Per quanto riguarda gli obiettivi generali del trattamento conservativo della scoliosi idiopatica, gli esperti SOSORT li hanno suddivisi in morfologici e funzionali: i primi si collegano all'estetica, entrambi, invece, sono legati alla qualità della vita del paziente, al suo benessere psicologico e alla sua disabilità (10). Viene riportato come gli obiettivi di base del trattamento conservativo della scoliosi idiopatica siano i seguenti: fermare la progressione della curva durante la pubertà (ridurla nei casi in cui sia possibile), prevenire o curare le disfunzioni respiratorie, prevenire o curare le sindromi dolorose della colonna e infine migliorare l'estetica attraverso la correzione posturale (10).

In Italia l'approccio più utilizzato per il trattamento della scoliosi è il SEAS. Esso si basa su una tecnica di autocorrezione in 3D, attiva e specifica, eseguita senza l'utilizzo di ausili esterni ed inserita anche all'interno di esercizi funzionali. L'autocorrezione può essere compiuta dal soggetto solo dopo che quest'ultimo ha preso consapevolezza della localizzazione e conformazione della propria deformità spinale. Dopodiché sarà in grado di eseguire le correzioni necessarie per raggiungere una posizione più vicina possibile a quella fisiologica di allineamento nei tre piani dello spazio. L'autocorrezione può essere eseguita durante innumerevoli esercizi, così facendo il soggetto è posto nelle condizioni di dover correggersi anche in situazioni più complicate rispetto alla sola posizione seduta di fronte allo specchio. L'obiettivo è di far acquisire al paziente l'abilità di trasferire l'autocorrezione all'interno delle attività della vita quotidiana (25).

Questo metodo si propone di riottenere un corretto controllo posturale, oltre che migliorare la stabilità spinale, stimolare una reazione di fronte alla deviazione, rinforzare la muscolatura e allungarla, se necessario. Un aspetto particolare di questo approccio è che non esiste una sequenza definita di esercizi e movimenti, ma la scelta di questi viene eseguita in base al soggetto, dopo aver analizzato la radiografia della colonna vertebrale e aver eseguito una valutazione posturale: in questo modo tutto viene adattato al singolo (25).

CAPITOLO 2- PROPRIOCEZIONE E SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE

2.1 Definizione di propiocezione

Il termine propiocezione fu coniato per la prima volta nel 1906 dal neurofisiologo inglese Charles Sherrington. La parola deriva dal latino "proprius" (proprio, appartenente a se stesso) e "percezione", letteralmente "percepire se stessi". Sherrington fece riferimento alla propiocezione come "la percezione del movimento articolare e del corpo, nonché la posizione del corpo, o dei segmenti corporei, nello spazio", il tutto indipendentemente dall'utilizzo della vista (26).

La percezione, dal latino "percepio" (percepire), è l'identificazione, l'organizzazione e l'interpretazione delle informazioni sensoriali e permette all'uomo di rappresentarsi e di comprendere l'ambiente che lo circonda. Una caratteristica della percezione è che non si tratta semplicemente della ricezione passiva di un segnale sensoriale, ma è modellata dalla memoria e dall'apprendimento (26).

In questo senso, la propiocezione può essere definita come la capacità di un individuo di integrare i segnali sensoriali dei meccanorecettori per determinare le posizioni e i movimenti dei segmenti corporei nello spazio. Per essere precisi, la propiocezione è la percezione della posizione e dei movimenti del corpo nello spazio tridimensionale e la prestazione propriocettiva complessiva è determinata sia dalla qualità delle informazioni propriocettive che dalle capacità propriocettive di un individuo. Pertanto, i meccanorecettori periferici forniscono informazioni propriocettive al cervello affinché queste vengano elaborate e integrate per essere utilizzate (26).

La propiocezione, quindi, comprende due submodalità: il senso di posizione statica e il senso di movimento. Queste sensazioni sono importanti per il controllo dei movimenti degli arti, per la manipolazione di oggetti di forma e massa diverse e per il mantenimento della postura eretta. La posizione statica di un distretto corporeo e la velocità di direzione del suo movimento possono essere segnalate da tre tipi di meccanocettori presenti nei muscoli e nelle articolazioni: 1) particolari recettori da stiramento situati nei muscoli, denominati recettori del fuso neuromuscolare, 2) gli organi tendinei del Golgi, che sono recettori localizzati a livello dei tendini, che rilevano la forza contrattile del muscolo o la tensione sviluppata da un gruppo di fibre muscolari e 3) recettori presenti a livello delle capsule articolari, che sono sensibili alla flessione o all'estensione delle articolazioni (27).

Inoltre, sono presenti anche alcuni recettori sensibili alla deformazione della cute (i corpuscoli di Ruffini, di Merkel e i recettori di campo) che forniscono informazioni di natura posturale. I propriocettori sono innervati da fibre mieliniche di grande diametro, le quali conducono potenziali d'azione a velocità elevata (27).

Studi recenti eseguiti sulle fasce hanno riportato come queste abbiano un ruolo di notevole importanza rispetto la propiocezione e la coordinazione motoria periferica. È stato evidenziato come diversi tipi

di recettori sensoriali, compresi i fusi neuromuscolari e gli organi tendinei del Golgi, così come anche le terminazioni libere, abbiano una forte connessione con il tessuto connettivo intramuscolare e, quindi, con il sistema fasciale: questi recettori risentirebbero di qualsiasi variazione tensionale fasciale e muscolare e la loro sensibilità ne sarebbe fortemente influenzata. Un'innervazione particolarmente densa dal punto di vista dei meccanocettori è presente in particolar modo negli strati più superficiali della fascia profonda (28).

2.2 Valutazione generale della propiocezione

Nella pratica clinica, la valutazione propriocettiva deve essere considerata su due livelli: da un lato troviamo la statestesia (valutazione del senso posizionale) e dall'altro la cinestesia (valutazione della soglia di rilevamento del movimento).

La prima prevede che il paziente sia in grado di riconoscere o riprodurre una specifica posizione di un distretto corporeo dopo che l'articolazione è stata portata, dal fisioterapista o da un dispositivo meccanico esterno, nella posizione target per alcuni secondi (la misurazione viene eseguita tenendo in considerazione la differenza in gradi che intercorre tra il target iniziale e la posizione riprodotta dal soggetto), mentre la seconda prevede che il soggetto riesca a rilevare l'inizio e la durata del movimento passivo eseguito in un'articolazione dall'operatore o da un macchinario (la misurazione consiste nel calcolare la differenza che intercorre tra l'angolo in cui inizia il movimento e l'angolo in cui il movimento è stato rilevato dal soggetto) (29) (30).

Negli anni sono state impiegate diverse procedure nella misurazione della propiocezione in diversi distretti corporei (colonna vertebrale, arti inferiori, superiori): rilevazione del movimento passivo (threshold to detection of passive motion o TTDPM), riproduzione della posizione articolare (joint position reproduction o JPR) e valutazione della discriminazione del movimento attivo (active movement extent discrimination assessment o AMEDA) (26).

Durante un test TTDPM, i partecipanti sono seduti o sdraiati, la parte del corpo sottoposta al test viene isolata e le altre informazioni periferiche, come quelle tattili, visive e uditive, vengono solitamente escluse utilizzando bende e cuffie. Una volta che queste variabili sono poste sotto controllo, il segmento corporeo in esame viene spostato passivamente in una direzione predeterminata. I partecipanti sono istruiti a premere un pulsante di arresto non appena percepiscono il movimento e la direzione, la quale viene in seguito riportata all'esaminatore. Il metodo di test JPR, invece, viene condotto in condizioni passive o attive. Esistono tre tipi di compiti JPR descritti nella valutazione della propiocezione: JPR omolaterale (ipsilateral JPR o IJPR); e due approcci controlaterali (controlateral JPR o CJPR). Per i test IJPR, una posizione articolare target predeterminata viene presentata passivamente o attivamente al partecipante per alcuni secondi. Successivamente l'articolazione viene riportata alla posizione neutra e al soggetto viene chiesto di

riprodurre la posizione a cui era stato condotto. Per quanto riguarda i due approcci CJPR, nel primo di questi il partecipante deve riprodurre la posizione del distretto corporeo utilizzando l'articolazione controlaterale, nel secondo, invece, il soggetto utilizza sempre la parte controlaterale per riprodurre la posizione, potendo però fare una verifica online con l'altra parte (la quale rimane dove è stata posizionata). Quindi, la differenza tra i due, sta nell'utilizzo della memoria: mentre nel primo caso il soggetto deve memorizzare la posizione del distretto per poi riprodurla con la parte controlaterale, nel secondo caso ha a disposizione la posizione target mantenuta nel tempo e deve cercare contemporaneamente di posizionare la controlaterale in modo identico (queste due varianti JPR vengono utilizzate per testare le articolazioni degli arti).

L'ultima tipologia di valutazione della propriocezione è il test AMEDA (utilizzato negli studi per testare principalmente la propriocezione della caviglia). In questo caso il soggetto è posto su una piastra mobile che implica spostamenti del distretto caviglia/piede (inversione/eversione o flessione/estensione). Sono presenti diversi gradi di spostamento, da molto piccoli a più ampi e il soggetto, dopo aver familiarizzato con il dispositivo, deve essere in grado di discriminare l'escursione del movimento attivo nelle varie posizioni (26).

I principali strumenti di misurazione utilizzati per questi test risultano essere (29):

- il goniometro, per la sua facilità di utilizzo e per il costo minore, anche se presenta un alto rischio di errore
- l'inclinometro
- strumenti meccanici, che risultano essere più accurati, ma richiedono attrezzature specifiche per ciascuna articolazione e questo rende l'uso nella pratica più difficile

2.3 Revisione della letteratura

È stata eseguita una revisione della letteratura sulla banca dati Pubmed per definire lo stato dell'arte riguardante la valutazione della propriocezione negli adolescenti con scoliosi idiopatica adolescenziale. Per fare questo sono state individuate diverse parole chiave, unite tra loro da operatori booleani. Di seguito è riportata la stringa di ricerca utilizzata: (((((proprioceptive deficit) OR (proprioceptive alteration)) OR (proprioceptive function)) AND (adolescent idiopathic scoliosis)) NOT (treatment)) NOT (vestibular system). La ricerca è stata portata a termine il 9 Agosto 2023.

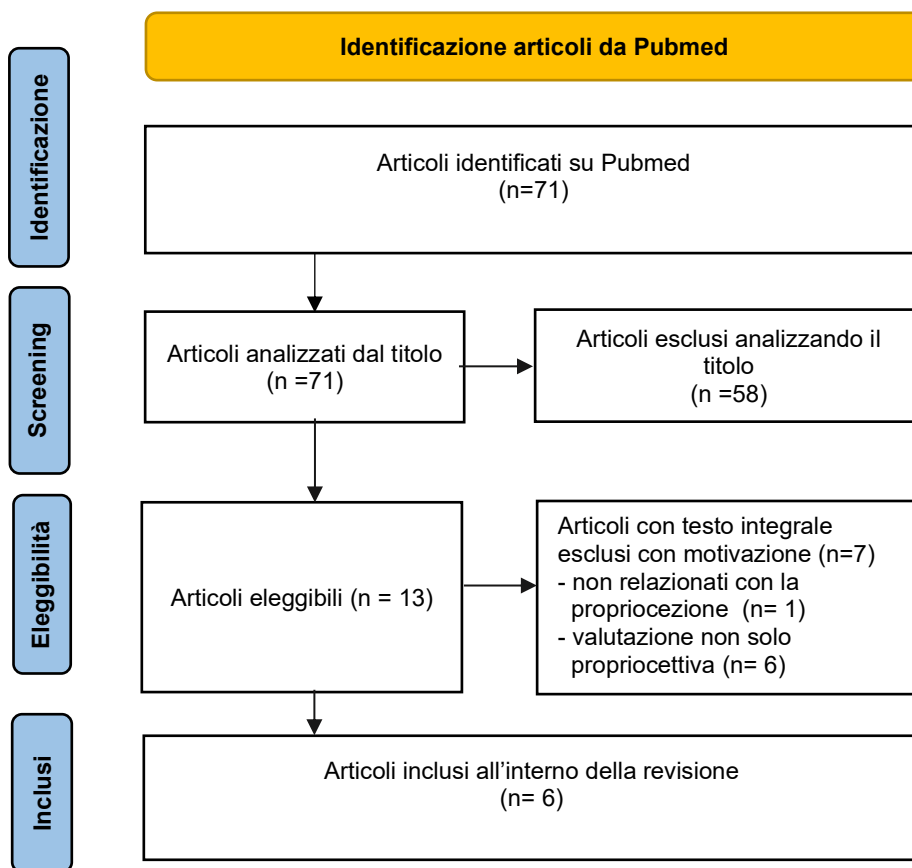


Figura 5- Diagramma di flusso relativo alla selezione degli articoli

Gli studi selezionati comprendono una revisione e 5 studi-controllo. Sono stati tutti analizzati singolarmente, anche se compresi all'interno della revisione (da quest'ultima sono stati tralasciati gli articoli riguardanti i potenziali evocati somatosensoriali e lo studio che proponeva l'Unterberger test come test valutativo).

I distretti testati sono stati gli arti superiori (articolazione di mano e gomito), gli arti inferiori (ginocchio) e il tratto cervicale con prove di:

- riconoscimento e/o riproduzione della posizione (senso di posizione)
- rilevazione del movimento passivo

In tutti gli studi sono state somministrate le prove sia ad un gruppo di pazienti con scoliosi idiopatica sia ad un gruppo di controllo e sono stati eliminati, per quanto possibile, cues esterni oltre che sistemi quali la vista e l'udito, per minimizzare i bias.

Di seguito verrà riportato ciò che è emerso dall'analisi complessiva delle prove, suddivise in base alla tipologia.

1. Senso di posizione

Questo tipo di prova consiste nel riconoscere una certa posizione (in cui il distretto corporeo preso in esame viene portato passivamente) ed eventualmente, poi, riprodurla.

Dagli studi emerge come i soggetti presentanti scoliosi idiopatica abbiano ottenuto risultati significativamente inferiori rispetto ai coetanei non presentanti la patologia.

In particolare, Barrack et.al., testando il senso di posizione (in termini di riproduzione di posizione) sul distretto ginocchio, attraverso un apparato meccanico che muoveva passivamente l'articolazione, hanno rilevato una certa differenza tra gruppo di controllo e gruppo studio. Quest'ultimo ha ottenuto risultati significativamente peggiori rispetto al gruppo di controllo ed è stata riportata la presenza di un'asimmetria evidente nella performance dei due arti inferiori. La direzione della curvatura o la dominanza della mano non sono state correlate con l'arto che ha ottenuto risultati migliori (2). Lo stesso hanno riscontrato Cook et.al., testando in modo simile l'articolazione del gomito (3).

Keessen et. al., invece, hanno proposto una prova di accuratezza propriocettiva per testare l'orientamento spaziale del distretto mano (dito indice). Al soggetto era richiesto di portare il dito indice il più vicino possibile al controlaterale già posizionato in precedenza dall'esaminatore (sotto un tavolino trasparente con il polpastrello a contatto con esso). È risultata esserci una significativa inaccuratezza propriocettiva tra i soggetti destrimani affetti da scoliosi idiopatica rispetto ai soggetti del gruppo di controllo, ma un'occasionale inaccuratezza è stata osservata altresì tra i soggetti sani (4).

Guyot et. al., infine, hanno trovato come un sottogruppo di soggetti con AIS avesse difficoltà a riposizionare il tratto cervicale in linea con il tronco dopo aver effettuato una rotazione attiva del capo, rispetto al gruppo di controllo (media d'errore significativamente più bassa per quest'ultimo gruppo) (5).

2. Rilevazione del movimento passivo

Per questa tipologia di prova, al soggetto viene richiesto di individuare il momento specifico in cui rileva un cambiamento di posizione di un distretto corporeo posto su un apparato apposito munito di motore. Barrack et. al. hanno osservato una differenza significativa tra gruppo di controllo e di studio, anche se non quantitativamente così grande: i ragazzi con AIS hanno presentato una velocità media leggermente inferiore nella rilevazione del movimento (2). Cook et.al., invece, hanno riscontrato un'asimmetria significativa nelle performance tra i due arti superiori nei pazienti con AIS e, analizzando i dati di entrambi gli arti (designati come arto buono e arto deficitario), è stato dimostrato come le performance eseguite con entrambi fossero peggiori nel gruppo di studio rispetto al gruppo di controllo (3).

La revisione presa in considerazione dalla ricerca eseguita su Pubmed (Lau et.al.), pone in evidenza come i pazienti con AIS presentino maggiori alterazioni propriocettive rispetto a coetanei non affetti dalla patologia e afferma come questa scoperta possa indicare possibili cambiamenti sottostanti nel sistema nervoso centrale e/o sistema nervoso periferico dei soggetti con AIS. Ci sarebbero, però, ancora dei dubbi rispetto alla cronologia degli eventi: non è ben chiaro se i deficit propriocettivi siano una causa o una conseguenza della scoliosi idiopatica. Se ne fossero la causa, non dovrebbe esserci alcuna correlazione tra disfunzione propriocettiva e severità della curva scoliotica, mentre se ne fossero la conseguenza, si potrebbe ipotizzare che maggiore sono i gradi Cobb e la progressione della curva, peggiori saranno le funzioni propriocettive (6).

A tal proposito, dalla maggior parte degli studi presi in considerazione singolarmente, è emerso come non ci sia alcuna correlazione tra severità della curva scoliotica o età e performance propriocettiva, oltre che nessuna differenza nei risultati delle prove tra soggetti portatori di busto e soggetti riabilitati in modo conservativo. Solo uno tra gli studi ha riportato risultati discordanti rispetto a ciò: Yekutiel et.al., infatti, dopo aver somministrato le prove rispetto al senso di posizione di ginocchio e gomito, hanno rilevato come i ragazzi più giovani d'età con AIS abbiano riportato risultati in linea o addirittura migliori del gruppo di controllo, al contrario gli adolescenti con AIS di età più avanzata, hanno riportato una media di errore, rispetto all'arto superiore destro, maggiore del 50% rispetto al gruppo di controllo. Da questo fatto, lo studio ha ipotizzato come sia più probabile che i deficit propriocettivi siano secondari all'instaurarsi della scoliosi (7). Dalla revisione, inoltre, emerge come i vari studi abbiano dimostrato la presenza di alterazioni propriocettive a livello di diverse articolazioni periferiche: questo suggerirebbe che i cambiamenti propriocettivi siano sistemici e non localizzati in un particolare distretto corporeo. A tal proposito viene sottolineato come la propriocezione a livello della colonna vertebrale, nei soggetti con AIS, non sia stata testata in modo approfondito, ma è possibile che sia anch'essa sia compromessa sotto tale aspetto, soprattutto il tratto toracico e lombare. Complessivamente c'è evidenza che supporta la presenza di deficit propriocettivi tra i soggetti con AIS, tuttavia, rimane poco chiara la correlazione causale tra AIS e alterazione propriocettiva, come anche la distribuzione di quest'ultima. La revisione denota la necessità di eseguire ulteriori ricerche in merito (6).

| Studi inclusi | Disegno | Campione | Età Media | Angolo di Cobb | Misurazioni e distretti corporei testati | Outcome | Risultati |
|---------------|---|---|--|---------------------|---|--|---|
| Guyot 2016 | Caso-controllo multicentrico | Totale:42 (40 F/2 M) AIS: 30 (30F/0M) Ctrl: 12 (10F/2M) | Totale:14.9 AIS: 15.0 Ctrl: 14.6 | Media: 25.6° | Rilocazione cervicocefalica | Errore di riposizionamento | Difficoltà per alcuni pazienti con AIS nel ricollocare il segmento cervicocefalico in linea con il tronco dopo aver eseguito rotazioni attive della testa |
| Keessen 1992 | Caso-controllo | Totale:182 (101F/81M) AIS: 48 (36F/12M) Ctrl: 134 (65F/69M) | Totale:13.5 AIS: 14.2 Ctrl: 13.3 | Media: 35° | Rilocazione dito indice | Errore di riposizionamento | Riscontrata un'impresione significativa nella rilocazione del dito indice tra i soggetti destrimani dei gruppi con AIS rispetto al gruppo di controllo |
| Cook 1986 | Caso-controllo | Totale: 41 (22F/1M) AIS: 23 Ctrl: 18 | Totale:18.2 AIS: 16.1 Ctrl: 20.8 | Media: 34° | Senso di posizione e rilevazione del movimento articolare del gomito | Errore di riposizionamento e soglia di rilevazione del movimento | Peggior performance per il gruppo di pazienti con AIS in entrambe le prove rispetto al gruppo di controllo |
| Barrack 1984 | Caso-controllo | Totale: 29 AIS: 17 (14F/3M) Ctrl: 12 | AIS: 14.8 | Media: 26.8° | Senso di posizione e rilevazione del movimento articolare del ginocchio | Errore di riposizionamento e soglia di rilevazione del movimento | Difficoltà maggiori nei pazienti con AIS nel test di riproduzione di un angolo articolare e nella rilevazione del movimento rispetto ai coetanei sani |
| Yekutiel 1981 | Caso-controllo | Totale: 48 AIS: 24 Ctrl: 24 | Non presente | Range: 10°-41° | Senso di posizione di gomito e ginocchio | Errore di riposizionamento | I pazienti con singola curva toracica (> 14 anni) hanno dimostrato avere un peggior senso di posizione del gomito destro rispetto ai coetanei sani |
| Lau 2021 | Revisione sistematica (11 casi-controlli) | Totale: 102 ± 69 (AIS=60±46, Ctrl=42±38) | Totale: 14.8 ± 1.5 | Media: 33.1° ± 4.9° | Senso di posizione, rilevazione del movimento e potenziali evocati | Errore di riposizionamento, soglia di rilevazione del movimento e risposta ai potenziali evocati | Pazienti con AIS presentano alterazioni propriocettive in misura maggiore rispetto ai coetanei sani |

Tabella 1- Caratteristiche degli studi considerati

2.4 Approcci fisioterapici e propriocezione

Nel primo capitolo sono stati introdotti i principali approcci fisioterapici che vengono utilizzati per il trattamento della scoliosi idiopatica adolescenziale. Questo paragrafo si propone di illustrare come questi metodi intendano e considerino la propriocezione, per avere un'idea complessiva di come quest'ultima venga inserita all'interno del trattamento. Nel complesso non sono stati trovati degli studi specifici che affrontano la riabilitazione propriocettiva nel paziente con AIS, ma analizzando in particolare, una review del 2016 "Physiotherapy scoliosis-specific exercises- a comprehensive review of seven major schools" (25), è stato possibile comprendere come la propriocezione venga affrontata principalmente all'interno di esercizi di equilibrio e non come riconoscimento e/o riproduzione della posizione. Tutti i metodi si concentrano sull'autocorrezione del soggetto, con l'obiettivo principale di ottenere una postura simmetrica e il più vicino possibile alla fisiologica, per evitare di portare ad un peggioramento della curva. Viene molto spesso utilizzato lo specchio o, in alternativa, i soggetti vengono filmati, proprio per renderli consapevoli di come sono posti e di come devono correggersi, inizialmente con l'aiuto del fisioterapista, successivamente in autonomia. Lo specchio risulta essere molto utile perché conferisce un feedback visivo al soggetto rispetto al raggiungimento di una posizione più allineata. Con il tempo, poi, il paziente sarà in grado di eseguirla escludendo la vista perché, secondo quanto riportato dal SEAS, diventerà più in sintonia con la sua percezione sensorimotoria (25). Per quanto riguarda l'aspetto propriocettivo, i principali approcci propongono la tenuta della correzione durante compiti gradualmente sempre più complicati, come stare in equilibrio sopra a tavolette propriocettive, ad una fitball, o in generale su superfici instabili, in modo da allenare anche il reclutamento muscolare. Sempre secondo il metodo SEAS, queste tavolette propriocettive, però, vengono utilizzate solo inizialmente per complicare quella che è diventata una semplice autocorrezione statica, poi vengono messe da parte e l'unico strumento mantenuto rimane lo specchio (25). Da ciò si evince come si punti sulla consapevolezza della deviazione scoliotica e della postura assunta, ma utilizzando molto il senso della vista e facendo in qualche modo memorizzare e percepire la giusta correzione, non partendo dal "sentire" direttamente il corpo, ma già predisponendo i corretti aggiustamenti da eseguire.

Un approccio riabilitativo non nominato in precedenza perché non esclusivo per la riabilitazione della scoliosi, ma che verrà preso in considerazione in quanto valorizza in particolar modo i processi cognitivi, tra cui anche la percezione, è la Teoria Neurocognitiva. Secondo quest'ultima, la qualità del processo di recupero sarebbe subordinata alla qualità dell'attivazione dei processi cognitivi, che permetterebbe la riorganizzazione della struttura neurale e consentirebbe l'instaurarsi di modifiche nel comportamento motorio del soggetto con patologia (31). A partire dalla fine degli anni '80, la Riabilitazione Neurocognitiva (RNC) si è occupata molto dello studio del tronco e ha cercato anche di interpretare la patologia della scoliosi. In particolare, Cogo, Crea e Rizzello, 1996, citati da Zernitz,

affermano come “per approcciare ad una corretta analisi delle funzioni del tronco, è essenziale adottare un’ottica di tipo sistemico secondo la quale il tronco rappresenta un elemento significativo del sistema, in grado di mettere in atto strategie motorie di volta in volta diverse e adeguate al compito che il soggetto va ad espletare, utilizzando mezzi quali la frammentabilità, la variabilità e l’adattabilità”. Al contrario sarebbe scorretto utilizzare un’ottica posturale, secondo la quale il tronco rappresenterebbe solamente il supporto per le attività volontarie (32).

Per sottolineare l’importanza di questo distretto corporeo, inoltre, si cita qui di seguito lo studio di Manzoni, riportato da C. Perfetti (33), che evidenzia come la sensibilità del tronco riconosca nella corteccia sensitiva primaria almeno 4 rappresentazioni. Manzoni sostiene che le cellule delle zone corticali su cui proietta il tronco, ricevano informazioni sia dalla parte destra che dalla parte sinistra della linea mediana e ciascuna di queste cellule poi, è informata attraverso connessioni callosali di quanto giunge alla omologa controlaterale.

Per quanto riguarda l’alterazione scoliotica, la RNC ha riportato come il fatto che l’eziologia di quest’ultima sia ancora incerta non esenti il riabilitatore dal compiere un’analisi più approfondita dei meccanismi che sono alla base della patologia, anzi quest’ultimo dovrebbe essere in grado di porre in evidenza le caratteristiche comportamentali del paziente scoliotico per strutturare i problemi che potranno essere affrontati durante la riabilitazione. Alcune di queste sono: l’alterazione della percezione dell’allineamento verticale, la fissità di rapporti tra i diversi distretti del rachide e un uso asimmetrico dei due emisomi. Si riporta come la necessità di recuperare la simmetria verticale, finora intesa come situazione ortostatica che soddisfa le esigenze estetiche e culturali dell’osservatore esterno, ha portato spesso ad interventi che prevedono l’uso di forze esterne che impongono un assetto forzatamente verticale. Per una corretta interpretazione dell’alterazione scoliotica e delle possibilità di intervento su questa patologia è necessario, invece: definire che cosa si intende per simmetria verticale vista come concetto dinamico anziché come assetto statico, ipotizzare quali meccanismi vengano alterati e come si possa mirare ad un loro recupero. Pertanto, gli obiettivi che l’esercizio terapeutico conoscitivo si pone sono: il recupero di una corretta percezione del rachide, delle sue modificazioni in rapporto ai diversi compiti e della propria collocazione nello spazio, la ricostruzione di una verticalità dinamica e il recupero dell’adattabilità e frammentabilità del rachide (34). Tra i vari esercizi che propone la Teoria Neurocognitiva ci sono quelli riguardanti il riconoscimento di posizioni, con i quali il terapeuta è in grado di guidare il paziente ad organizzare la sua capacità di percepire (31). Il soggetto affetto da scoliosi idiopatica, in questo modo, verrebbe guidato ad apprendere le modalità di acquisizione di informazioni dal proprio corpo che gli permetterebbero di comprendere come i diversi distretti corporei sono posizionati, anche l’uno rispetto all’altro, di giungere ad avere una rappresentazione corretta di questi, di acquisire maggiore consapevolezza e di riuscire ad attuare le modifiche necessarie alla correzione posturale.

CAPITOLO 3- MATERIALI E METODI

3.1 Quesito di ricerca e obiettivo

Questo capitolo si propone di riportare le modalità secondo le quali è stato svolto lo studio di tesi. Il quesito di ricerca da cui sono partita è il seguente: “I ragazzi affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale presentano maggiori alterazioni propriocettive rispetto ai coetanei non presentanti questa patologia?”. In letteratura sono riportate evidenze in merito a questo argomento che affermano come i pazienti con scoliosi idiopatica, nel complesso, ottengano risultati inferiori rispetto ai coetanei sani nelle prove propriocettive proposte. La maggior parte di questi studi, però, prende in considerazione articolazioni non necessariamente implicate nell’allineamento del tronco, mentre questo studio di tesi si propone di valutare la propriocezione nei distretti di spalle, bacino e piedi, i quali sono strettamente relazionati con il tronco. Inoltre, in letteratura non è stato trovato alcuno studio che prendesse in considerazione i distretti corporei singolarmente e successivamente in relazione tra loro. A tal proposito è stata ideata una valutazione con all’interno alcune prove che testano la propriocezione nel soggetto, sia focalizzandosi sul singolo distretto (spalle, bacino, piedi), che ponendoli in relazione tra loro. Inoltre, è stato richiesto ai soggetti di riportare i riferimenti utilizzati per ricercare l’allineamento corporeo dalla posizione supina. L’obiettivo principale di questo lavoro è comprendere se, dal punto di vista propriocettivo a livello del tronco, ci siano delle differenze rilevanti tra ragazzi con e senza scoliosi idiopatica per eventualmente essere in grado di predisporre un piano riabilitativo completo, che tenga in considerazione questi aspetti, al fine di valorizzarli e migliorarli.

3.2 Campione

Il campione scelto per questo studio comprende 29 ragazzi adolescenti tra i 12 e i 17 anni, di cui 14 affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale (AIS), diagnosticata tramite visita fisiatrica e tutti in trattamento ortesico (gruppo di studio) e 15 coetanei non presentanti la patologia (gruppo di controllo).

Il primo gruppo è stato selezionato tramite il servizio di Neuropsichiatria Infantile di Schio e Thiene (ULSS 7 Pedemontana), mentre il secondo gruppo è stato selezionato autonomamente dalla sottoscritta.

La selezione dei ragazzi è stata eseguita dopo aver stilato i criteri di inclusione ed esclusione riportati qui di seguito:

Criteri di inclusione:

Soggetti senza scoliosi:

- Età compresa tra i 12 e i 17 anni

Soggetti con scoliosi:

- Età compresa tra i 12 e i 17 anni
- Diagnosi di scoliosi idiopatica adolescenziale con gradi Cobb $\geq 10^\circ$

Criteria di esclusione:

Soggetti senza scoliosi:

- Traumi muscolo-scheletrici negli ultimi 6 mesi
- Presenza di patologie neurologiche e psichiatriche
- Presenza di alterazioni al rachide
- Svolgimento di attività sportiva per più di 10 ore settimanali

Soggetti con scoliosi:

- Traumi muscolo-scheletrici negli ultimi 6 mesi
- Presenza di patologie neurologiche e psichiatriche
- Altre patologie al rachide al di fuori della scoliosi
- Svolgimento di attività sportiva per più di 10 ore settimanali
- Scoliosi secondaria
- Intervento chirurgico per correzione della curva o interventi chirurgici di altro tipo eseguiti negli ultimi 6 mesi

La scelta di porre come criterio di esclusione lo svolgimento di attività sportiva per più di 10 ore settimanali deriva dall'ipotesi che i soggetti sportivi sviluppino maggiori abilità propriocettive, in quanto eseguono allenamenti finalizzati all'esecuzione di gesti specifici: questo potrebbe condurre ad una maggiore capacità nel percepire le informazioni propriocettive.

Come riporta anche la review del 2016 "Assessing proprioception: a critical review of methods", apprendere abilità di movimento significa sviluppare nuovi schemi ed elaborare in modo appropriato le informazioni propriocettive (26).

Una volta redatti i criteri di inclusione ed esclusione, i 15 ragazzi appartenenti al gruppo di controllo (9 ragazze e 6 ragazzi, età minima 12 anni, massima 17, età media 14.2 anni) sono stati identificati tramite conoscenze personali, dopo essersi accertati che rientrassero nei parametri prefissati. I ragazzi appartenenti al gruppo di studio (11 ragazze e 3 ragazzi, età minima 13 anni, massima 16, età media 14.6 anni, media Gradi Cobb di 24.36° , busto portato in media da 18 mesi), invece, sono stati selezionati consultando la lista dei pazienti con diagnosi di scoliosi idiopatica presi in carico dalle

fisiatre (Ulss 7, distretto 2).

I genitori e i ragazzi sono stati informati in anticipo rispetto le prove di valutazione, tramite un'informativa contenente una breve descrizione dello studio. È stata loro consegnata anche la dichiarazione del consenso informato sulla privacy, per autorizzare l'utilizzo di foto e video.

Di seguito è riportato il diagramma di flusso che illustra come si è giunti al numero di ragazzi con scoliosi idiopatica che effettivamente hanno partecipato allo studio.

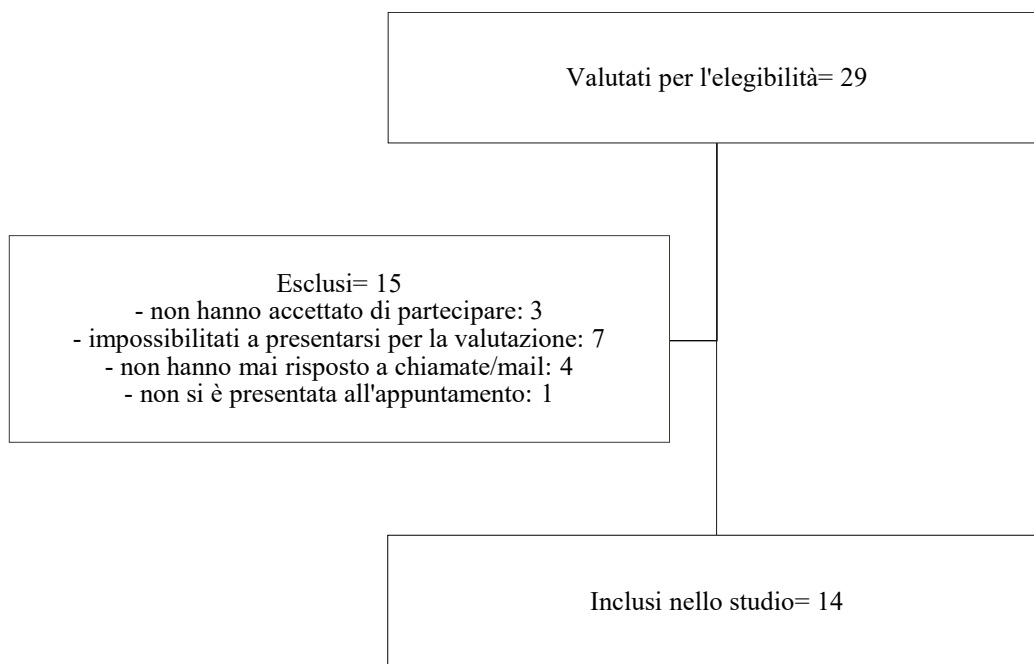


Figura 6- Diagramma di flusso relativo agli step di selezione dei ragazzi con diagnosi di AIS (gruppo studio)

3.3 Modalità di esecuzione dello studio e strumenti

La valutazione dei soggetti appartenenti ai due gruppi è stata eseguita tramite una scheda valutativa ideata facendo riferimento alla Teoria Neurocognitiva e suddivisa in diverse parti. Prima di iniziare le prove effettive, ci si è accertati che i ragazzi del gruppo di controllo non presentassero il gibbo posteriormente, questo è stato possibile grazie alla somministrazione del test di Adams.

Sono stati, inoltre, raccolti alcuni dati relativi al soggetto in questione, sia di tipo descrittivo che antropometrico, riportati qui di seguito in delle tabelle (Tabelle 2,3 e 4) e presenti anche all'interno della scheda di valutazione (Allegato 1).

Sulle tabelle, i ragazzi affetti da scoliosi idiopatica (gruppo di studio) sono nominati con Sc. e un numero da 1 a 14, mentre i coetanei sani (gruppo di controllo) con Sa. e un numero da 1 a 15.

| ID soggetti | Sesso | Età | Altezza | Sport (tipo) | Sport (h/sett.) |
|-------------|-------|-----|---------|-------------------|-----------------|
| Sa.1 | M | 17 | 1.73 | Nessuno | 0 |
| Sa.2 | F | 17 | 1.63 | Nessuno | 0 |
| Sa.3 | M | 15 | 1.78 | Calcio | 8 |
| Sa.4 | M | 15 | 1.77 | Calcio | 8 |
| Sa.5 | M | 14 | 1.54 | Calcio | 6 |
| Sa.6 | F | 14 | 1.62 | Atletica | 6 |
| Sa.7 | F | 12 | 1.67 | Tennis e Atletica | 9 |
| Sa.8 | M | 13 | 1.65 | Calcio | 5 |
| Sa.9 | F | 13 | 1.55 | Nessuno | 0 |
| Sa.10 | F | 14 | 1.59 | Nessuno | 0 |
| Sa.11 | F | 15 | 1.65 | Nessuno | 0 |
| Sa.12 | F | 16 | 1.63 | Nessuno | 0 |
| Sa.13 | F | 12 | 1.56 | Tennis | 1 |
| Sa.14 | M | 13 | 1.63 | Aikido | 4 |
| Sa.15 | F | 13 | 1.60 | Tennis e Pilates | 2 |

Tabella 2- Caratteristiche descrittive soggetti appartenenti al gruppo di controllo

| ID soggetti | Sesso | Età | Altezza | Sport (tipo) | Sport (h/sett.) |
|-------------|-------|-----|---------|----------------------|-----------------|
| Sc.1 | F | 13 | 151 | Nuoto | 1 |
| Sc.2 | F | 16 | 165 | Nessuno | 0 |
| Sc.3 | F | 14 | 163 | Atletica e nuoto | 4 |
| Sc.4 | F | 14 | 165 | Ginnastica ritmica | 3 |
| Sc.5 | F | 16 | 153 | Nessuno | 0 |
| Sc.6 | F | 15 | 170 | Pallavolo | 6 |
| Sc.7 | M | 15 | 170 | Nessuno | 0 |
| Sc.8 | F | 14 | 165 | Nessuno | 0 |
| Sc.9 | M | 16 | 187 | Tennis | 1 |
| Sc.10 | F | 16 | 174 | Nessuno | 0 |
| Sc.11 | M | 15 | 179 | Arrampicata | 2 |
| Sc.12 | F | 13 | 155 | Nessuno | 0 |
| Sc.13 | F | 14 | 168 | Nessuno | 0 |
| Sc.14 | F | 13 | 160 | Atletica e motocross | 8 |

Tabella 3- Caratteristiche descrittive soggetti appartenenti al gruppo di studio

| ID soggetto | Cobb curva primaria | Localizzazione curva primaria | Cobb curva secondaria | Localizzazione curva secondaria | Risser | Busto (tipo, mesi, ore) |
|-------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------|------------------------------------|
| Sc.1 | 65 | Toracica destra | 40 | Lombare sinistra | 5- | Lionese, 27 mesi, 23 h/die |
| Sc.2 | 30 | Lombare sinistra | 22 | Toracica destra | 5- | Lionese, 36 mesi, ore notturne |
| Sc.3 | 15 | Lombare destra | 10 | Toracica sinistra | 0 | Cheneau, 12 mesi, ore notturne |
| Sc.4 | 30 | Lombare sinistra | 26 | Toracica destra | 3- | Sforzesco, 12 mesi, 23 h/die |
| Sc.5 | 18 | Toracica destra | 13 | Lombare sinistra | 4+ | Cheneau, 24 mesi, 6-8 ore/die |
| Sc.6 | 27 | Toracica destra | 21 | Lombare sinistra | 4- | Sforzesco, 18 mesi, 16-18 ore/die) |
| Sc.7 | 19 | Toracica destra | / | / | 4- | Cheneau, 24 mesi, ore notturne |
| Sc.8 | 30 | Lombare sinistra | 25 | Toracica destra | 3- | Lionese, 12 mesi |
| Sc.9 | 18 | Toracica destra | 10 | Lombare sinistra | 4- | Cheneau, 24 mesi, 18 h/die |
| Sc.10 | 25 | Toracica destra | / | / | 3 | Cheneau, 2 mesi, 23 h/die |
| Sc.11 | 21 | Toracica destra | 15 | Lombare sinistra | 2- | Cheneau, 24 mesi, 18 h/die |
| Sc.12 | 19 | Toracolombare sinistra | 13 | Toracica destra | 1- | Lionese, 3 mesi 18 h/die |
| Sc.13 | 14 | Lombare sinistra | 12 | Toracica destra | 4+ | Cheneau, 18 mesi, 18 h/die |
| Sc.14 | 10 | Lombare sinistra | / | / | 4+ | Cheneau, 13 mesi, 15 h/die |

Tabella 4- Caratteristiche antropometriche soggetti appartenenti al gruppo di studio

È stato scelto di somministrare tutte le prove dalla posizione supina, in quanto, in questo modo è possibile focalizzarsi sulla propriocezione, escludendo, per quanto possibile, il sistema visivo, vestibolare e le informazioni relative al carico: questo permette di essere più precisi e ridurre i bias.

La scheda si compone di tre parti principali:

1. raggiungimento della posizione supina allineata (secondo il ragazzo), prima ad occhi aperti e successivamente escludendo la vista, con richiesta di riportare i riferimenti utilizzati per la ricerca della posizione
2. riconoscimento e confronto di posizioni a livello di singoli distretti (spalle, bacino e piedi)
3. riconoscimento della relazione spaziale tra i diversi distretti corporei sopra menzionati in termini di allineamento

1. *Raggiungimento della posizione supina allineata (secondo il ragazzo), prima ad occhi aperti e successivamente escludendo la vista, con richiesta di riportare i riferimenti utilizzati per la ricerca della posizione*

Questa prima prova consisteva nel richiedere al/alla ragazzo/a di raggiungere la posizione supina sopra ad un tappetino di gomma procurato appositamente per lo studio.

La consegna, standardizzata, è stata la seguente: “Prova a stenderti diritto sul tappeto tenendo gli occhi aperti/chiusi, quando ti sembra di esserti messo allineato fammi sapere, così scatto una foto della posizione”. Il/la ragazzo/a si doveva, quindi, posizionare in stazione eretta alla fine del tappetino con lo sguardo rivolto verso l’avanti, senza far alcun riferimento alla linea diritta che divideva a metà la superficie sulla quale doveva distendersi.



Foto 1-Allineamento spontaneo dalla posizione supina

Quando si sentiva pronto, poteva porsi supino, con il corpo interamente all’interno del tappeto, e doveva trovare la posizione in cui si sentiva allineato. Una volta individuata la posizione diritta era suo compito informare la sottoscritta, la quale scattava una foto dall’alto (si veda Foto 1). Il tutto è stato eseguito prima ad occhi aperti e successivamente ad occhi chiusi. Al termine delle due prove è stato chiesto al soggetto di riportare quali riferimenti avesse tenuto in considerazione per porsi allineato e se questi fossero cambiati in caso di utilizzo o meno della vista. Questa prima prova è stata eseguita per farsi un’idea di come i soggetti considerassero i distretti del proprio corpo in termini di allineamento e per osservare i possibili cambiamenti di posizione quando il senso della vista era mantenuto e quando invece veniva escluso.

2. *Riconoscimento e confronto di posizioni a livello di singoli distretti (spalle, bacino e piedi, per ognuno di questi 6 riconoscimenti)*

Prima di iniziare questa seconda sezione valutativa, il/la ragazzo/a veniva posizionato supino ed in maniera allineata sopra la linea centrale del tappeto. Per fare questo è stata presa come riferimento la linea mediana che congiungeva naso-sterno-ombelico del soggetto.

Gli arti inferiori erano posizionati uniti, in modo che la linea del tappeto passasse perfettamente in mezzo a questi (si veda Foto2).



Foto 2- Allineamento con piedi uniti

Dopodiché sono stati segnati, tramite l'utilizzo di scotch e penna, i punti da considerare per eseguire i vari spostamenti.

Questa parte di valutazione consisteva in tre prove che prendevano in esame tre differenti distretti corporei singolarmente, ovvero le spalle, il bacino e i piedi (questi ultimi sono stati considerati da uniti, come singolo distretto).

Per quanto riguarda le spalle, i punti di riferimento presi corrispondevano ai bordi laterali del muscolo deltoide (si veda Foto 3), a livello del bacino ai bordi laterali delle creste iliache e a livello dei piedi ai bordi laterali dei due malleoli peroneali.

A questi livelli sono stati, quindi, applicati dei pezzetti di scotch, sopra ai quali sono stati segnati, mediante l'utilizzo di un righello perpendicolare al tappeto e la penna, i punti entro i quali i vari distretti potevano essere spostati.

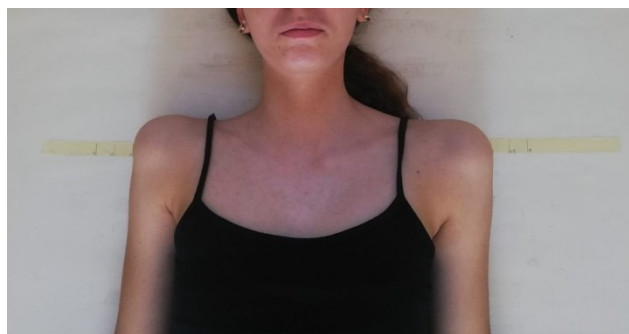


Foto 3- Riferimenti per lo spostamento del distretto spalle

Più precisamente sono stati scelti i 2.5 cm e i 5 cm come unità di misura (si veda foto 4). È stata, inoltre, data al/alla ragazzo/a l'indicazione di mantenere gli occhi chiusi durante tutte e tre le prove.

L'esaminatore, partendo dal distretto spalle e passando successivamente agli altri due, andava ad eseguire degli spostamenti di questi sul piano orizzontale, rasenti il tappetino.



Foto 4- Unità di misura dei riferimenti per gli spostamenti dei distretti corporei

Gli spostamenti consistevano in una serie di movimenti che potevano raggiungere i 2.5 cm e i 5 cm sia a sinistra che a destra, oltre che il centro. Tutti i movimenti eseguiti su un ragazzo sono stati riprodotti nel medesimo modo anche su tutti gli altri e con la stessa sequenza. La consegna data al soggetto è stata la seguente: “Adesso ti sposto le/il/i spalle/bacino/piedi in due posizioni successive e ti chiedo di dirmi se la posizione uno è uguale alla posizione due o se queste sono diverse. Se sono diverse mi dovrai riferire quale delle due ti sembra più vicina all'allineamento”. È importante sottolineare come tra la prima posizione e la seconda siano stati inseriti degli spostamenti per confondere il soggetto.

Quest'ultimo è stato avvisato sul fatto di considerare solo le due posizioni che l'esaminatore nominava a voce alta. Sulla scheda di valutazione è stato riportato, mediante un SI (risposta corretta) o un NO (risposta errata), se il/la ragazza rispondeva correttamente, sia alla prima domanda, ovvero se le due posizioni erano uguali o diverse, sia alla seconda (eseguita solo nel caso le due posizioni risultavano diverse), ovvero quale delle due posizioni era più centrale.

3. Riconoscimento della relazione spaziale tra i distretti corporei sopra menzionati in termini di allineamento (6 riconoscimenti)

L'ultima prova prendeva in considerazione i tre distretti precedentemente nominati, ma in relazione tra loro. Nel dettaglio, il soggetto doveva essere in grado di riconoscere se spalle, bacino e piedi erano allineati o meno. L'esaminatore compiva gli spostamenti partendo dalle

spalle, per poi eseguirli subito dopo su bacino e piedi (sempre nello stesso ordine per ogni soggetto valutato).

La consegna data al/alla ragazzo/a è stata la seguente: “Adesso io andrò a muovere tutti i distretti che abbiamo valutato in precedenza (spalle, bacino o piedi). Ciò che mi devi dire è se ti senti diritto oppure no; quindi, se, secondo te, i tre distretti sono allineati o meno. Nel caso non ti sentissi allineato, mi dovrai dire cosa/come ti modifichereesti e poi cercare di posizionarti secondo la tua idea di allineamento”.

In questo caso l'esaminatore poneva un SI o un NO in base a se il soggetto rispondeva in modo corretto alla domanda dell'allineamento. Nel caso in cui c'era la necessità di modificarsi per porsi diritti, bisognava riportare anche SI o NO relativamente a se il/la ragazzo/a si correggeva correttamente posizionando i tre distretti allineati. Se verbalmente il soggetto spiegava in modo giusto le modifiche che sarebbe andato ad effettuare per porsi allineato, ma poi nel concreto non si posizionava diritto, veniva contato come errore e quindi l'esaminatore segnava un NO in questa seconda parte della risposta.

Un appunto importante da fare in questa prova è che il capo doveva per forza essere spostato per non compromettere l'allineamento generale del corpo. Per questo motivo è stato sempre posto in linea con le spalle.

La valutazione, della durata in media di 40 minuti, è stata eseguita sempre dalla sottoscritta presso il servizio di Neuropsichiatria Infantile di Schio e Thiene.

In tutti i casi, gli strumenti utilizzati, come anche la modalità di svolgimento delle prove, è stata la medesima, per ovviare a possibili differenze che avrebbero potuto condurre a bias.

3.4 Analisi dei dati

Inizialmente è stata creata una tabella su Excel dove sono stati riportati tutti i dati utili all'analisi statistica sia del gruppo di controllo che del gruppo studio, compresi i risultati ottenuti nelle diverse prove da ciascun soggetto. Successivamente sono state calcolate le percentuali d'errore che il singolo soggetto ha ottenuto in ogni prova e, infine, è stata calcolata la percentuale totale d'errore.

Per l'analisi statistica dei dati è stato utilizzato il software R, con il quale è stato possibile, innanzitutto, ottenere un'analisi descrittiva del campione (numero di soggetti per gruppo divisi per sesso, valori massimi, minimi e media di età e ore di sport per i soggetti sani e per i soggetti con scoliosi anche di gradi Cobb e mesi di busto), per proseguire poi a verificare se ci fosse una distribuzione normale o meno dei dati attraverso il test di normalità (Shapiro Wilk normality test) con annessi anche i rispettivi grafici a Scatola e Baffi (creati su Excel) e, successivamente, indagare tre diverse correlazioni, quali: correlazione tra percentuale di errore in ogni prova e presenza o meno di

scoliosi, correlazione tra percentuale di errore totale e gradi Cobb e correlazione tra percentuale di errore totale e mesi di busto.

Per la prima correlazione sono stati eseguiti due differenti test, a seconda che la distribuzione dei dati fosse normale o meno: nel primo caso è stato utilizzato il test di Pearson (sono stati riportati l'indice di correlazione di Pearson e l'intervallo di confidenza, oltre che il valore del p-value), mentre nel secondo caso è stato utilizzato il test di Spearman (sono stati riportati il coefficiente di correlazione per ranghi di Spearman e il valore del p-value). Per le altre due correlazioni, invece, sono stati utilizzati i grafici a dispersione ed è stata eseguita la statistica della Regressione mediante Excel.

Le variabili che sono state prese in considerazione all'interno dell'analisi statistica sono state le seguenti:

- pazienti con o senza scoliosi (SI/NO), variabile qualitativa dicotomica
- percentuale di errore, variabile quantitativa continua
- gradi Cobb, variabile quantitativa continua
- numero di mesi entro il quale è stato portato il busto, variabile quantitativa continua

Infine, sono state create due tabelle (una per il gruppo di controllo, Tabella 10 e una per il gruppo di studio, Tabella 11) con riportati i riferimenti che i soggetti hanno preso in considerazione per ricercare l'allineamento dalla posizione supina.

CAPITOLO 4- RISULTATI

4.1 Analisi statistica dati quantitativi

Qui di seguito è riportata la tabella (Tabella 5) con l'analisi descrittiva del campione (gruppo di studio e gruppo di controllo) eseguita mediante il software R.

| | GRUPPO DI STUDIO | GRUPPO DI CONTROLLO |
|----------------------|---|--|
| Sesso | 11 femmine, 3 maschi | 9 femmine, 6 maschi |
| Età | Minima 13 anni, massima 16 anni, media 14.57 anni | Minima 12 anni, massima 17 anni, media 14.2 anni |
| Ore sport | Minimo 0, massimo 8, media 1.78 | Minimo 0, massimo 9, media 3.26 |
| Gradi Cobb | Minimo 10, massimo 65, media 24.36 | / |
| Mesi di busto | Minimo 2 mesi, massimo 36, media 17.79 | / |

Tabella 5- Analisi descrittiva del campione

A seguire si trova la tabella creata su Excel contenente le percentuali d'errore per le diverse prove per ciascun soggetto (Tabella 7). Si noti come le prove alle quali le percentuali d'errore corrispondono, sono state denominate all'interno delle tabelle con delle abbreviazioni, per questo motivo, precede una tabella che esplica a cosa corrisponde ciascuna abbreviazione (Tabella 6).

| ABBREVIAZIONE | DENOMINAZIONE INTEGRALE |
|----------------------|---|
| S%errore | Percentuale d'errore delle prove sul distretto spalla - Confronto tra 2 posizioni |
| S.1%errore | Percentuale d'errore delle prove sul distretto spalla - Riconoscimento della posizione più centrale |
| STOT%errore | Percentuale d'errore totale delle prove sul distretto spalla (sia S che S.1) |
| B%errore | Percentuale d'errore delle prove sul distretto bacino- Confronto tra 2 posizioni |
| B.1%errore | Percentuale d'errore delle prove sul distretto bacino- Riconoscimento della posizione più centrale |
| BTOT%errore | Percentuale d'errore totale delle prove sul distretto bacino (sia B che B.1) |
| P%errore | Percentuale d'errore delle prove sul distretto piedi- Confronto tra 2 posizioni |
| P.1%errore | Percentuale d'errore delle prove sul distretto piedi- Riconoscimento della posizione più centrale |
| PTOT%errore | Percentuale d'errore totale delle prove sul distretto piedi (sia P che P.1) |
| REL%errore | Percentuale d'errore delle prove sulla relazione spaziale tra i tre distretti- Riconoscimento dell'allineamento |
| REL.1%errore | Percentuale d'errore delle prove sulla relazione spaziale tra i tre distretti- Capacità di modifica per il raggiungimento dell'allineamento |
| RELTOT%errore | Percentuale d'errore totale delle prove sulla relazione spaziale tra i tre distretti |
| TOT%errore | Percentuale d'errore totale di tutte le prove |

Tabella 6- Chiarificazione abbreviazioni utilizzate

| ID soggetto | Sc.1 | Sc.2 | Sc.3 | Sc.4 | Sc.5 | Sc.6 | Sc.7 | Sc.8 | Sc.9 | Sc.10 | Sc.11 | Sc.12 | Sc.13 | Sc.14 | Sa.1 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| S%/errore | 33.3% | 33.3% | 16.6% | 33.3% | 33.3% | 50% | 33.3% | 16.6% | 50% | 33.3% | 33.3% | 16.6% | 0% | 0% | 0% |
| S.1%/errore | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 0% | 33.3% | 0% | 66.6% | 33.3% | 0% | 33.3% | 0% | 33.3% |
| STOT%/errore | 33.3% | 33.3% | 22.2% | 33.3% | 33.3% | 44.4% | 22.2% | 22.2% | 33.3% | 44.4% | 33.3% | 11.1% | 11.1% | 0% | 11.1% |
| B%/errore | 0% | 66.6% | 33.3% | 0% | 33.3% | 33.3% | 16.6% | 50% | 50% | 33.3% | 16.6% | 33.3% | 33.3% | 0% | 16.6% |
| B.1%/errore | 0% | 66.6% | 33.3% | 0% | 33.3% | 33.3% | 0% | 33.3% | 33.3% | 66.6% | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 0% | 0% |
| BTOT%/errore | 0% | 66.6% | 33.3% | 0% | 33.3% | 33.3% | 11.1% | 44.4% | 44.4% | 44.4% | 22.2% | 33.3% | 33.3% | 0% | 11.1% |
| P%/errore | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 50.0% | 33.3% | 50% | 33.3% | 50% | 33.3% | 50% | 0% |
| P.1%/errore | 33.3% | 0% | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 0% | 0% | 33.3% | 33.3% | 33.3% | 66.6% | 33.3% | 33.3% | 100% | 0% |
| PTOT%/errore | 33.3% | 22.2% | 33.3% | 22.2% | 22.2% | 11.1% | 11.1% | 44.4% | 33.3% | 44.4% | 44.4% | 44.4% | 33.3% | 66.6% | 0% |
| REL%/errore | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 66.6% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 16.6% | 33.3% | 66.6% | 16.6% | 16.6% | 0% | 0% |
| REL.1%/errore | 50% | 75% | 100% | 100% | 75% | 50% | 75% | 50% | 75% | 100% | 100% | 100% | 50% | 100% | 50% |
| RELTOT%/errore | 30% | 40% | 50% | 50% | 70% | 30% | 40% | 30% | 40% | 60% | 80% | 50% | 30% | 40% | 20% |
| TOT%/errore | 24.3% | 40.5% | 35.1% | 27% | 40.5% | 29.7% | 21.6% | 35.1% | 37.8% | 48.6% | 45.9% | 35.1% | 27% | 27% | 10.8% |

| Sa.2 | Sa.3 | Sa.4 | Sa.5 | Sa.6 | Sa.7 | Sa.8 | Sa.9 | Sa.10 | Sa.11 | Sa.12 | Sa.13 | Sa.14 | Sa.15 |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 16,6% | 16,6% | 33,3% | 0% | 16,6% | 0% | 33,3% | 16,6% | 0% | 16,6% | 33,3% | 0,0% | 33,3% | 0% |
| 0% | 33,3% | 33,3% | 33,3% | 0% | 0% | 33,3% | 33,3% | 0% | 0% | 0% | 33,3% | 33,3% | 0% |
| 11,1% | 22,2% | 33,3% | 11,1% | 11,1% | 0% | 33,3% | 22,2% | 0% | 11,1% | 22,2% | 11,1% | 33,3% | 0% |
| 16,6% | 33,3% | 0% | 16,6% | 0% | 0% | 0% | 33,3% | 33,3% | 16,6% | 0% | 16,6% | 16,6% | 0% |
| 33,3% | 33,3% | 0% | 33,3% | 0% | 0% | 0% | 66,6% | 33,3% | 0% | 0% | 33,3% | 33,3% | 0% |
| 22,2% | 33,3% | 0% | 22,2% | 0% | 0% | 0% | 44,4% | 33,3% | 11,1% | 0% | 22,2% | 22,2% | 0% |
| 33,3% | 0% | 16,6% | 0% | 0% | 0% | 33,3% | 16,6% | 16,6% | 16,6% | 0% | 0% | 33,3% | 0% |
| 33,3% | 0% | 33,3% | 0% | 0% | 0% | 33,3% | 0% | 33,3% | 0% | 0% | 0% | 33,3% | 0% |
| 33,3% | 0% | 22,2% | 0% | 0% | 0% | 33,3% | 11,1% | 22,2% | 11,1% | 0% | 0% | 33,3% | 0% |
| 0% | 16,6% | 0% | 16,6% | 16,6% | 0% | 16,6% | 33,3% | 0% | 0% | 16,6% | 16,6% | 16,6% | 16,6% |
| 50% | 50% | 0% | 50% | 50% | 0% | 75% | 25% | 25% | 25% | 0% | 0% | 75% | 25% |
| 20% | 30% | 0% | 30% | 30% | 0% | 40% | 30% | 10% | 10% | 10% | 10% | 40% | 20% |
| 21,6% | 21,6% | 13,5% | 16,2% | 10,8% | 0% | 27% | 27% | 16,2% | 10,8% | 8,1% | 10,8% | 32,4% | 5,4% |

Tabella 7- Percentuali d'errore per ogni prova per ciascun soggetto

Per prima cosa si è proceduto a verificare la normalità della distribuzione dei dati attraverso il test di normalità (Shapiro-Wilk test di normalità). Di seguito si riporta la tabella con tutti i valori (Tabella 8), da cui si può osservare come solamente gli ultimi due, ovvero la percentuale d'errore totale relativa alle relazioni spaziali e la percentuale d'errore totale di tutte le prove, abbiano una distribuzione normale ($p > 0.05$).

I valori con distribuzione normale sono riportati con la sottolineatura per una più facile distinzione.

| | GRUPPO DI STUDIO | GRUPPO DI CONTROLLO |
|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| S.percentuale d'errore | W = 0.8689, p-value = 0.04049 | W = 0.79916, p-value = 0.003586 |
| S.1.percentuale d'errore | W = 0.75017, p-value = 0.001287 | W = 0.64341, p-value = 0.00006562 |
| STOT.percentuale d'errore | W = 0.90185, p-value = 0.12 | W = 0.8757, p-value = 0.04095 |
| B.percentuale d'errore | W = 0.9077, p-value = 0.1459 | W = 0.80545, p-value = 0.004322 |
| B.1.percentuale d'errore | W = 0.8014, p-value = 0.005194 | W = 0.74363, p-value = 0.0007583 |
| BTOT.percentuale d'errore | W = 0.9057, p-value = 0.1365 | W = 0.85942, p-value = 0.02368 |
| P.percentuale d'errore | W = 0.82293, p-value = 0.009727 | W = 0.74927, p-value = 0.0008813 |
| P.1.percentuale d'errore | W = 0.77149, p-value = 0.002264 | W = 0.60343, p-value = 0.00002738 |
| PTOT.percentuale d'errore | W = 0.92877, p-value = 0.2932 | W = 0.75034, p-value = 0.0009071 |
| REL.percentuale d'errore | W = 0.64044, p-value = 0.00009526 | W = 0.76615, p-value = 0.001396 |
| REL.1.percentuale d'errore | W = 0.78581, p-value = 0.003349 | W = 0.88245, p-value = 0.05163 |
| RELTOT.percentuale d'errore | W = 0.87616, <u>p-value = 0.05125</u> | W = 0.92221, <u>p-value = 0.2082</u> |
| TOT.percentuale d'errore | W = 0.95475, <u>p-value = 0.6366</u> | W = 0.96154, <u>p-value = 0.7191</u> |

Tabella 8- Shapiro-Wilk test di normalità

La distribuzione normale si può osservare anche dal grafico Scatola e Baffi rispetto alla percentuale d'errore totale delle relazioni spaziali (Figura 7) e alla percentuale d'errore totale di tutte le prove (Figura 8).

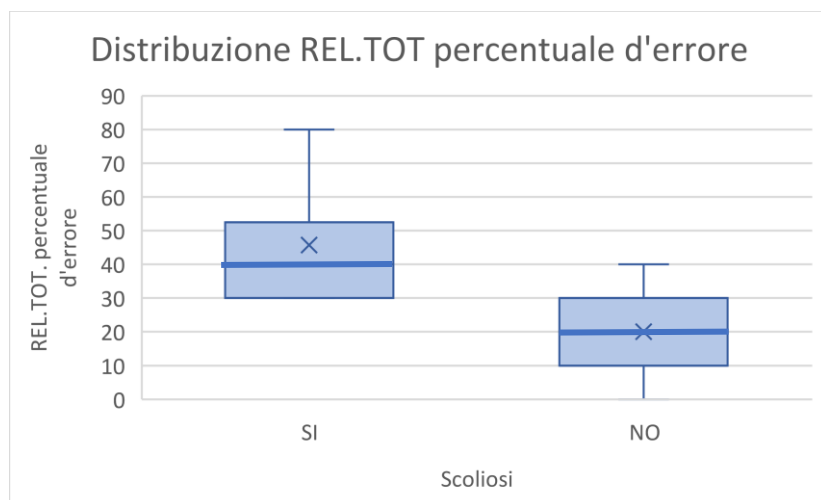


Figura 7- Grafico relativo alla distribuzione della percentuale d'errore totale sulle relazioni spaziali per il gruppo di studio (SI) e gruppo di controllo (NO)

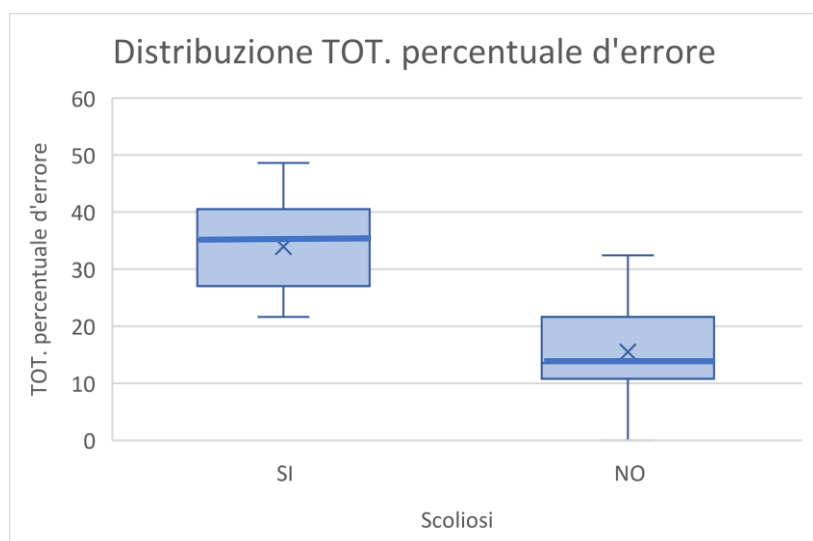


Figura 8- Grafico relativo alla distribuzione della percentuale d'errore totale di tutte le prove per il gruppo di studio (SI) e gruppo di controllo (NO)

Successivamente è stata calcolata la correlazione tra la percentuale d'errore nelle varie prove e la presenza o meno di scoliosi. A seconda che la distribuzione fosse normale o meno si è proceduto utilizzando due test differenti: nel primo caso con il test di Pearson per la correlazione (sono riportati l'indice di correlazione di Pearson, l'intervallo di confidenza e il p-value), nel secondo con il test di Spearman (sono riportati il coefficiente di correlazione per ranghi di Spearman e il p-value). Nella tabella riportata qui di seguito (Tabella 9) si trovano i risultati ottenuti dai due test: i valori sottolineati

indicano la presenza di significatività statistica ($p < 0.05$), ovvero dove è presente una correlazione tra percentuale d'errore e presenza di scoliosi. Si nota come ci sia una correlazione in quasi tutti i casi, ad eccezione delle prove S.1 e B.1.

| Fattore | Coefficiente di correlazione per ranghi di Spearman | Indice di correlazione di Pearson (r) e intervallo di confidenza (IC) | P-value |
|-----------------------------|---|---|-------------------|
| S.percentuale d'errore | 0.412 | | <u>0.0264</u> |
| S.1.percentuale d'errore | 0.22 | | 0.252 |
| STOT.percentuale d'errore | 0.434 | | <u>0.0186</u> |
| B.percentuale d'errore | 0.413 | | <u>0.0261</u> |
| B.1.percentuale d'errore | 0.256 | | 0.181 |
| BTOT.percentuale d'errore | 0.377 | | <u>0.0439</u> |
| P.percentuale d'errore | 0.651 | | <u>0.00013</u> |
| P.1.percentuale d'errore | 0.485 | | <u>0.00771</u> |
| PTOT.percentuale d'errore | 0.633 | | <u>0.00023</u> |
| REL.percentuale d'errore | 0.406 | | <u>0.0291</u> |
| REL.1.percentuale d'errore | 0.703 | | <u>0.0000211</u> |
| RELTOT.percentuale d'errore | | r= 0.681 (95% IC 0.419-0.838) | <u>0.0000482</u> |
| TOT.percentuale d'errore | | r= 0.744 (95% IC 0.52-0.873) | <u>0.00000365</u> |

Tabella 9- Correlazione tra percentuale d'errore e presenza o meno di scoliosi mediante test di Spearman e di Pearson

La seconda correlazione prende in considerazione la percentuale d'errore totale di ciascun soggetto presentante la scoliosi idiopatica e i gradi Cobb relativi alla curva primaria.

Il grafico a dispersione che segue (Figura 9) mostra come sembra esserci un legame tra percentuale d'errore totale e gradi Cobb, in quanto più crescono i gradi e più crescono gli errori, ma si tratta di un legame non statisticamente significativo (significatività= 0,447837).

Mediante la statistica della Regressione, eseguita su Excel, è stato possibile ottenere la funzione della retta (riportata in alto a destra all'interno del grafico), la quale ci dice che per ogni incremento di 1° Cobb, la percentuale d'errore cresce di 0.28.

Per trovare questa correlazione è stato escluso un soggetto presentante scoliosi idiopatica, in quanto quest'ultimo presentava gradi Cobb elevati (65°) che si discostavano di molto da quelli del resto dei pazienti. È stato quindi considerato come valore outlier.

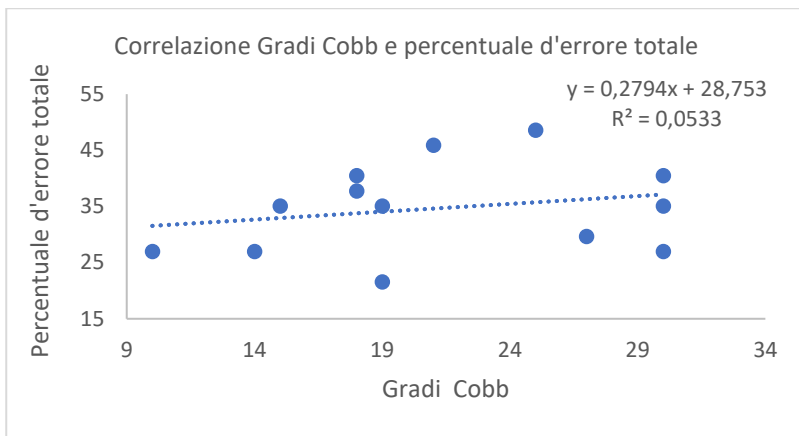


Figura 9- Grafico a dispersione riguardante la correlazione tra gradi Cobb e percentuale d'errore totale

L'ultima correlazione è stata eseguita tra la percentuale d'errore totale e i mesi in cui è stato indossato il busto.

Dal grafico (Figura 10) si nota come la correlazione tra le due variabili sia inversa, ovvero ad un aumento di un'unità sull'asse x, quindi all'aumentare di un mese di busto, la percentuale totale di errore decresce di 0,21. Considerando il tutto in modo più dettagliato, si nota come i due casi con meno di 5 mesi di busto influenzino molto la pendenza della retta di regressione. Se si escludessero questi due casi la retta avrebbe una pendenza positiva (questo comportamento prende il nome di effetto leva).

L'indipendenza tra le due variabili (percentuale d'errore totale e mesi di busto) nasce dall'osservazione che alcuni casi si comportano in un modo e altri all'opposto. Anche in questo caso, ad ogni modo, la correlazione non è statisticamente significativa (significatività= 0,48359).

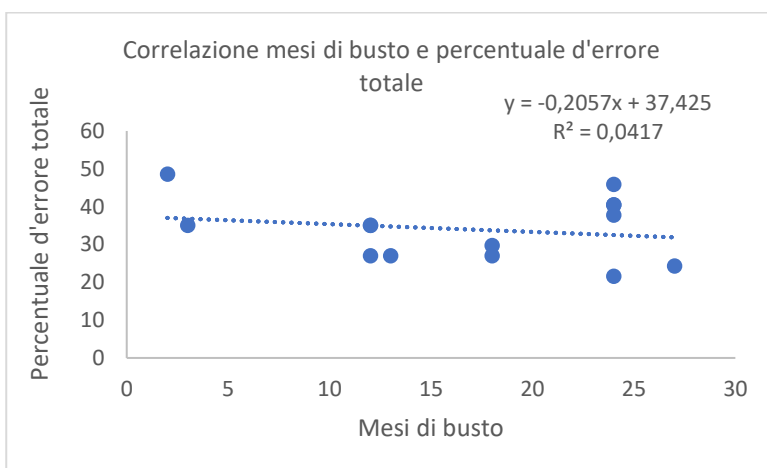


Figura 10- Grafico a dispersione riguardante la correlazione tra mesi di busto e percentuale d'errore totale

4.2 Analisi dati qualitativi

Per quanto riguarda la prova iniziale della valutazione (ricerca dell'allineamento dalla posizione supina sia ad occhi aperti che chiusi con foto della posizione finale e richiesta al soggetto di riportare i riferimenti utilizzati per il raggiungimento della stessa), si riporta quanto rilevato qui di seguito.

In primis non sono state individuate sostanziali differenze nella ricerca dell'allineamento ad occhi chiusi/aperti tra i due gruppi: i soggetti, nel complesso, si sono disposti all'interno del tappetino senza dimostrare particolari difficoltà. Un elemento che ha caratterizzato in percentuale maggiore i ragazzi affetti da scoliosi idiopatica, ma in parte anche i ragazzi appartenenti al gruppo di controllo (dato puramente osservativo) è stato il distretto delle spalle, il quale è stato disposto in modo asimmetrico tra destra e sinistra in termini di altezza. Inoltre, in alcuni soggetti del gruppo studio si è visto come gli arti inferiori non venissero sempre disposti alla stessa distanza rispetto la linea mediana del corpo, dato non riscontrabile negli arti superiori.

Di seguito si riportano due tabelle (una per il gruppo di controllo, Tabella 10, e una per il gruppo di studio, Tabella 11) contenenti i riferimenti che i ragazzi hanno utilizzato per allinearsi in posizione supina. I ragazzi del gruppo di controllo hanno utilizzato i medesimi riferimenti sia per l'allineamento con l'utilizzo della vista che senza questa, mentre nel gruppo di studio due soggetti hanno utilizzato riferimenti differenti in base alla presenza o meno della vista.

| | RIFERIMENTI PER L'ALLINEAMENTO CORPOREO (occhi chiusi/aperti) Gruppo di controllo |
|--------------|---|
| Sa.1 | Sensazione di rilassamento, nessuna tensione. "Non mi sentivo tirato muscolarmente da un lato rispetto all'altro". |
| Sa.2 | Spalle, bacino e piedi |
| Sa.3 | Bacino come primo distretto considerato, poi ha allineato a questo spalle e piedi |
| Sa.4 | Capo e tronco come primi distretti considerati e poi a questi ha cercato di allineare gli arti inferiori |
| Sa.5 | Arti inferiori come primo distretto considerato, da queste poi è partito ad allineare capo e poi il resto del corpo |
| Sa.6 | Ha cercato di allineare per primi bacino e spalle, poi ha allineato il tronco |
| Sa.7 | Ha allineato piedi e bacino, poi il capo |
| Sa.8 | Ha cercato di allineare le spalle rispetto alle gambe |
| Sa.9 | Ha cercato di allineare il tronco |
| Sa.10 | Ha cercato la posizione con le braccia allineate lungo il corpo e le gambe in linea con il tronco |
| Sa.11 | Ha preso come riferimento le spalle rispetto al bacino. Ha considerato le sensazioni provenienti dalla schiena "non dovevo sentire tirare". |
| Sa.12 | Capo rispetto alle spalle e poi di conseguenza ha allineato le gambe |

| | |
|--------------|---|
| Sa.13 | Ha considerato il tronco per la sensazione di appoggio uguale tra destra e sinistra. Ha poi preso come riferimento anche i talloni e le gambe rispetto al tronco. |
| Sa.14 | Ha considerato le gambe come primo distretto, le ha allineate rispetto le spalle e il capo |
| Sa.15 | Ha cercato di allineare gambe e spalle |

Tabella 10- Riferimenti per l'allineamento gruppo di controllo

| RIFERIMENTI PER L'ALLINEAMENTO CORPOREO | | |
|--|---|---|
| Gruppo studio | | |
| | OCCHI APERTI | OCCHI CHIUSI |
| Sc.1 | Linee del soffitto | Le spalle e la sensazione di appoggio della schiena |
| Sc.2 | Linee del soffitto | “Sono andata ad istinto” |
| Sc.3 | Ha considerato “la corretta altezza delle spalle” e ha ricercato la “sensazione di bacino non ruotato” | |
| Sc.4 | Spalle rispetto a tronco e arti inferiori | |
| Sc.5 | “Ho cercato di sentirmi dritta con la linea immaginaria che attraversa il corpo al centro” | |
| Sc.6 | Ha considerato la distanza tra il tronco e gli arti superiori, in più ha cercato di allineare gli arti inferiori con il bacino | |
| Sc.7 | “Sono andato un po’ a sentimento, anche in base a come so che è posizionata la mia curva e a che correzioni devo eseguire per correggermi” | |
| Sc.8 | “Ho utilizzato le indicazioni che mi ha dato la fisioterapista a trattamento; quindi, ho considerato lo spazio tra braccia e tronco” | |
| Sc.9 | “Ho provato ad immaginare la linea immaginaria che unisce il naso all’ombelico, a sentire le spalle alla stessa altezza e le scapole a contatto con il tappetino” | |
| Sc.10 | “Mi sono distesa un po’ come mi veniva” | |
| Sc.11 | Ha preso in considerazione le spalle e i piedi | |
| Sc.12 | Ha considerato il capo, le spalle e le gambe (queste ultime ha cercato di posizionarle “diritte”) | |
| Sc.13 | Ha cercato di posizionare le braccia diritte lungo il corpo | |
| Sc.14 | “Ho cercato di sentire che le spalle avessero lo stesso contatto con il tappeto e che il bacino fosse appoggiato in maniera uniforme” | |

Tabella 11- Riferimenti per l'allineamento gruppo di studio

DISCUSSIONE

Dalla conduzione dello studio sono emersi dei risultati interessanti rispetto ai quali, qui di seguito, verranno riportati alcuni commenti al fine di valorizzarli e prenderli in considerazione nel momento in cui si dovrà eseguire la valutazione e successivamente la proposta di un trattamento riabilitativo di un paziente affetto da scoliosi idiopatica.

Dall'analisi dei risultati è stata riscontrata una correlazione statisticamente significativa tra percentuale d'errore e presenza di scoliosi ($p < 0.05$) in quasi la totalità delle prove, ad eccezione di S.1 e B.1 (in queste due prove una mancata correlazione statisticamente significativa potrebbe derivare dal numero inferiore di prove, ovvero 3, rispetto all'altra tipologia che ne ha 6). Da ciò si può affermare come il fatto di avere difficoltà a livello percettivo sia correlato alla presenza di scoliosi, anche se non è noto se quest'ultima ne sia causa o conseguenza.

Questi risultati trovano conferma in ciò che è già stato riscontrato in letteratura (2) (3) (4) (5) (6) (7), ma l'aspetto arricchente di questo studio di tesi è stata l'introduzione di prove specifiche su distretti implicati direttamente nell'allineamento della colonna (spalle, bacino e arti inferiori).

A sostegno dei risultati ottenuti c'è anche lo studio del 2022 "Brain oscillatory activity in adolescent idiopathic scoliosis" (35), il quale si è posto lo scopo di indagare l'attivazione del SNC nel controllo posturale in soggetti con AIS e le alterazioni dello schema corporeo dovute alla scoliosi idiopatica. Rispetto il primo punto sono state eseguite delle prove di equilibrio con monitoraggio dell'attività cerebrale mediante elettroencefalogramma (EEG) che hanno permesso di rilevare l'aumento dell'attività theta e la lateralizzazione alpha negli adolescenti con AIS, senza riscontro di differenze nella prestazione di equilibrio rispetto ai coetanei sani. Questi risultati potrebbero ricondurre ad un maggiore carico di elaborazione delle informazioni da parte del gruppo di studio, dovuto alle maggiori richieste posturali causate dalla scoliosi: il tutto si tradurrebbe in una strategia compensatoria utilizzata dai pazienti per superare la disfunzione sensomotoria e prevenire esagerate oscillazioni del corpo.

Le aree cerebrali che hanno riportato un'attività aumentata nei pazienti con AIS, rispetto al gruppo di controllo, sono quelle sensorimotorie, ovvero l'area somatosensoriale primaria e l'area motoria primaria, oltre alle aree parietali (35). Queste rispecchiano, in parte, le aree che Berthoz riporta essere "fondamentali per creare una percezione unitaria del nostro corpo e del suo rapporto con lo spazio". Egli aveva individuato la corteccia temporo-parietale, il solco temporale superiore, e la "corteccia vestibolare perisilviana" come le aree preposte a questo fine. L'autore sottolinea l'importanza di possedere una percezione "coerente, unica e stabile" del corpo, perché questa ci permette di utilizzare l'intero repertorio di referenti spaziali che abbiamo a nostra disposizione (36).

Riguardo, invece, la valutazione dello schema corporeo è stato proposto un riadattamento della

procedura di marcatura dell'immagine (Image Marking Procedure - IMP), la quale valuta la capacità dei soggetti di rappresentare il proprio corpo (nello specifico le parti più colpite dalla scoliosi: spalle, schiena, bacino) sulla base di una stimolazione tattile. L'analisi qualitativa del test ha riportato che in 12 adolescenti con AIS su 14, l'inclinazione dell'asse interacromiale percepita (nei soggetti con curva principale toracica) e dell'asse tra le anche (nei soggetti con curva principale lombare) era opposta all'inclinazione reale. Questa rilevazione dimostra come sia probabile un'alterazione dello schema corporeo nei pazienti con AIS e con essa una scorretta rappresentazione del corpo che supporterebbe la correlazione significativa ottenuta tra percentuale d'errore nelle prove propriocettive, all'interno dello studio di tesi, e la presenza di scoliosi.

La scoliosi potrebbe, quindi, essere preceduta da un'alterata integrazione sensimotoria, la quale potrebbe a sua volta condurre allo sviluppo di un alterato schema corporeo del tronco e della sua inclinazione (35).

Le altre due correlazioni indagate nel lavoro di tesi riguardavano il legame tra la percentuale d'errore totale e gradi Cobb e tra la percentuale d'errore totale e i mesi di busto. Queste, però, sono risultate essere non statisticamente significative: dato che si conferma essere in linea con quanto trovato in letteratura (2) (3) (4). A tal proposito, tutti gli studi presi in considerazione, ad eccezione di uno (5), hanno riportato come sembra essere più probabile che il deficit propriocettivo preceda l'evento scoliotico piuttosto che susseguirlo, in quanto non sono state riscontrate particolari differenze nelle prove propriocettive proposte tra i soggetti scoliotici con gradi Cobb elevati, che hanno indossato il busto o che hanno subito una correzione chirurgica della deformità, e soggetti scoliotici con curve più lievi.

Prima di iniziare lo studio di tesi, era stato ipotizzato che portare/l'aver portato il busto avrebbe potuto influire sulla performance propriocettiva, in quanto si tratta di un presidio medico che obbliga il soggetto ad una posizione statica e mantenuta per molto tempo, il quale apporta modifiche alla postura grazie anche alle diverse spinte interne presenti e, di conseguenza, avrebbe potuto condizionare la percezione dell'individuo. Oltre a ciò, è noto che, essendo il busto in stretto rapporto con il corpo, c'è la possibilità che quest'ultimo possa diventare una vera e propria estensione dello schema corporeo che il soggetto si costruisce e che quindi possa condurre ad una modificazione dello stesso (37). Un'influenza del busto sulle diverse prove propriocettive, però, è stata smentita dai vari studi della letteratura, come già riportato in precedenza, e dalla valutazione proposta da questo studio di tesi (anche se il campione preso in esame era ristretto e tutti i soggetti indossavano il busto).

Di notevole interesse risultano essere i riferimenti presi dai soggetti per trovare la posizione di allineamento (si vedano le Tabelle 10 e 11). Quasi tutti i soggetti hanno utilizzato gli stessi riferimenti sia ad occhi aperti che chiusi, ad eccezione di due ragazze del gruppo di studio. Si è evidenziato come

gli arti inferiori/piedi siano considerati per l'allineamento nei soggetti del gruppo di controllo (da 10 ragazzi su 15), mentre, invece, il gruppo di studio li ha tenuti presente in minima parte (4 ragazzi su 14). Un secondo aspetto rilevante è stato il fatto che, mentre i soggetti sani hanno quasi sempre riportato come riferimenti relazioni tra due o più distretti per capire se essi fossero allineati (9 ragazzi su 15), i ragazzi affetti da scoliosi hanno considerato per lo più distretti singoli o hanno fatto affidamento all'istinto (solo 2 ragazzi su 14 hanno considerato la relazione tra distretti).

Alcuni soggetti con AIS hanno riportato riferimenti che erano stati riferiti dal/dalla fisioterapista durante la seduta di trattamento, anche se questi non erano coerenti con il compito dato in quel momento. Nel gruppo di studio, inoltre, due ragazze hanno preso come riferimento elementi provenienti dall'ambiente circostante quando avevano a disposizione la vista (linee del soffitto), fenomeno non accaduto all'interno del gruppo di controllo. Questo fatto potrebbe denotare la difficoltà da parte loro di recepire le informazioni provenienti dal proprio corpo.

Analizzando le percentuali d'errore delle varie prove proposte, è stato rilevato come in quella riguardante le relazioni tra distretti, i pazienti con scoliosi abbiano ottenuto, nel complesso, una percentuale d'errore sensibilmente più alta rispetto al gruppo di controllo (si veda Tabella 7). Questo dato si mostra in linea con ciò che è stato rilevato durante la richiesta di riportare i riferimenti utilizzati per cercare la posizione di allineamento: la maggior parte dei pazienti con AIS, infatti, non ha preso in considerazione i distretti come un continuum, ma semplicemente ha tenuto conto di un distretto per volta. Ciò potrebbe, in parte, spiegare il motivo per cui in questa prova hanno totalizzato più errori: tenere in considerazione più di un distretto contemporaneamente denota prima di tutto una buona capacità di rappresentazione di ognuno di questi, ma anche una rappresentazione unitaria del corpo. In secondo luogo, l'essere abituati a tener presente un solo distretto per volta li può aver confusi nel momento in cui la richiesta diventava più ampia e complessa.

La percezione del nostro corpo e dello spazio che ci circonda risulta essere un requisito essenziale per la nostra interazione quotidiana con il mondo esterno. In questo, come anche per quanto riguarda la consapevolezza corporea, gli input somatosensoriali, specialmente i propriocettori, ricoprono un ruolo fondamentale (37). Le informazioni fornite dai recettori sensoriali (propriocettori, recettori vestibolari, vista), convergono quindi nella corteccia parietale dove sono integrate con numerosi altri segnali che riguardano i movimenti e le azioni pianificate per poi consentire di mettere in atto le nostre intenzioni (38). A partire dagli input sensoriali e motori che il nostro corpo riceve, si crea un costrutto mentale denominato schema corporeo, il quale è una rappresentazione interna del corpo che viene costantemente aggiornata per permetterci di muoverci a agire nel mondo (37).

Nell'ultima prova proposta all'interno della valutazione, i soggetti dello studio di tesi dovevano essere in grado di prendere come riferimento relazioni tra parti del corpo, che sottendeva la capacità di

elaborare le informazioni di posizione derivanti da ogni distretto per poi integrarle tra loro. Questa loro difficoltà ci riporta all'ipotesi, già discussa in precedenza, della presenza di un alterato schema corporeo.

È importante anche sottolineare come la percezione sia fondamentale per una corretta esecuzione del movimento. Un tempo si pensava che questa avesse solo a che fare con le informazioni in arrivo al cervello e con il processo di identificazione dello stimolo, mentre l'azione era pensata come un insieme di processi di programmazione di risposte e di comandi in uscita ai muscoli. In questo modo la percezione e l'azione sono state trattate come separate e reciprocamente esclusive. Tuttavia, Van Der Meer, attraverso l'approccio ecologico, afferma come percezione e azione siano necessariamente integrate: non solo dobbiamo percepire per muoverci, ma dobbiamo anche muoverci per percepire (39). Come afferma anche Berthoz "la percezione è orientata verso l'azione, in quanto combina stimoli attuali e conoscenze memorizzate al fine di determinare un decorso dell'azione appropriato all'azione in corso"(38).

Percezione e azione sono quindi considerate reciprocamente dipendenti e anche per questo motivo risulta ancor di più necessario valutare e valorizzare questo aspetto nei pazienti affetti da AIS.

Tutti i precedenti punti sono serviti come spunto di riflessione per comprendere le possibili implicazioni riabilitative che questi offrono.

Dal momento che è stata trovata una correlazione statisticamente significativa tra percentuale di errore nelle prove propriocettive e presenza di scoliosi (ad eccezione di S.1 e B.1), sarebbe opportuno inserire questa valutazione nell'analisi complessiva del paziente con scoliosi idiopatica. Così facendo si potrà comprendere se il soggetto ha difficoltà in un certo distretto rispetto ad un altro e/o a relazionarli tra loro. Inizialmente sarebbe opportuno e utile cercare i riferimenti che spontaneamente il paziente utilizza per trovare il proprio allineamento corporeo (se riferimenti corporei o extracorporei). Se si nota che il paziente riscontra difficoltà a considerare alcuni riferimenti che potrebbero essere di fondamentale aiuto nel capire come è posizionato, si potrebbe insegnargli ad utilizzarli propriamente, magari prendendo spunto da ciò che hanno riportato i ragazzi del gruppo di controllo in questo studio di tesi. Dopodiché si potrebbe proseguire con la somministrazione delle diverse prove, prima riguardanti i singoli distretti implicati nell'allineamento della colonna (spalle, bacino, arti inferiori) e in un secondo momento le relazioni spaziali tra questi ultimi. Il fisioterapista potrebbe rilevare, a questo punto, se c'è coerenza tra i riferimenti che il soggetto ha riferito inizialmente di utilizzare e la performance nelle varie prove (interessante comprendere se i distretti che tiene in considerazione per capire come è posizionato nello spazio ottengono risultati positivi nelle prove, al contrario, invece, dei distretti che non vengono considerati). Se dalla valutazione dovessero emergere evidenti difficoltà, si potrebbero inserire esercizi simili a quest'ultima (da prova

valutativa ad esercizio terapeutico) all'interno del piano riabilitativo, con correzione degli errori e indicazioni al ragazzo rispetto la corretta costruzione delle informazioni e i riferimenti corporei a cui porre attenzione. Un esempio potrebbe essere, prima di iniziare l'esercizio vero e proprio, di discutere insieme al ragazzo sulle diverse possibilità di posizionamento dei distretti (secondo le modalità dell'esercizio) e comprendere insieme quali elementi ci permettono di affermare che le spalle/bacino/arti inferiori si trovino proprio in quella determinata collocazione. Si verrebbe così a creare un'ipotesi percettiva che aiuterebbe il paziente durante l'esecuzione dell'esercizio.

Successivamente lo stesso esercizio si potrebbe proporre in diverse posizioni (come evoluzione), per esempio dalla posizione seduta o in stazione eretta, facendo in modo che impari ad integrare più informazioni (come le informazioni di carico), ma allo stesso tempo per assicurarsi che il soggetto possa acquisire una corretta percezione corporea che sia funzionale durante situazioni di quotidianità. Molto utile sarebbe anche pensare di integrare le informazioni ponderali a quelle spaziali, in modo tale da permettere al paziente di considerare correttamente le molte informazioni che giungono dal suo corpo, ma anche dall'ambiente che lo circonda. Gli esercizi hanno come obiettivo quella che negli altri approcci è detta autocorrezione della colonna. Attraverso un lavoro incentrato sulla propriocezione, sia nei singoli distretti che in relazione tra loro, si può giungere a far ricostruire al soggetto le coordinate corporee a cui poi dovrà fare riferimento per trovare il giusto allineamento, per costruirsi una rappresentazione corporea e quindi avere più consapevolezza. In un primo momento non verrebbe adoperato lo specchio per svolgere l'autocorrezione, in quanto, così facendo, il paziente utilizzerebbe il feedback visivo, considerando solo in minima parte gli input propriocettivi.

L'autocorrezione, in questo caso, non la si intende come un insieme di movimenti indotti dal terapeuta e poi riprodotti dal ragazzo, ma l'obiettivo è quello di insegnare al paziente come raggiungere ad avere una maggiore consapevolezza della posizione dei diversi distretti corporei tramite ciò che "sente" lui stesso, per poi essere in grado di farne un uso più cosciente. Tutto ciò che è stato proposto in precedenza sarebbe un lavoro legato alla Teoria Neurocognitiva, che al momento non è messo in pratica da alcun approccio fisioterapico legato alla riabilitazione dell'AIS. La Teoria Neurocognitiva si distingue, in particolare, in quanto sottolinea l'importanza dei processi cognitivi, tra questi anche la percezione e ne ricerca l'attivazione. Il paziente, così facendo, sarà in grado, con l'aiuto del riabilitatore e attraverso l'esercizio conoscitivo, di mettere in atto scelte cognitive e organizzative adeguate ai fini della modificazione del proprio comportamento: si tratta di un vero e proprio processo di apprendimento.

Per concludere si riporta un'affermazione di Oliver Sacks da *L'Uomo che scambiò sua moglie per un cappello* all'interno del capitolo "La disincarnata": "Questa "propriocezione" è come se fosse gli occhi del corpo, il modo in cui il corpo vede sé stesso. E se scompare, come è successo a me, è come se il corpo fosse cieco" (40).

CONCLUSIONI

Il lavoro svolto ha permesso, anche attraverso l'analisi degli studi già presenti in letteratura, di approfondire un argomento affrontato solo in parte all'interno della riabilitazione del paziente con scoliosi, ovvero la valutazione della propiocezione. L'ideazione di una valutazione che prende in considerazione distretti corporei direttamente implicati nell'allineamento della colonna vertebrale è stato un aspetto innovativo che ha permesso di porre a confronto i risultati ottenuti con quanto già stato esaminato negli studi precedenti rispetto questo tema. Ciò che è emerso dal seguente studio è stata la presenza di una correlazione statisticamente significativa tra percentuale d'errore e presenza di scoliosi in quasi la totalità delle prove proposte (tranne in S.1 e B.1), mentre non è stata rilevata alcuna relazione significativa tra percentuale d'errore totale e gradi Cobb e tra percentuale d'errore totale e mesi di busto: il tutto si è dimostrato essere in linea con ciò che riporta la letteratura.

Inoltre, l'aver richiesto ai soggetti di riportare i riferimenti utilizzati per ricercare l'allineamento dalla posizione supina, ha permesso di individuare notevoli differenze tra i due gruppi considerati, denotando la necessità di riflettere su come le informazioni ottenute possano risultare utili se elaborate all'interno di un intervento riabilitativo.

I limiti dello studio sono stati: il campione ridotto di pazienti, la misurazione eseguita in modo manuale durante le valutazioni, il non aver potuto ottenere informazioni dettagliate sul tipo e durata di trattamento fisioterapico eseguito da ogni paziente e il non aver avuto a disposizione soggetti di sesso opposto in numero simile all'interno del gruppo di studio.

Questo lavoro potrebbe essere ripreso per comprendere se, dopo aver inserito questo tipo di valutazione propriocettiva e un trattamento specifico (nel caso si riscontrassero alterazioni o difficoltà), i ragazzi con AIS riescano ad ottenere dei miglioramenti che permettano loro di acquisire più consapevolezza rispetto le posizioni assunte dai diversi distretti e ad attuare con più facilità le correzioni necessarie per contrastare la deformità spinale e rallentare il più possibile la progressione.

Infine, un aspetto interessante che è emerso eseguendo un'accurata analisi della letteratura iniziale riguardante la propiocezione, è stato il ruolo della fascia. Studi anatomici eseguiti su quest'ultima hanno riportato come la fascia, in particolare quella profonda, sia ricca di meccanocettori con capacità propriocettiva (28). Da questo fatto potrebbe derivare che questa struttura sia implicata direttamente nei disturbi propriocettivi di questi soggetti. La letteratura presente ha indagato la fascia in questa tipologia di pazienti principalmente per quanto riguarda il dolore e la postura, ma potrebbe essere altrettanto utile eseguire una valutazione di questa struttura per capire se eventuali deficit propriocettivi possano derivare da un'alterazione di essa (proponendo un test propriocettivo prima e dopo valutazione e/o trattamento miofasciale).

BIBLIOGRAFIA

1. Marya S, Tambe AD, Millner PA, Tsirikos AI. Adolescent idiopathic scoliosis: a review of aetiological theories of a multifactorial disease. *Bone Jt J.* 2022; 104-B(8):915–21.
2. Barrack RL, Whitecloud TS, Burke SW, Cook SD, Harding AF. Proprioception in idiopathic scoliosis. *Spine.* 1984; 9(7):681–5.
3. Cook SD, Harding AF, Burke SW, Whitecloud TS, Barrack RL, Leinhardt TM. Upper extremity proprioception in idiopathic scoliosis. *Clin Orthop.* 1986; (213):118–24.
4. Keessen W, Crowe A, Hearn M. Proprioceptive accuracy in idiopathic scoliosis. *Spine.* 1992;17(2):149–55.
5. Guyot MA, Agnani O, Peyrodie L, Samantha D, Donze C, Catanzariti JF. Cervicocephalic relocation test to evaluate cervical proprioception in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2016; 25(10):3130–6.
6. Lau KKL, Law KKP, Kwan KYH, Cheung JPY, Cheung KMC, Wong AYL. Timely Revisit of Proprioceptive Deficits in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Glob Spine J.* 2022; 12(8):1852–61.
7. Yekutieli M, Robin GC, Yarom R. Proprioceptive function in children with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 1981; 6(6):560–6.
8. Herman R, Mixon J, Fisher A, Maulucci R, Stuyck J. Idiopathic scoliosis and the central nervous system: a motor control problem. The Harrington lecture, 1983. Scoliosis Research Society. *Spine.* 1985; 10(1):1–14.
9. Negrini S, Selleri U. La riabilitazione del paziente affetto da scoliosi idiopatica. In: *Trattato di Medicina Fisica e Riabilitazione.* 2000; 1123-47; Idelson-Gnocchi, Napoli.
10. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Schreiber S, de Mauroy JC, Diers H, et al. Linee guida SOSORT 2016: Il trattamento ortopedico e riabilitativo della scoliosi idiopatica durante la crescita.
11. Vasiliadis ES, Grivas TB, Kaspiris A. Historical overview of spinal deformities in ancient Greece. *Scoliosis.* 2009; 4:6.
12. Negrini S, Aulisa L, Ferraro C, Frascini P, Masiero S, Simonazzi P, et al. Italian guidelines on rehabilitation treatment of adolescents with scoliosis or other spinal deformities. *Eur Medicophysica.* 2005; 41 (2):183–201.
13. Lenz M, Oikonomidis S, Harland A, Fürnstahl P, Farshad M, Bredow J, et al. Scoliosis and Prognosis-a systematic review regarding patient-specific and radiological predictive factors for curve progression. *Eur Spine J.* 2021;30(7):1813–22.
14. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primer.* 2015; 1:15030.
15. Pérez-Machado G, Berenguer-Pascual E, Bovea-Marco M, Rubio-Belmar PA, García-López E, Garzón MJ, et al. From genetics to epigenetics to unravel the etiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Bone.* 2020; 140:115563.

16. Lau KKL, Law KKP, Kwan KYH, Cheung JPY, Cheung KMC. Proprioception-related gene mutations in relation to the aetiopathogenesis of idiopathic scoliosis: A scoping review. *J Orthop Res* 2023.
17. Stokes IAF, Burwell RG, Dangerfield PH, IBSE. Biomechanical spinal growth modulation and progressive adolescent scoliosis-a test of the «vicious cycle» pathogenetic hypothesis: summary of an electronic focus group debate of the IBSE. *Scoliosis*. 2006; 1:16.
18. Miller NH. Cause and natural history of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Orthop Clin North Am*. 1999; 30(3):343–52.
19. Fadzani M, Bettany-Saltikov J. Etiological Theories of Adolescent Idiopathic Scoliosis: Past and Present. *Open Orthop J*. 2017; 11:1466–89.
20. Giada Bolognesi. Efficacia del trattamento conservativo nell'evoluzione di qualità della vita e quadro clinico in adolescenti affetti da scoliosi idiopatica: revisione della letteratura [tesi di laurea]. Alma Mater Studiorum- Università di Bologna; 2018.
21. Malfair D, Flemming AK, Dvorak MF, Munk PL, Vertinsky AT, Heran MK, et al. Radiographic Evaluation of Scoliosis: *Review*. *Am J Roentgenol*. 2010;194(3): S8–22.
22. Grosso C, Negrini S, Boniolo A, Negrini AA. The validity of clinical examination in adolescent spinal deformities. *Stud Health Technol Inform*. 2002; 91:123–5.
23. Addai D, Zarkos J, Bowey AJ. Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis. *Childs Nerv Syst*. 2020;36(6):1111–9.
24. Seleviciene V, Cesnaviciute A, Strukcinskiene B, Marcinowicz L, Strazdiene N, Genowska A. Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise Methodologies Used for Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis, and Their Effectiveness: An Extended Literature Review of Current Research and Practice. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(15):9240.
25. Berdishevsky H, Lebel VA, Bettany-Saltikov J, Rigo M, Lebel A, Hennes A, et. al. Physiotherapy scoliosis-specific exercises - a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016; 11:20.
26. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: A critical review of methods. *J Sport Health Sci*. 2016; 5(1):80–90.
27. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Principi di neuroscienze*. 3rd ed. Casa Editrice Ambrosiana; 2003.
28. Stecco A, Giordani F, Fede C, Pirri C, De Caro R, Stecco C. From Muscle to the Myofascial Unit: Current Evidence and Future Perspectives. *Int J Mol Sci*. 2023; 24(5):4527.
29. Bruyneel AV. Valutazione della propriocezione: test di starestesia e cinestesia nella pratica clinica. *EMC - Med Riabil*. 2023; 30(1):1–13.
30. Hillier S, Immink M, Thewlis D. Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015; 29(10):933–49.
31. Argüelles V, Cracchiolo M, De Patre D, Ferrer Davesa M, Nani C, Rigoni M et. al. *La Teoria Neurocognitiva secondo il Confronto tra Azioni- Vol I*; Piccin Editore; 2021.

32. Zernitz M. L'esercizio terapeutico nella patologia del rachide. Riabilitazione e apprendimento; Guido Gnocchi Editore; 1995.
33. Perfetti C. la motilità del tronco: premesse riabilitative. Riabilitazione e apprendimento; Guido Gnocchi Editore; 1995.
34. Zernitz M, Tecchio M.P. L'esercizio terapeutico conoscitivo nel trattamento della scoliosi. Riabilitazione e apprendimento; 1989: 115-26.
35. Formaggio E, Bertucelli M, Rubega M, Di Marco R, Cantele F, Gottardello F, et al. Brain oscillatory activity in adolescent idiopathic scoliosis. *Sci Rep.* 2022; 12(1):17266.
36. Berthoz A. La vicarianza- Il nostro cervello creatore di mondi. 2015: 63-86.
37. Smania N, Picelli A, Romano M, Negrini S. Neurophysiological basis of rehabilitation of adolescent idiopathic scoliosis. *Disabil Rehabil.* 2008; 30(10):763–71.
38. Berthoz A. Il senso del movimento. 1st ed. 1998: 87-102.
39. Van der Meer AL. Development of perception in action in healthy and at-risk children. *Acta Paediatr Oslo Nor.* 1999; 88(429):29–36.
40. Sacks O. L'uomo che scambiò sua moglie per un cappello. 10th ed. Adelphi; 2001: 39-46.

ALLEGATI

Scheda di valutazione (Allegato 1):

Gruppo studio (per il gruppo di controllo è la stessa, senza la tabella con dati antropometrici)

| Nome | Cognome | Sesso | Età | Altezza | Sport (tipo) | Sport (h/settimana) |
|------|---------|-------|-----|---------|--------------|---------------------|
| | | | | | | |

Caratteristiche antropometriche e informazioni generali

| Gradi Cobb | Localizzazione curva | Lato curva | Segno di Risser (%) | Busto (mesi) | Fisioterapia (mesi) |
|------------|----------------------|------------|---------------------|--------------|---------------------|
| | | | | | |

PROVE

1. "Prova a stenderti diritto sul tappeto tenendo gli occhi aperti, quando ti sembra di esserti messo allineato fammi sapere, così scatto una foto della posizione"

ALLINEATO:

SI NO

Che riferimenti hai utilizzato per metterti diritto?

2. "Prova a stenderti diritto sul tappeto tenendo gli occhi chiusi"

ALLINEATO:

SI NO

Che riferimenti hai utilizzato per metterti diritto?

3. "Adesso ti sposto le spalle in 2 posizioni successive e ti chiedo di dirmi se la posizione 1 è uguale alla posizione 2 o se queste sono diverse. Se sono diverse mi dovrai riferire quale delle 2 ti sembra più vicina all'allineamento"

PROCEDIMENTO

- 5 cm a dx, ritorno all'allineamento e arrivo a **2.5 cm a dx come prima posizione**, vado 2.5 cm a sx, torno al centro e poi vado **2.5 cm a destra** → UGUALI

SI NO uguale/diverso

| |
|--|
| <p>- Vado 2.5 cm a dx, torno all'allineamento e vado a 5 a dx come prima posizione, torno all'allineamento e vado a 2.5 a dx→ DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 2)</p> |
| <p>- Vado a 2.5 a dx e torno all'allineamento come prima posizione, vado a 5 cm a dx e poi ritorno all'allineamento→ UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |
| <p>- 2.5 cm a sx, 2.5 cm a dx, torno all'allineamento e arrivo a 5 cm a sx come prima posizione, torno e vado a 2.5 a sx→ DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 2)</p> |
| <p>- Vado a 5 cm a sx, poi a 2.5 cm a sx come prima posizione, torno all'allineamento, vado a 5 cm a dx e poi all'allineamento→ DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 2)</p> |
| <p>- Vado a 2.5 cm a sx, poi a 5 cm a sx e all'allineamento come prima posizione, poi vado a 2.5 a dx e all'allineamento→ UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |

4. "Adesso ti sposto il bacino in 2 posizioni successive e ti chiedo di dirmi se la posizione 1 è uguale alla posizione 2 o se queste sono diverse. Se sono diverse mi dovrai riferire quale delle 2 ti sembra più vicina all'allineamento"

PROCEDIMENTO

| |
|---|
| <p>- Vado a 2.5 cm a sx, poi a 5 cm a sx e all'allineamento come prima posizione, poi vado a 2.5 a dx e all'allineamento→ UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |
| <p>- 5 cm a dx, ritorno all'allineamento e arrivo a 2.5 cm a dx come prima posizione, vado 2.5 cm a sx, torno al centro e poi vado 2.5 cm a destra → UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |

| |
|---|
| <p>- Vado a 5 cm a sx, poi a 2.5 cm a sx come prima posizione, torno all'allineamento, vado a 5 cm a dx e poi all'allineamento→ DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 2)</p> |
| <p>- Vado 2.5 cm a dx, torno all'allineamento e vado a 5 a dx come prima posizione, torno all'allineamento e vado a 2.5 a dx→ DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 2)</p> |
| <p>- Vado a 2.5 a dx e torno all'allineamento come prima posizione, vado a 5 cm a dx e poi ritorno all'allineamento→ UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |
| <p>- 2.5 cm a sx, 2.5 cm a dx, torno all'allineamento e arrivo a 2.5 cm a sx come prima posizione, torno e vado a 5 a sx→ DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 1)</p> |

5. "Adesso ti sposto entrambi i piedi insieme (quindi considerali come un piede unico) e li porto in 2 posizioni successive e ti chiedo di dirmi se la posizione 1 è uguale alla posizione 2 o se queste sono diverse. Se sono diverse mi dovrai riferire quale delle 2 ti sembra più vicina all'allineamento"

PROCEDIMENTO

| |
|--|
| <p>- Vado a 5 cm a sx e poi all'allineamento come prima posizione, vado a 2.5 cm a dx, all'allineamento e poi 2.5 cm a sx→ DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 1)</p> |
| <p>- Vado a 2.5 cm a sx, poi a 5 cm a sx e all'allineamento come prima posizione, poi vado a 2.5 a dx e all'allineamento→ UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |

| |
|--|
| <p>- Vado a 2.5 a dx e torno all'allineamento come prima posizione, vado a 5 cm a dx e poi ritorno all'allineamento → UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |
| <p>- 5 cm a dx, ritorno all'allineamento e arrivo a 2.5 cm a dx come prima posizione, vado 2.5 cm a sx, torno al centro e poi vado 2.5 cm a destra → UGUALI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> |
| <p>- 2.5 cm a sx, 2.5 cm a dx, torno all'allineamento e arrivo a 2.5 cm a sx come prima posizione, torno e vado a 5 a sx → DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 1)</p> |
| <p>- Vado 2.5 cm a dx, torno all'allineamento e vado a 5 a dx come prima posizione, torno all'allineamento e vado a 2.5 a dx → DIVERSI</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uguale/diverso</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> posizione più vicina all'allineamento (DEVE RISPONDERE LA 2)</p> |

6. "Adesso io andrò a muovere tutti i distretti che abbiamo valutato in precedenza (spalle, bacino o piedi). Ciò che mi devi dire è se ti senti diritto oppure no; quindi, se, secondo te, i tre distretti sono allineati o meno.

Nel caso non ti sentissi allineato, mi dovresti dire cosa/come ti modifichereesti e poi cercare di posizionarti secondo la tua idea di allineamento".

PROCEDIMENTO

| |
|--|
| <p>-muovo le spalle a dx di 5 cm, allineo e poi di 2.5 a dx, muovo il bacino a dx di 2.5, poi ritorno allineato e ritorno a 2.5 a dx, i piedi sono spostati prima a 2.5 a dx, poi 2.5 a sx e poi allineati → NO ALLINEAMENTO QUINDI HO SPALLE E BACINO A 2.5 CM A DESTRA E I PIEDI SULLA LINEA MEDIANA</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> allineamento</p> <p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> modifiche (Si è modificato in modo corretto?)</p> |
|--|

-muovo il **bacino** di 2.5 cm a dx, poi 2.5 cm a sx, **allineo**, muovo i **pedi** prima 5 cm a dx e poi **2.5 cm a dx**, muovo le **spalle** 2.5 cm a sx, allineo e **poi 2.5 a dx**→ **NO ALLINEAMENTO**
QUINDI HO BACINO ALLINEATO, PIEDI E SPALLE A 2.5 A DX

SI NO **allineamento**

SI NO **modifiche**

- muovo i **pedi** a sx di 2.5 cm poi allineo e poi di **5 cm a sx**, muovo le **spalle** di 5 cm a sx, allineo e porto a **5 cm a sx**, muovo il **bacino** di 2.5 a sx, a 5 a sx, 2.5 a sx e poi a 5 cm a sx
QUINDI HO TUTTI I DISTRETTI ALLINEATI A SX→ **SI ALLINEAMENTO**

SI NO **allineamento**

- muovo le **spalle** 2.5 cm a sx, 2.5 cm a dx e poi **5 cm a dx**, muovo il **bacino** 5 cm a dx e allineo, muovo i **pedi** a 2.5 cm a dx, a 5 cm a dx e poi **allineo al centro**→ **NO ALLINEAMENTO**

QUINDI HO LE SPALLE TUTTE A DX, BACINO E PIEDI ALLINEATI

SI NO **allineamento**

SI NO **modifiche**

- muovo le **spalle** 5 cm a dx, porto al centro, le muovo 2.5 cm a sx e le riporto al **centro**, muovo il **bacino** 2.5 cm a sx, 2.5 cm a dx e poi al **centro**, muovo i **pedi** 5 cm a sx, 2.5 cm a sx e poi al **centro**

TUTTI DISTRETTI SULLA LINEA MEDIANA→ **SI ALLINEAMENTO**

SI NO **allineamento**

- muovo le **spalle** a 2.5 cm a dx, allineo e poi a **2.5 a dx**, muovo il **bacino** a 2.5 a dx, 2.5 a sx e **allineo**, muovo i **pedi** a 2.5 cm a sx, allineo e poi **5 a sx**→ **NO ALLINEAMENTO**
QUINDI SPALLE A 2.5 A DX, BACINO ALLINEATO E PIEDI TUTTI A SX

SI NO **allineamento**

SI NO **modifiche**