

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN MEDICINA E CHIRURGIA**

**DIPARTIMENTO DI NEUROSCIENZE - DNS**

**DIRETTORE: Ch.mo Prof. Raffaele De Caro**

**CATTEDRA DI MEDICINA FISICA E RIABILITATIVA**

**DIRETTORE: Ch.mo Prof. Stefano Masiero**

**TESI DI LAUREA**

**STUDIO DELLA RELAZIONE TRA GRADO DI  
ROTAZIONE VERTEBRALE, INDICI STABILOMETRICI  
E MOBILITÀ DEL RACHIDE IN PAZIENTI AFFETTI DA  
SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE**

**RELATORE: Ch.mo Prof. Stefano Masiero**

**CORRELATORI: Dott.ssa Francesca Cantele**

**Dott.ssa Rosanna Fontana**

**LAUREANDO: Enrico Cappellari**

**ANNO ACCADEMICO 2021/2022**



# INDICE

<b>RIASSUNTO .....</b>	<b>.....</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>.....</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>1. SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 DEFINIZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 PATOGENESI.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 CLASSIFICAZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 EPIDEMIOLOGIA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 EZIOLOGIA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.6 STORIA NATURALE E PROGNOSI .....</b>	<b>6</b>
<b>1.7 ANATOMIA PATOLOGICA .....</b>	<b>8</b>
<b>1.8 ESAME CLINICO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.8.1 ANAMNESI.....</b>	<b>10</b>
<b>1.8.2 ESAME OBIETTIVO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.8.3 VALUTAZIONE RADIOGRAFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>1.9 TRATTAMENTO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.9.1 OSSERVAZIONE.....</b>	<b>18</b>
<b>1.9.2 GINNASTICA MEDICA .....</b>	<b>18</b>
<b>1.9.3 TRATTAMENTO ORTESICO .....</b>	<b>19</b>
<b>1.9.4 TRATTAMENTO CHIRURGICO .....</b>	<b>21</b>
<b>1.10 ATTIVITÀ SPORTIVA E SCOLIOSI IDIOPATICA</b>	
<b>ADOLESCENZIALE.....</b>	<b>22</b>
<b>2. MOBILITÀ DEL RACHIDE.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 ANATOMIA DEL RACHIDE .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.1 COLONNA VERTEBRALE .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.1.1 Caratteri generali delle vertebre.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.2 ARTICOLAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.2.1 Articolazioni tra i corpi vertebrali.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.2.2 Articolazioni tra i processi articolari.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.2.3 Legamenti a distanza .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.3 MUSCOLI DEL RACHIDE .....</b>	<b>30</b>

2.1.3.1	Muscoli spinoappendicolari .....	31
2.1.3.2	Muscoli spinocostali.....	31
2.1.3.3	Muscoli spinodorsali (o propri del dorso) .....	32
2.1.3.4	Muscoli anterolaterali della parete addominale .....	34
2.1.3.5	Muscoli posteriori della parete addominale.....	35
2.2	BIOMECCANICA DEL RACHIDE.....	35
2.3	MOBILITÀ DELLA COLONNA IN SOGGETTI AFFETTI DA SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE .....	39
3.	STABILOMETRIA .....	43
3.1	POSTURA .....	43
3.2	ESAME STABILOMETRICO .....	43
3.3	STABILOMETRIA IN PAZIENTI AFFETTI DA SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE.....	45
	SCOPO DELLO STUDIO .....	47
	MATERIALI E METODI .....	49
1.	POPOLAZIONE.....	49
1.1	CRITERI DI INCLUSIONE.....	49
1.2	CRITERI DI ESCLUSIONE .....	49
2.	VALUTAZIONI .....	50
2.1	ANAMNESI.....	50
2.2	ESAME OBIETTIVO .....	51
2.2.1	RILEVAZIONE DELLE MISURE DI SUPERFICIE STATICHE E DINAMICHE MEDIANTE INCLIMED® .....	51
2.2.1.1	Angoli di cifosi toracica e lordosi lombare .....	51
2.2.1.2	Angoli di flessione ed estensione lombosacrale .....	53
2.2.1.3	Angoli di inclinazione laterale destra e sinistra del rachide lombare.....	55
2.2.1.4	Angoli di rotazione destra e sinistra del rachide toracolombare .....	55
2.3	ESAME STABILOMETRICO .....	56
2.4	VALUTAZIONE DEI SOGGETTI SANI.....	58
3.	ANALISI STATISTICA .....	58

<b>RISULTATI.....</b>	<b>61</b>
<b>1. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE .....</b>	<b>61</b>
<b>1.1 DATI ANAMNESTICI .....</b>	<b>61</b>
1.1.1 SOGGETTI AIS.....	61
1.1.2 SOGGETTI SANI.....	62
<b>1.2 MISURE DI SUPERFICIE STATICHE E DINAMICHE MEDIANTE     INCLIMED® .....</b>	<b>62</b>
1.2.1 SOGGETTI AIS.....	62
1.2.2 SOGGETTI SANI.....	63
<b>1.3 PARAMETRI OTTENUTI DALL'ESAME STABILOMETRICO ....</b>	<b>64</b>
1.3.1 SOGGETTI AIS.....	64
1.3.2 SOGGETTI SANI.....	66
<b>2. MOBILITÀ DEL RACHIDE.....</b>	<b>67</b>
<b>2.1 RELAZIONE TRA ROTAZIONE VERTEBRALE E MOBILITÀ DEL     RACHIDE .....</b>	<b>67</b>
<b>2.2 RELAZIONE TRA ENTITÀ DELLA CURVA E MOBILITÀ DEL     RACHIDE .....</b>	<b>67</b>
<b>2.3 TRATTAMENTO ORTESICO E MOBILITÀ DEL RACHIDE .....</b>	<b>68</b>
<b>2.4 CONFRONTO DELLA MOBILITÀ DEL RACHIDE TRA     SOGGETTI AIS E SANI .....</b>	<b>69</b>
<b>3. INDICI STABILOMETRICI.....</b>	<b>71</b>
<b>3.1 RELAZIONE TRA ROTAZIONE VERTEBRALE E INDICI     STABILOMETRICI .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2 RELAZIONE TRA ENTITÀ DELLA CURVA E INDICI     STABILOMETRICI .....</b>	<b>72</b>
<b>3.3 RELAZIONE TRA MISURE RADIOGRAFICHE DI LATERALITÀ     E INDICI STABILOMETRICI .....</b>	<b>73</b>
3.3.1 TRUNK SHIFT E INDICI STABILOMETRICI.....	73
3.3.2 AVT E INDICI STABILOMETRICI .....	74
3.3.3 SBANDAMENTO C7-SACRO E INDICI STABILOMETRICI... 75	
<b>3.4 TRATTAMENTO ORTESICO E INDICI STABILOMETRICI .....</b>	<b>79</b>

<b>3.5 CONFRONTO DEGLI INDICI STABILOMETRICI TRA SOGGETTI</b>	
<b>    AIS E SANI.....</b>	<b>87</b>
<b>DISCUSSIONE.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>97</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>103</b>

# **RIASSUNTO**

## **PRESUPPOSTI**

La scoliosi idiopatica adolescenziale è una complessa patologia del rachide che determina, a seconda della gravità, alterazioni più o meno marcate a livello dei corpi vertebrali, dei dischi intervertebrali, della muscolatura paravertebrale e dell'intero apparato legamentoso. Alterazioni di questo tipo, oltre ad essere causa di deformità estetiche e possibili algie, possono provocare limitazioni funzionali andando a modificare il profilo biomeccanico del rachide. La maggior parte degli studi presenti in letteratura in merito a questa tematica sostiene che ci sia una relazione causale tra la scoliosi ed una riduzione della mobilità del rachide sul piano sagittale; tuttavia, mancano dati certi che correlino questa alterazione a parametri oggettivi ricavabili, ad esempio, da un esame radiografico.

Inoltre, le deformità del rachide nei soggetti affetti da questa patologia possono essere causa di un'alterazione dei rapporti fra i vari segmenti corporei e, di conseguenza, alterarne la stabilità posturale. La letteratura in merito è ancora scarsa e con risultati discordanti.

## **SCOPO DELLO STUDIO**

Lo scopo principale di questo studio è quello di indagare come il grado di rotazione vertebrale ed altri indicatori radiografici di asimmetria del rachide influenzino gli indici stabilometrici e la mobilità della colonna.

Si propone, in secondo luogo, di valutare il ruolo del trattamento ortesico nella mobilità del rachide e nella stabilità posturale, ed infine di confrontare i valori stabilometrici e di mobilità tra soggetti affetti da scoliosi e soggetti sani.

## **MATERIALI E METODI**

Lo studio è stato condotto su 18 pazienti con diagnosi di scoliosi idiopatica adolescenziale, reclutati tra i soggetti afferenti all'Ambulatorio di diagnostica e trattamento delle patologie del rachide in età evolutiva dell'U.O. di Riabilitazione ortopedica dell'Azienda ospedaliera di Padova.

Per rilevare le misure di superficie dinamiche, indicatori della mobilità del rachide, è stato utilizzato l'Inclimed®, un inclinometro tascabile che ha permesso la rilevazione dei massimi movimenti di flessoestensione, di inclinazione laterale e di rotazione assiale del rachide. Gli indici stabilometrici sono stati invece ottenuti dall'esecuzione di un test sulla pedana stabilometrica ArgoPlus MK1 (dispositivo medico certificato CE in cl. 1, registrato all'anagrafe DDMM del Ministero della salute BD/RDM 1899579).

La rotazione vertebrale, misurata attraverso l'indice di Nash Moe, e gli altri indicatori di asimmetria del rachide sono stati ricavati dalle misurazioni effettuate su radiografie della colonna vertebrale dei soggetti di studio.

## **RISULTATI**

L'analisi della mobilità del rachide in relazione alla rotazione vertebrale e all'entità della curva non ha prodotto risultati statisticamente significativi.

Il confronto in termini di mobilità del rachide dei soggetti affetti da scoliosi con il gruppo di controllo ha evidenziato una riduzione dei movimenti di flessoestensione ( $p < 0,01$ ) ed inclinazione laterale ( $p = 0,01$ ) del rachide lombare.

Non è stato possibile evidenziare una relazione statisticamente significativa tra gli indici stabilometrici e la rotazione vertebrale e tra i medesi parametri e l'entità della curva.

In merito alla relazione tra lo sbandamento di C7 rispetto al sacro e gli indici stabilometrici è stato riscontrato un aumento dell'ampiezza della sway area ( $p = 0,01$ ), degli aggiustamenti posturali sia anteroposteriori che laterolaterali ( $p < 0,01$  e  $p = 0,02$ ) e dell'area dell'ellisse di confidenza ( $p < 0,01$ ) all'aumentare di questo sbandamento durante l'esecuzione del test ad occhi aperti. Sempre durante l'esecuzione del test ad occhi aperti sono state rilevate una diminuzione della distanza X ( $p = 0,05$ ) ed un aumento della distanza Y ( $p = 0,03$ ) del baricentro della traiettoria dal centro della base di appoggio ed un aumento del rapporto tra sway area e sway path ( $p < 0,01$ ). Dall'esecuzione dell'esame ad occhi chiusi è emerso solo un aumento degli aggiustamenti posturali laterolaterali ( $p = 0,01$ ).



Dal confronto dei parametri rilevati dal test dei soggetti sottoposti ad ortesi con quelli dei soggetti non sottoposti a questo trattamento sono emerse notevoli differenze statisticamente significative: sia durante l'esecuzione dell'esame ad occhi aperti che ad occhi chiusi, i soggetti sottoposti ad ortesi hanno manifestato una riduzione dello sway path ( $p = 0,03$  e  $p = 0,03$ ), della sway area ( $p = 0,01$  e  $p = 0,02$ ), del rapporto tra sway area e sway path ( $p = 0,05$  e  $p = 0,05$ ), degli aggiustamenti posturali laterolaterali ( $p = 0,04$  e  $p = 0,02$ ), dell'area dell'ellisse di confidenza ( $p = 0,03$  e  $p = 0,02$ ) e del rapporto tra distanza spaziale media e tempo medio di permanenza ( $p = 0,03$  e  $p = 0,03$ ) rispetto al resto del gruppo.

Infine, il confronto di questi parametri tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale e soggetti sani ha evidenziato un aumento di sway area ( $p = 0,02$ ), sway path ( $p = 0,05$ ) e del rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza ( $p = 0,03$ ) nei soggetti scoliotici durante l'esame ad occhi chiusi.

## **CONCLUSIONI**

Il presente studio non ha permesso di evidenziare una relazione statisticamente significativa tra il grado di rotazione vertebrale e la mobilità del rachide, così come non sono state evidenziate relazioni significative tra la rotazione vertebrale e gli indici di stabilità posturale. È stata riscontrata, però, una relazione tra lo sbandamento del rachide cervicale rispetto al sacro e la stabilità posturale ad occhi aperti.

Il confronto con il gruppo di controllo in quanto a mobilità del rachide ha permesso di confermare una riduzione dei movimenti di flessoestensione ed inclinazione laterale nei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale. Al contrario, non sono state evidenziate differenze riguardo la mobilità del rachide tra soggetti sottoposti a trattamento ortesico e non, dimostrando come il busto non comprometta la mobilità dei soggetti che lo indossano.

In merito alla stabilità posturale è stata rilevata una sua riduzione nei soggetti scoliotici rispetto a quelli sani, durante le rilevazioni ad occhi chiusi, dimostrando come, in assenza della stabilizzazione della vista, i soggetti con scoliosi manifestino difficoltà nel mantenere stabile il proprio equilibrio. Inoltre, il riscontro di una

maggiore stabilità posturale nei soggetti sottoposti a trattamento ortesico rispetto alla controparte non trattata con busto sembra deporre a favore di un suo ruolo positivo nell'instaurazione di meccanismi posturali di adattamento alle alterazioni della colonna.

Molte delle relazioni indagate nel presente studio non trovano sufficiente riscontro in letteratura e risultano, in alcuni casi, poco consistenti. I risultati sono però interessanti, in quanto lasciano aperte delle questioni che meritano ulteriori approfondimenti, magari aumentando la numerosità del campione.

# **ABSTRACT**

## **BACKGROUND**

Adolescent idiopathic scoliosis is a complex pathology of the spine that determines changes in vertebral bodies, intervertebral discs, paravertebral muscles and ligaments. These changes may either cause aesthetic deformities and pain and also determine functional limitations by modifying the biomechanical profile of the spine. Most of the studies on this topic notice a causal relationship between scoliosis and a reduction of spinal mobility in sagittal plane; however, there is a lack of reliable data correlating this alteration to objective parameters which can be obtained, for example, from an X-ray examination.

Furthermore, the deformities of the spine in subjects affected by this pathology can cause an alteration in the relationships between various body segments and, consequently, alter their postural stability. The literature on this topic isn't that rich and the studies have not achieved univocal results.

## **AIM OF THE STUDY**

The main purpose of this study is to investigate how the degree of vertebral rotation and other radiographic indicators of spine asymmetry affect stabilometric indices and mobility of the spine in subjects suffering from adolescent idiopathic scoliosis.

It also purposes to evaluate the role of orthotic treatment in spine mobility and postural stability, and finally to compare the stabilometric and mobility values between subjects with and without scoliosis.

## **MATERIALS AND METHODS**

The study was conducted on 18 patients diagnosed with adolescent idiopathic scoliosis, recruited from the subjects belonging to the Diagnostic and Treatment Outpatient Clinic for pathologies of the spine in developmental age of the O.U. of Orthopedic Rehabilitation of the Hospital of Padua.

Inclined® was used to detect the dynamic surface measurements, indicators of spinal mobility; it is a pocket inclinometer that allowed the detection of maximum flexion-extension, lateral inclination and axial rotation movements of the spine. Stabilometric parameters were obtained by performing a test on the ArgoPlus MK1 stabilometric platform (CE certified medical device in cl. 1, registered in the DDMM registry of the Ministry of Health BD / RDM 1899579).

Vertebral rotation, measured through the Nash Moe index, and other indicators of asymmetry of the spine were obtained directly from the radiograms of the spine.

## **RESULTS**

The analysis of the mobility of the spine compared to vertebral rotation and the severity of the curve did not produce statistically significant results.

The comparison of spinal mobility between subjects suffering from scoliosis and the control healthy group showed a reduction of flexion-extension ( $p < 0.01$ ) and lateral inclination ( $p = 0.01$ ) movements of the lumbar spine.

It was not possible to achieve a statistically significant relationship between the stabilometric parameters and vertebral rotation and between these parameters and the severity of the curve.

The analysis of the relationship between the heeling of C7 plumb line from sacrum and the stabilometric parameters showed significant results: the amplitude of the sway area ( $p = 0.01$ ), both antero-posterior and lateral-lateral postural adjustments ( $p < 0.01$  and  $p = 0.02$ ) and the area of the confidence ellipse ( $p < 0.01$ ) increased with the heeling during the opened eyes test. It also showed a decrease in the X distance ( $p = 0.05$ ) and an increase in the Y distance ( $p = 0.03$ ) of the center of gravity of the trajectory from the center of the support base and an increase in the ratio between sway area and sway path ( $p < 0.01$ ). Only an increase in lateral-lateral postural adjustments emerged from the examination with closed eyes ( $p = 0.01$ ).

Some statistically significant differences emerged from the comparison between parameters detected in subjects treated and not treated with bracing: during both the examination with open and closed eyes, subjects treated with bracing showed a reduction in sway path ( $p = 0.03$  and  $p = 0.03$ ), sway area ( $p = 0.01$  and  $p = 0.02$ ), the ratio between sway area and sway path ( $p = 0.05$  and  $p = 0.05$ ), lateral postural adjustments ( $p = 0.04$  and  $p = 0.02$ ), the area of the confidence ellipse ( $p = 0.03$  and  $p = 0.02$ ) and the ratio between the average spatial distance and mean residence time ( $p = 0.03$  and  $p = 0.03$ ) compared to the rest of the group.

Lastly, the comparison of these parameters between subjects with adolescent idiopathic scoliosis and healthy subjects showed an increase in sway area ( $p = 0.02$ ), sway path ( $p = 0.05$ ) and the ratio between the average spatial distance and the mean residence time ( $p = 0.03$ ) in scoliotic subjects during the examination with closed eyes.

## **CONCLUSION**

The study did not allow to show a statistically significant relationship between the degree of vertebral rotation and the mobility of the spine, as well as no significant relationships between vertebral rotation and stability parameters were found. However, a relationship was found between the heeling of C7 plumb line from the sacrum and postural stability with open eyes.

The comparison of spinal mobility with the healthy control group confirmed a reduction in flexion-extension and inclination movements in subjects affected by adolescent idiopathic scoliosis. Otherwise, there were no differences between spinal mobility in subjects undergoing orthotic treatment and not treated, showing that brace does not compromise the mobility of subjects who wear it.

During the measurements with closed eyes in scoliotic subjects, a reduction of postural stability from the healthy ones was found, proving that subjects with scoliosis show difficulty in maintaining their balance without visual stabilization. Furthermore, the finding of greater postural stability in subjects undergoing orthotic treatment compared to the counterpart not treated with brace seems to support its

positive role in establishing postural adaptation mechanisms to alterations of the spine.

Many of the relationships investigated in this study do not find sufficient confirmation in literature and are, in some cases, not very consistent. However, the results are interesting and set questions that deserve further investigation, maybe by increasing the sample size.

# INTRODUZIONE

## 1. SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE

### 1.1 DEFINIZIONE

Il termine scoliosi deriva dal tardo greco “σκολίωσις”, incurvamento, a sua volta derivato dall’aggettivo “σκολιός”, curvo. Ippocrate (V secolo a.C.) fu il primo a descrivere l’anatomia della colonna, la sua funzionalità e le patologie che la affliggono, nonché il primo ad utilizzare parole come scoliosi e cifosi. A lui si devono anche i primi tentativi di trattamento, mediante l’utilizzo di tavole per la trazione assiale e l’introduzione del principio di correzione transaddominale delle deformità spinali. A distanza di oltre cinque secoli i suoi studi furono ripresi da Galeno (II secolo d.C.), il quale approfondì anche gli aspetti eziologici delle patologie spinali. Tali studi influenzarono la pratica medica sulle deformità della colonna per più di un millennio.<sup>1</sup>

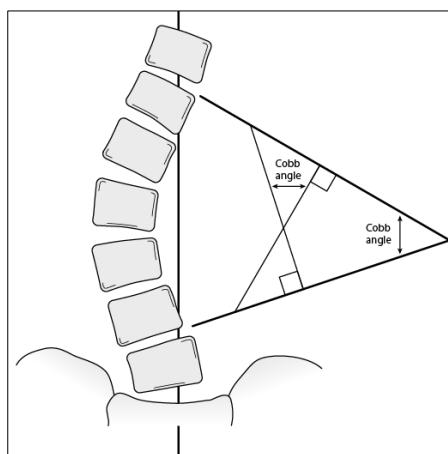


*Figura 1. Grave forma di scoliosi*

La scoliosi è una complessa patologia del rachide, ad eziologia multifattoriale, attualmente definita come “deformità torsionale tridimensionale”, dal momento che determina alterazioni nei tre piani dello spazio. Sul piano frontale si evidenzia una curvatura laterale, che permette di definire la scoliosi come sinistro o destroconvessa, in base al lato della convessità della curva. Sul piano orizzontale, invece, si assiste ad una rotazione assiale dei corpi vertebrali, con spostamento dei

processi spinosi verso la concavità della curva; tale rotazione risulta più accentuata a livello dell'apice della curva scoliotica ed è causa, dal lato convesso della stessa, della formazione del gibbo, segno patognomiconico della scoliosi. Infine, sebbene con incidenza minore, possono manifestarsi alterazioni anche sul piano sagittale, causando, nella maggior parte dei casi, una riduzione di ampiezza delle fisiologiche curve del rachide (cifosi toracica e lordosi lombare); tuttavia, di rado, si può assistere ad un'accentuazione delle stesse.<sup>2, 3</sup>

Per stabilire l'entità e la localizzazione della curva scoliotica è necessario individuare tre vertebre di riferimento. La vertebra craniale meno ruotata e più inclinata dell'intera curva si definisce limitante superiore, mentre a livello caudale la vertebra con le medesime caratteristiche prende il nome di limitante inferiore. Al centro della curva si trova la vertebra apicale, che presenta il maggior grado di rotazione assiale e la minor inclinazione.<sup>4</sup> L'intersezione delle rette tangenti i piatti vertebrali delle due limitanti permette di misurare l'angolo di Cobb, su cui si basa la diagnosi di scoliosi (*Figura 2*). Infatti, secondo la Scoliosis Research Society, la diagnosi di scoliosi può essere posta nel momento in cui l'angolo di Cobb sia uguale o maggiore di  $10^\circ$  e sia possibile identificare una rotazione assiale.<sup>5</sup>



*Figura 2. Metodo di misurazione dell'angolo di Cobb*

La scoliosi strutturale non deve essere confusa con la scoliosi funzionale. Quest'ultima, infatti, è caratterizzata da una deviazione reversibile del rachide, visibile solo quando la colonna è sotto carico, che coinvolge unicamente il piano frontale. Di conseguenza, risultano nulle o scarse le alterazioni sul piano assiale e sagittale.<sup>6</sup>



## 1.2 PATOGENESI

In rapporto alla genesi della malattia è possibile distinguere tre principali tipologie di scoliosi strutturale: congenita, acquisita (o secondaria) e idiopatica.

Le scoliosi congenite sono caratterizzate da deviazioni della colonna conseguenti ad anomalie di sviluppo delle vertebre, siano esse difetti di formazione o di segmentazione dei corpi vertebrali. Nel primo caso si assiste alla formazione di una vertebra asimmetrica, a forma di cuneo, detta emispondilo; in presenza di un difetto di segmentazione, invece, le vertebre appaiono fuse (o meglio, non separate) ed il fenomeno prende il nome di sinostosi.

Le scoliosi acquisite sono legate a disordini neuromuscolari, scheletrici o del tessuto connettivo, e possono essere associate o meno a quadri sindromici ereditari come, ad esempio, la sindrome di Prader-Willi e la sindrome di Marfan. Talvolta possono essere secondarie a traumi, neoplasie, malattie reumatiche o metaboliche.<sup>7, 8</sup>

Laddove siano state escluse tutte le cause sopraelencate si può definire la scoliosi come idiopatica, ossia senza causa nota. Essa rappresenta circa l'80% delle scoliosi strutturali, nonché la più comune alterazione della colonna in età pediatrica.<sup>9</sup> Il termine "scoliosi idiopatica" fu introdotto da Kleinberg nel 1992 e si applica a tutti i pazienti in cui non sia possibile identificare una patologia specifica come causa della deformità. Si manifesta per lo più in bambini apparentemente sani e può progredire in relazione a diversi fattori durante qualsiasi periodo di crescita.<sup>10</sup> Tale progressione è particolarmente evidente in età puberale, e tende a stabilizzarsi con il raggiungimento della maturità ossea. In alcuni casi, però, la malattia può progredire, in misura minore, anche in età adulta, durante la quale il tasso di progressione medio è di circa 0,82° Cobb per anno.<sup>11</sup>

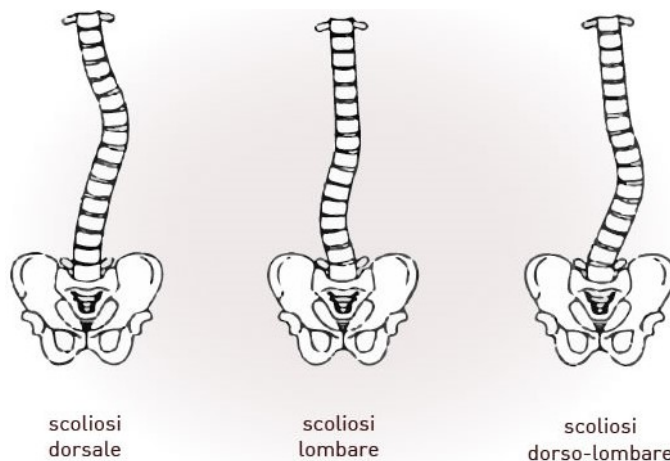
## 1.3 CLASSIFICAZIONE

Nel 2016, durante la redazione delle linee guida SOSORT (International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment), sono state approvate tre diverse classificazioni: cronologica, angolare e topografica.

La classificazione cronologica si basa sull'età di insorgenza della malattia, aspetto fondamentale sia da un punto di vista diagnostico che terapeutico, e suddivide le scoliosi in infantili (da 0 a 2 anni), giovanili (da 3 a 9 anni), adolescenziali (da 10 a 17 anni) e dell'adulto.<sup>5</sup> Questa classificazione permette di individuare il potenziale di progressione della curva, che è direttamente proporzionale all'intervallo di tempo trascorso tra la diagnosi ed il completamento della crescita.<sup>12</sup>

La classificazione angolare si basa sull'angolo di Cobb, misurato in una radiografia del rachide in proiezione anteroposteriore in ortostatismo. Le scoliosi, pertanto, possono essere definite lievi (fino a 20°), moderate (da 21° a 35°), da moderate a gravi (da 36° a 40°), gravi (da 41° a 50°), da gravi a molto gravi (da 51° a 55°) e molto gravi (maggiori di 56°).

Infine, la classificazione topografica prende in considerazione la localizzazione dell'apice della curva sul piano frontale. Le scoliosi possono quindi essere divise in cervicali (tra C6 e C7), cervicotoraciche (tra C7 e T1), toraciche (tra T1 e T12), toracolombari (tra T12 e L1) e lombari (tra L1 e L2).<sup>5</sup>



*Figura 3. Sedi più frequenti di localizzazione della curva scoliotica.*

Una recente metanalisi ha evidenziato come le curve toraciche siano le più comuni (48%), seguite da quelle toracolombari e lombari (40%) (Figura 3). Le doppie curve sono, invece, rare. Sono inoltre emerse delle peculiarità legate al sesso e all'età dei soggetti: nei maschi prevalgono le curve toracolombari e lombari, mentre nelle femmine le curve toraciche e doppie; nelle scoliosi infantili si

riscontrano maggiormente curve con convessità sinistra, al contrario di quelle adolescenziali, mentre nelle forme giovanili le curve a convessità destra e sinistra si equivalgono.<sup>13</sup>

## **1.4 EPIDEMIOLOGIA**

Solo il 20% dei casi di scoliosi presenta una causa nota, sia essa congenita o acquisita. Il restante 80% rappresenta i casi di scoliosi idiopatica. La prevalenza di questa patologia nella popolazione generale si attesta tra lo 0,93% ed il 12%; tuttavia, un valore compreso tra il 2% ed il 3% è quello riscontrato con maggior frequenza in letteratura.<sup>14-31</sup> Inoltre, alcuni studi hanno evidenziato come l'epidemiologia della scoliosi subisca delle variazioni a seconda della latitudine: si osserva un aumento della prevalenza a latitudini elevate ed una sua diminuzione in prossimità dell'equatore. Una spiegazione a tale fenomeno potrebbe essere data dal fatto che nei Paesi nordici il menarca si verifica più tardi rispetto alla media, ritardando la maturità ossea e prolungando il periodo di vulnerabilità della colonna allo sviluppo di scoliosi; inoltre, è stato suggerito che la carenza di melatonina rilevabile a queste latitudini possa avere un ruolo nell'eziologia della scoliosi.<sup>17, 32</sup>

Per quanto riguarda la distribuzione tra i sessi, si osserva un'incidenza maggiore nelle femmine rispetto ai maschi. Se per curve con angoli Cobb compresi tra 10° e 20° questa differenza non è molto evidente con un rapporto F/M pari a 1,3, essa si manifesta in modo più marcato con l'aumentare della gravità della curva, fino a raggiungere un rapporto di 7:1 per curve oltre i 30° Cobb.<sup>33,34</sup> Nel caso in cui a crescita completa persista una curva importante (compresa tra 30° e 50°)<sup>35</sup>, vi è un aumentato rischio in età adulta di problemi di salute, ridotta qualità della vita, deformità estetiche, dolore e limitazioni funzionali progressive.<sup>36</sup>

## **1.5 EZIOLOGIA**

Sebbene la scoliosi idiopatica adolescenziale sia una delle più comuni deformità del rachide, non esistono dati certi riguardo la sua eziologia.

Alcuni autori ipotizzano il coinvolgimento di fattori genetici nello sviluppo di disordini della colonna, vista la tendenza della scoliosi ad essere ricorrente

all'interno di determinate famiglie, pur non essendo possibile evidenziare con certezza il modo in cui questa ereditarietà sia trasmessa. A tal proposito, alcuni ricercatori suggeriscono la presenza di un disordine ereditario della struttura e della funzione del recettore degli estrogeni<sup>37</sup>; altri autori, invece, ritengono che alla base della scoliosi ci siano alterazioni sistemiche che coinvolgono la sintesi di mucopolisaccaridi e lipoproteine.<sup>38, 39</sup>

Negli anni '90 Dubousset ipotizzò che la scoliosi fosse il risultato di un disordine della sintesi della melatonina<sup>40-44</sup> e Machida riscontrò livelli sierici di questo ormone diminuiti in ragazze con scoliosi idiopatica rapidamente progressiva. Attualmente, si tende ad attribuire alla melatonina un ruolo secondario nella patogenesi della scoliosi.<sup>39-43, 45</sup> Kindsfater sostiene che il ruolo della melatonina nella patogenesi della scoliosi sia frutto della sua interazione con la calmodulina, proteina che possiede recettori per gli ioni calcio e, quindi, capace di influenzare la contrattilità dei muscoli scheletrici.<sup>46</sup> La calmodulina può essere misurata a livello piastrinico e sono stati riscontrati valori più elevati in pazienti con progressione della curva scoliotica maggiore ai 10° Cobb per anno.<sup>37</sup>

Altri autori hanno valutato la possibilità che varianti genetiche dell'interleuchina 6 (IL-6) e delle metalloproteasi (MMPs) possano essere associate alla scoliosi e suggeriscono che alcuni polimorfismi della MMP-3 e del promotore dell'IL-6 siano importanti fattori che predispongono a tale malattia.<sup>47</sup>

Nonostante i numerosi studi, però, l'eziologia della scoliosi non è ancora del tutto chiara e può essere assunta come multifattoriale. Tutte le suddette ipotesi sono da intendersi come complementari e non mutualmente esclusive.<sup>48, 49</sup>

## **1.6 STORIA NATURALE E PROGNOSI**

Sebbene la scoliosi idiopatica possa svilupparsi in qualsiasi momento tra l'infanzia e l'adolescenza, è solita manifestarsi nei periodi di più rapida crescita: tra i 6 ed i 24 mesi, tra i 5 e gli 8 anni e, più frequentemente, tra gli 11 e i 14 anni, momento in cui generalmente avviene il più importante e rapido scatto di crescita (*Figura 4*).<sup>2, 50</sup> Il picco di accrescimento puberale inizia con una crescita accelerata degli arti, che provoca una temporanea sproporzione del corpo (arti lunghi e tronco

corto); solo successivamente si assiste all'allungamento longitudinale della colonna: è questo il periodo di massima progressione della scoliosi idiopatica.<sup>51</sup> Nelle femmine, la comparsa del menarca indica che il picco di crescita è passato e rappresenta l'inizio di una graduale riduzione del rischio di progressione della malattia. La stessa considerazione può essere fatta per i soggetti di sesso maschile in merito alla disfonia della muta e alla comparsa dei caratteri sessuali secondari.<sup>52</sup>

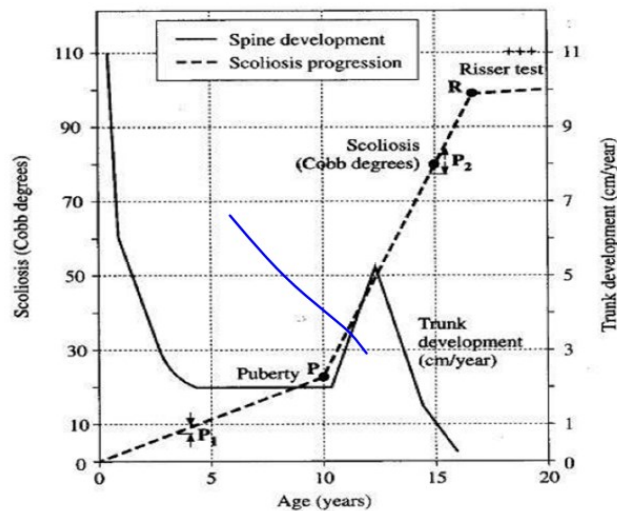


Figura 4. Grafico di Duval-Beaupere: relazione tra sviluppo della colonna ed evoluzione della scoliosi

Per stabilire in modo accurato quanto ancora la malattia possa progredire risulta di fondamentale importanza la misurazione dell'età ossea, rilevabile con il test di Risser o tramite l'esecuzione di una radiografia del polso e della mano sinistri. Anche in questo caso, come per l'età anagrafica, un'età ossea maggiore indica una minore probabilità di progressione della curva scoliotica.<sup>8</sup>

L'ultimo aspetto da valutare per determinare il rischio di peggioramento della malattia è l'entità della curva. In uno studio effettuato solamente su soggetti di sesso femminile è stato evidenziato come curve inferiori a 30° Cobb abbiamo una probabilità di progressione del 4%, mentre curve maggiori di 30° Cobb progrediscono nell'83% dei casi.<sup>53</sup> Infine, si sottolinea come anche la morfologia e la sede della curva siano importanti per stabilire la possibile evoluzione della stessa: le doppie curve hanno maggiori probabilità di progredire, seguite dalle toraciche, dalle toracolumbari e dalle lombari.

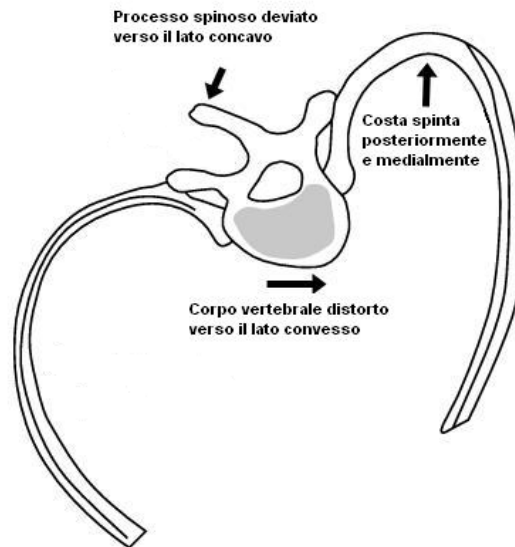
La valutazione di tutti i fattori appena esposti ha lo scopo di identificare il rischio di progressione della malattia ed è indispensabile per la programmazione di un percorso terapeutico adeguato al paziente.<sup>8</sup>

## 1.7 ANATOMIA PATOLOGICA

Con il termine curva primaria si indica la curva che presenta le maggiori alterazioni strutturali: le vertebre che costituiscono tale curva saranno, perciò, quelle con il grado di rotazione assiale maggiore. Nella maggior parte dei casi, questa curva è anche quella che presenta l'angolo di Cobb di ampiezza maggiore. Spesso si riscontrano una o più curve secondarie (o di compenso) in posizione craniale e/o caudale rispetto alla curva primaria, che si instaurano per riequilibrare lo scompenso creato da quest'ultima. Queste curve presentano generalmente un grado di rotazione vertebrale ed un'ampiezza minori.<sup>6</sup>

A livello delle singole vertebre si evidenziano notevoli asimmetrie. La modificazione più evidente coinvolge il corpo vertebrale, che assume una forma a cuneo, con vertice rivolto verso la concavità della curva. Alla base di questo fenomeno vi è uno sviluppo asimmetrico delle vertebre: secondo la legge di Wolff, infatti, l'aumento della pressione sulla cartilagine di accrescimento a livello della concavità della curva provoca, in questa sede, un'inibizione del processo di ossificazione. Altre alterazioni colpiscono, invece, le componenti posteriori delle vertebre: le lamine ed i peduncoli appaiono ispessiti ed accorciati dal lato concavo della curva, l'apofisi trasversa appare spostata posteriormente dal lato convesso e l'apofisi spinosa appare ruotata verso il lato concavo (*Figura 5*).<sup>54</sup>

Per quanto riguarda la rotazione assiale delle vertebre, essa è più accentuata a livello della vertebra apicale. Tale rotazione sposta i corpi vertebrali verso il lato convesso della curva ed i processi spinosi verso il lato concavo. A livello toracico, le coste vengono spostate posteriormente dal lato della convessità, dando luogo al cosiddetto "gibbo costale".<sup>7</sup> Nelle scoliosi toraciche più gravi questa asimmetria della gabbia toracica può causare una compromissione dei movimenti respiratori e debolezza della muscolatura con conseguente alterazione della normale dinamica respiratoria.<sup>55, 56</sup>



*Figura 5. Alterazioni anatomopatologiche della scoliosi sul piano assiale*

La deviazione scoliotica causa alterazioni anche dei tessuti molli circostanti la colonna: la componente legamentosa e quella muscolare perdono la loro elasticità, risultando stirati dal lato convesso della curva e retratti dal lato concavo. Tali alterazioni, a livello della muscolatura paravertebrale lombare, determinano la comparsa del “gibbo lombare”.<sup>57</sup>

## **1.8 ESAME CLINICO**

Secondo le linee guida nazionali della Società Italiana di Medicina Fisica e Riabilitativa (S.I.M.F.E.R.), non vi è alcuna evidenza scientifica che giustifichi la valutazione di adolescenti asintomatici attraverso un programma di screening per la scoliosi idiopatica. Ciò non esclude, però, l'importanza dell'individuazione precoce della scoliosi idiopatica, con lo scopo di attuare nel minor tempo possibile un trattamento conservativo, la cui efficacia è stata dimostrata da studi controllati e prospettici.<sup>2</sup>

La valutazione clinica riveste un ruolo insostituibile nella diagnosi, nell'inquadramento prognostico e nella scelta del trattamento della scoliosi idiopatica. Essa è suddivisa in tre fasi: l'anamnesi, l'esame obiettivo e la valutazione radiografica.

### **1.8.1 ANAMNESI**

In un paziente con sospetta scoliosi è importante raccogliere le seguenti informazioni:

- età anagrafica;
- decorso della gravidanza e del parto, ed eventuali complicazioni;
- sviluppo psicomotorio;
- eventuale familiarità per scoliosi;
- presenza di eventuali patologie genetiche e/o ereditarie che possano giustificare la presenza di scoliosi (scoliosi secondaria);
- raggiungimento della pubertà, indagando l'età del menarca nelle femmine e della disfonia della muta nei maschi;
- presenza di rachialgia;
- attività sportiva svolta, indagandone la tipologia e la frequenza;
- compliance nei confronti di eventuale ginnastica medica e/o di trattamento ortesico (solo nelle valutazioni successive alla diagnosi).<sup>58</sup>

### **1.8.2 ESAME OBIETTIVO**

Al fine di delineare le caratteristiche della curva in esame e valutare l'eventuale necessità di approfondimento attraverso l'esecuzione di una radiografia è indispensabile che l'esame obiettivo venga eseguito in maniera scrupolosa. L'esame inizia con la misurazione dell'altezza e del peso, parametri antropometrici utili nel determinare lo stato di accrescimento del paziente, soprattutto se confrontati con i valori raccolti nelle visite precedenti: una variazione staturale inferiore al centimetro in un periodo di tempo di 6 mesi permette di considerare la crescita longitudinale del paziente come prossima al completamento.<sup>59</sup>

Il paziente viene visitato senza indumenti, in posizione eretta, con i piedi paralleli leggermente divaricati e con le braccia rilassate lungo i fianchi; nel caso in cui indossi abitualmente un rialzo a correzione di un'eventuale eterometria degli arti inferiori, l'esame va eseguito utilizzando tale rialzo, per eliminare la componente funzionale della scoliosi.

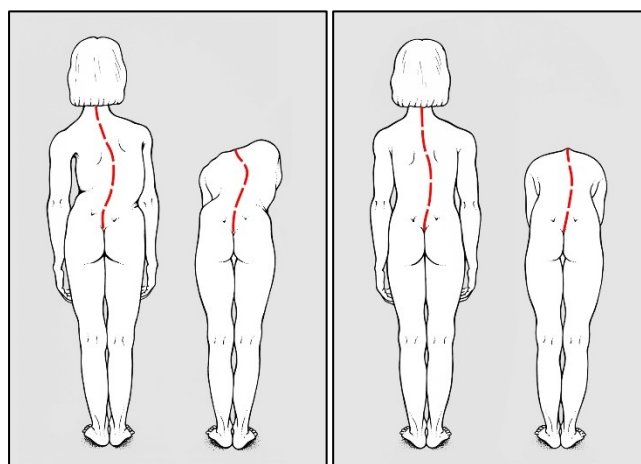


La valutazione sul piano frontale prevede il posizionamento del medico alle spalle del paziente ed indaga:

- eventuali asimmetrie del capo;
- eventuali asimmetrie delle spalle e delle scapole;
- eventuali asimmetrie del bacino, mediante l'osservazione delle spine iliache posterosuperiori (SIPS);
- eventuali asimmetrie dei triangoli della taglia, ossia degli spazi che si creano tra il profilo toracoaddominale medialmente ed il profilo interno dell'arto superiore rilassato lungo il fianco lateralmente;
- eventuale sbandamento del tronco rispetto al solco gluteo, misurato mediante l'apposizione di un filo a piombo a livello del processo spinoso di C7;
- eventuali asimmetrie delle pliche cutanee a livello dei fianchi e delle pieghe glutee e poplitee;
- eventuale presenza di discromie cutanee a livello del dorso, noduli sottocutanei e lentiggini ascellari, elementi che pongono il sospetto di scoliosi secondaria a neurofibromatosi.<sup>8</sup>

Per la valutazione del profilo sagittale, invece, il medico si posiziona lateralmente al paziente e valuta le curvature fisiologiche del rachide (lordosi cervicale, cifosi toracica e lordosi lombare) e una loro eventuale alterazione, sia essa un'accentuazione o una riduzione. Per misurare l'ampiezza di tali curve esistono in commercio diversi strumenti: a Padova, nella pratica clinica, viene utilizzato l'Inclimed®, uno strumento validato da Gravina et al. nel 2012 presso. Si tratta di un goniometro circolare tascabile, a indice pesante ed ago-bussola che, montato su appositi supporti, permette di misurare gli angoli di superficie del rachide sul piano sagittale in assetto statico. Tali misurazioni avvengono attraverso il posizionamento dell'Inclimed® in tre punti di repere: S2, T12 e T1. Sommando i valori rilevati in S2 e T12 si ottiene l'ampiezza della lordosi lombare, mentre sommando i valori di T12 e T1 si ottiene l'ampiezza della cifosi toracica.<sup>60, 61</sup> Sul piano sagittale il medico valuta anche l'asse del bacino, ricercando un'eventuale antiversione o retroversione.

Infine, sul piano trasversale, viene ricercata l'eventuale presenza di gibbi. Per fare ciò, il medico, ponendosi anteriormente (per gibbi lombari o toracolombari) o posteriormente (per gibbi toracici)<sup>62</sup> al paziente, lo invita a flettere lentamente il busto in avanti, mantenendo le ginocchia estese e le braccia rilassate verso il basso. Questa procedura prende il nome di Test di Adams (o Forward Bending Test)<sup>63</sup>. Nel 1865 William Adams fu il primo ad osservare fenomeni di rotazione assiale delle vertebre durante la palpazione dei processi spinosi di un suo paziente: egli capì che questi fenomeni di rotazione erano responsabili delle asimmetrie del tronco e della comparsa dei gibbi in flessione anteriore.<sup>64</sup> La positività al test di Adams, permette di distinguere con certezza una scoliosi strutturale da una funzionale (*Figura 6*).<sup>7</sup>



*Figura 6. Esecuzione dei test di Adams. Nell'immagine a sinistra si apprezza la presenza del gibbo, a conferma della presenza di una forma di scoliosi strutturale. A destra, l'esito negativo del test depone a favore di una forma di scoliosi funzionale.*

Dopo aver confermato la presenza di gibbi e la loro sede, il medico passa alla loro misurazione, mediante l'utilizzo di appositi strumenti:

- lo scoliometro di Bunnell (*Figura 7*), un inclinometro costituito da una livella curva che viene posto sul dorso del paziente in flessione anteriore, avendo cura di posizionare il grado 0 a livello delle spinose. Questo strumento permette di misurare in maniera semplice l'angolo di inclinazione del tronco (ATI) provocato dalla deformità scoliotica.<sup>65</sup> Diversi studi hanno confermato che l'ATI costituisce una valida misura clinica dell'asimmetria del rachide ed è correlato all'angolo Cobb della curva<sup>66, 67</sup>;



Figura 7. Scolometro di Bunnel

- il gibbometro di Ferraro, costituito da un'asta orizzontale millimetrata, recante al centro una bolla di livello, e da tre aste verticali millimetriche raccordate all'asta orizzontale con delle guide; le due aste laterali godono di movimento verticale e orizzontale, mentre l'asta centrale di solo movimento verticale. Durante l'esecuzione del test di Adams, l'asta verticale centrale viene allineata ai processi spinosi mentre quella dal lato del gibbo viene posizionata sul suo apice; l'asta controlaterale viene poi regolata in modo da essere equidistante dai processi spinosi rispetto all'apice del gibbo. Rilevando il valore indicato da quest'ultima asta, dopo avere messo a livello la bolla, si ottiene l'altezza del gibbo in millimetri.<sup>68</sup> Tale misura risulta essere strettamente correlata all'angolo Cobb della curva.<sup>69</sup>



Figura 8. Gibbometro di Ferraro

Infine, per completare l'esame obiettivo, è possibile eseguire alcune valutazioni a paziente disteso. In posizione supina, mediante l'utilizzo di un metro da sarta, si individua la lunghezza degli arti inferiori, misurando la distanza tra la spina iliaca anterosuperiore (SIAS) ed il malleolo mediale. Arti inferiori di lunghezza diversa possono essere alla base di un'obliquità pelvica e, di conseguenza, di una scoliosi funzionale, facilmente correggibile attraverso l'uso di un rialzo da posizionare a livello dell'arto più corto.<sup>8</sup> Sempre in posizione supina può essere ricercata un'eventuale iperlassità legamentosa, considerata da alcuni autori come fattore predisponente ad una progressione della curva scoliotica.<sup>70, 71</sup> In posizione prona, invece, si valuta la presenza di eventuali contratture muscolari a livello del rachide.

### **1.8.3 VALUTAZIONE RADIOGRAFICA**

La radiografia del rachide in ortostatismo è un esame essenziale per poter porre diagnosi di scoliosi e per la valutazione del paziente nel follow-up.<sup>72</sup> La prima valutazione radiografica, viene solitamente richiesta sia in proiezione anteroposteriore che in proiezione laterolaterale, mentre le radiografie di controllo vengono richieste in sola proiezione anteroposteriore, salvo diverso parere del clinico.<sup>2</sup>

La popolazione coinvolta è prevalentemente pediatrica e l'esecuzione di radiografie espone i soggetti a dosi importanti di radiazioni ionizzanti. Per questo motivo, si consiglia di limitare il numero di radiografie ad una all'anno e di effettuare il minor numero di proiezioni possibile.<sup>5</sup> È stato inoltre stabilito di utilizzare strumenti non invasivi come lo scoliometro di Bunnel per valutare la necessità o meno di eseguire approfondimenti radiografici: nello specifico, con un ATI inferiore a 5° non è necessario procedere con l'esecuzione di un esame radiografico, mentre con un ATI superiore ai 10° la radiografia è necessaria; per valori compresi tra 5° e 10° è prevista una rivalutazione clinica a distanza di 6 mesi.<sup>2, 72</sup> Anche l'utilizzo del gibbometro di Ferraro può contribuire alla valutazione della necessità di eseguire una radiografia e, utilizzato nel follow-up, permette di riconoscere un eventuale miglioramento o peggioramento della curva, eliminando la necessità di eseguire radiografie seriate ad intervalli di tempo ravvicinati. Inoltre,

durante l'esecuzione dell'esame, è indispensabile adottare ogni accorgimento possibile per ridurre al minimo l'esposizione del paziente alle radiazioni attraverso l'utilizzo di pellicole ad elevata sensibilità, opportune filtrazioni e la schermatura gonadica.<sup>73</sup>

L'esecuzione dell'esame radiografico deve essere effettuata in maniera rigorosa dal momento che dai radiogrammi vengono misurati dei parametri che forniscono valori numerici su cui si basano la diagnosi, la strategia terapeutica ed il follow-up del paziente.<sup>74</sup> Dall'osservazione del radiogramma in proiezione anteroposteriore in ortostatismo si ottengono le seguenti informazioni:

- il numero delle curve scoliotiche e la loro sede;
- l'entità di ogni curva, misurata con il metodo di Cobb (*Figura 2*, pag. 2). Tale misurazione viene solitamente effettuata dall'operatore direttamente sulla lastra con squadra e matita, con un margine di errore medio di circa 5° Cobb.<sup>75</sup>  
<sup>76</sup> Più recentemente sono stati introdotti metodi di misurazione dell'immagine digitale, applicabili direttamente da PC o smartphone, che permettono di ridurre gli errori a 1,22°-3,6°.<sup>77, 78</sup> L'angolo di Cobb rappresenta uno dei principali parametri su cui si basa la scelta terapeutica;

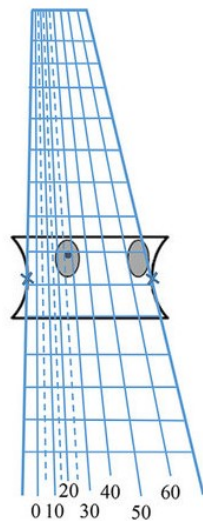
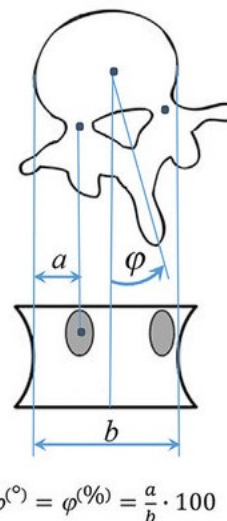


Figura 9. Torsionometro di Perdriolle



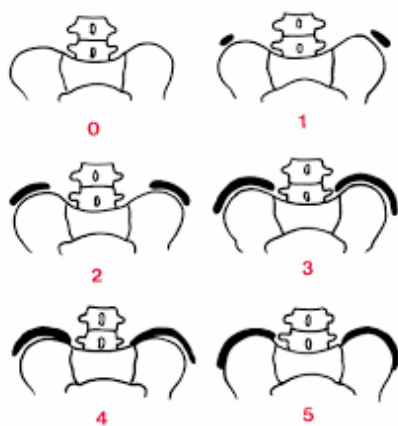
$$\varphi(^{\circ}) = \varphi(^{\circ}\%) = \frac{a}{b} \cdot 100$$

Figura 10. Metodo di Nash Moe

- il grado di rotazione assiale delle vertebre, misurato a livello della vertebra apicale attraverso l'utilizzo di strumenti come il torsionometro di Perdriolle (*Figura 9*) o il regolo di Raimondi, o l'applicazione di metodi matematici,

come, ad esempio, Cobb e Nash Moe<sup>79-81</sup>. Sebbene si tratti di una misura approssimativa della rotazione vertebrale, l'indice di Nash Moe è riconosciuto dalla comunità scientifica ed il più utilizzato nella pratica clinica (*Figura 10*)<sup>82, 83</sup>,

- il grado di maturità scheletrica, misurato tramite il test di Risser, che si basa sulla comparsa del nucleo di ossificazione dell'apofisi iliaca e sul suo accrescimento in direzione latero-mediale fino alla completa fusione con l'ala iliaca che, però, avviene in direzione opposta. A seconda del grado di ossificazione e fusione delle apofisi iliache si possono individuare sei diversi stadi Risser, dove con 0 si indica l'assenza di ossificazione e con 5 la completa fusione con l'ala iliaca (*Figura 11*)<sup>73, 84</sup>. L'inizio della pubertà corrisponde solitamente alla comparsa del nucleo di ossificazione mentre allo stadio 4 si considera praticamente ultimata la crescita della colonna<sup>85</sup>;



*Figura 11. Valutazione del grado di maturità scheletrica secondo Risser*

- l'eventuale presenza di eterometria degli arti inferiori, oggettivabile valutando la simmetria delle creste iliache;
- l'eventuale sbandamento del torace rispetto al sacro (trunk shift);
- la distanza dell'apice della curva dalla verticale passante per C7 (AVT, apical vertebral translation);
- l'eventuale sbandamento di C7 rispetto alla linea sacrale media.

La radiografia in proiezione laterolaterale, eseguita in ortostatismo con gli arti superiori sollevati a 45°, viene richiesta, salvo eccezioni, solamente nel corso della

prima valutazione radiografica. Essa permette di misurare le curvature fisiologicamente presenti sul piano sagittale, che possono subire alterazioni importanti nei pazienti con scoliosi. Il range fisiologico delle curve sul piano sagittale è compreso tra i 20° ed i 40° per la cifosi toracica e tra i 20° ed i 55° per la lordosi lombare; la lordosi cervicale ha un valore medio di circa 35°. <sup>73</sup>

Di rado, e solo in presenza di scoliosi molto gravi, può essere utile effettuare ulteriori accertamenti con indagini di secondo livello, come radiografie durante l'esecuzione di test funzionali, tomografie computerizzate o risonanze magnetiche.

## 1.9 TRATTAMENTO

L'obiettivo primario del trattamento della scoliosi è evitare un'ulteriore progressione della curva scoliotica, definita come l'aumento di almeno 5° Cobb tra due controlli clinici a distanza di 4-6 mesi. <sup>5,8</sup> A questo si aggiungono altri obiettivi, come la prevenzione e/o il trattamento delle disfunzioni respiratorie, il trattamento delle rachialgie ed il miglioramento estetico, fattori che, complessivamente, permettono di migliorare la qualità di vita del paziente. <sup>5</sup> Infatti, le deformità che possono svilupparsi in una scoliosi non trattata, così come le loro conseguenze da un punto di vista respiratorio, funzionale ed estetico, sono causa di una compromissione della qualità di vita del paziente; non vi è, invece, alcuna associazione tra la scoliosi ed un aumento dei tassi di mortalità. <sup>86-88</sup>

L'ampiezza della curva scoliotica al momento della diagnosi risulta essere determinante nella scelta dell'approccio terapeutico da parte del clinico, il quale può optare per un trattamento conservativo, comprendente la semplice osservazione, la fisioterapia specifica e/o l'utilizzo del busto, o per il trattamento chirurgico. <sup>5</sup> A seconda della gravità della curva, i trattamenti vengono così suddivisi:

- per curve comprese tra 10° e 20° Cobb, sono consigliate valutazioni cliniche seriate fino al raggiungimento della maturità ossea; viene inoltre consigliato di praticare attività sportiva in genere e, in casi selezionati, esercizi di ginnastica medica, al fine di prevenire un eventuale peggioramento. Non vi è indicazione al trattamento ortesico;

- per curve comprese tra 20° e 45° Cobb il trattamento d'elezione è quello ortesico, unito ad esercizi specifici di ginnastica medica che contribuiscono al miglioramento del risultato;
- per curve superiori a 45° Cobb il trattamento chirurgico deve essere preso in considerazione, al fine di correggere chirurgicamente le deformità nei tre piani dello spazio.<sup>89</sup>

Queste indicazioni sono da applicarsi in linea generale ma è fondamentale che il clinico valuti con attenzione ogni singolo caso al fine di personalizzare il percorso terapeutico; nel fare ciò, il medico deve considerare sia fattori oggettivi, come, ad esempio, l'età del paziente, l'entità della curva ed il suo potenziale evolutivo, che fattori soggettivi, legati alle esigenze del paziente e della sua famiglia ed alla sua capacità di affrontare la malattia. Quest'ultimo aspetto, infatti, è di fondamentale importanza in quanto il coinvolgimento del paziente e della famiglia nella scelta del percorso terapeutico contribuisce ad aumentare l'aderenza terapeutica al trattamento.<sup>90, 91</sup>

### **1.9.1 OSSERVAZIONE**

L'osservazione rappresenta il primo approccio nel trattamento conservativo della scoliosi idiopatica e consiste in una valutazione clinica regolare con intervalli che variano dai 2-3 mesi ai 36-60 mesi, a seconda del singolo caso. Inoltre, non è necessario accompagnare ogni valutazione clinica ad una valutazione radiologica, che deve essere richiesta solo se necessario e, se possibile, non più di una volta all'anno.<sup>5</sup>

### **1.9.2 GINNASTICA MEDICA**

La ginnastica medica rappresenta il secondo livello di trattamento conservativo e, a seconda della gravità della curva scoliotica, può essere eseguita da sola o in associazione al trattamento ortesico. L'esecuzione di esercizi fisioterapici specifici per la scoliosi (PSSE, *physiotherapeutic scoliosis-specific exercises*) si è dimostrata molto efficace nel riequilibrare il tono della muscolatura paravertebrale, con l'obiettivo di ottenere una buona autocorrezione della curva



scoliotica, conservare la funzionalità respiratoria e sviluppare una buona stabilità posturale.<sup>92</sup>

La frequenza delle sedute varia da un minimo di due ad un massimo di sette a settimana, a seconda delle necessità del paziente e della sua capacità di affrontare il trattamento. Per quanto riguarda le sessioni ambulatoriali a lungo termine la frequenza varia solitamente da 2 a 4 sedute a sedute a settimana. I programmi riabilitativi vengono redatti da fisioterapisti specializzati nel trattamento di questa patologia e vengono personalizzati sulla base delle caratteristiche della curva e delle esigenze del paziente.

Esiste la possibilità, in casi selezionati, di eseguire una riabilitazione intensiva in regime di ricovero (SIR, special inpatient rehabilitation): i pazienti che necessitano questo tipo di trattamento trascorrono diverse settimane (da 3 a 6) presso una struttura sanitaria specializzata, dove si sottopongono ad un trattamento di ginnastica medica intensiva per diverse ore al giorno.<sup>5</sup>

### **1.9.3 TRATTAMENTO ORTESICO**

Il trattamento ortesico rappresenta il terzo ed ultimo livello di trattamento conservativo e consiste nell'utilizzo di un busto (o corsetto) ortopedico. Ancora una volta, l'obiettivo principale è evitare la progressione della curva: di rado, infatti, è possibile ottenere una correzione totale della curva, ma, spesso, si riescono ad ottenere discreti miglioramenti.<sup>5</sup>

Il corsetto permette di esercitare forze correttive esterne di trazione, distrazione e pressione localizzata, che prevengono lo sviluppo di forze torsionali durante la deambulazione, forze reattive lordosizzanti e forze compressive asimmetriche correlate alla postura passiva; consentono, inoltre, di ridurre il disequilibrio muscolare causato dalla curva scoliotica e di produrre forze derotazionali che coinvolgano i meccanismi respiratori.<sup>93</sup>

Esistono svariate tipologie di busto e sono le caratteristiche della curva e del paziente a determinare quale sia il più adatto per ogni situazione, così come il numero di ore in cui dovrà essere indossato: il busto potrà essere prescritto a tempo parziale (8-20 ore al giorno) o a tempo pieno (20-24 ore al giorno), permettendo in

questo caso la rimozione dello stesso solo per l'igiene personale e per la pratica della ginnastica medica.<sup>5</sup> È fondamentale, infatti, associare l'utilizzo dell'ortesi all'esecuzione di specifici esercizi di ginnastica medica, da eseguire in busto e fuori busto nel caso di prescrizione a tempo pieno, mentre solo fuori busto in caso di prescrizioni a tempo parziale e nella fase di svezzamento.<sup>94</sup>



Figura 12. Corsetto Milwaukee



Figura 13. Corsetto Lionese



Figura 14. Corsetto Agostini



Figura 15. Corsetto Cheneau

Attualmente, presso l'Azienda ospedaliera di Padova, i corsetti più utilizzati sono:

- il corsetto Milwaukee, il cui utilizzo è consigliato prima della pubertà per intercettare curve più malleabili. La sua struttura si estende oltre il torace, con un'armatura cervicale cui sono fissati due sostegni (uno anteriore ed uno posteriore) che stimolano il paziente ad effettuare continuamente esercizi di allungamento. È l'unico corsetto con una conformazione tale da agire su curve toraciche che si estendono al tratto cervicale. La sua prescrizione, però, è notevolmente in calo, a causa della scarsa aderenza dovuta al suo ingombro (*Figura 12*)<sup>95</sup>;
- il corsetto Lionese, un tempo scelto per proseguire il trattamento dopo il busto gessato. Attualmente è indicato per la correzione di curve gravi (fino a 40° Cobb) con gibbo fino a 20 mm. La sua conformazione ne consente l'utilizzo per curve con limitante superiore fino a T8-T7 ma, opportunamente modificato, può essere impiegato anche per curve più alte (*Figura 13*)<sup>96</sup>;
- il corsetto Agostini, indicato per il trattamento di scoliosi lombari e toracolumbari (con apice non superiore a T10) con entità inferiore a 25°-30° Cobb. È ben tollerato dal paziente e, per questo motivo, può essere prescritto anche prima dello scatto di crescita per curve di lieve entità (*Figura 14*)<sup>97</sup>;
- il corsetto Cheneau, consigliato in caso di doppie curve, curve toracolumbari e curve toraciche primarie, in presenza di gibbo inferiore ai 15 mm e in assenza di eccessiva rigidità del rachide (*Figura 15*).<sup>98</sup>

#### **1.9.4 TRATTAMENTO CHIRURGICO**

Qualora il trattamento conservativo sia risultato inefficace e l'entità della curva abbia superato i 45° Cobb vi è indicazione al trattamento chirurgico. Gli obiettivi, in questo caso, sono la correzione della deformità scoliotica sul piano frontale, sagittale ed assiale, la prevenzione di un'ulteriore progressione ed il miglioramento estetico.<sup>89</sup>

L'intervento consiste in un'incisione longitudinale attraverso la quale, dopo aver divaricato la muscolatura paravertebrale, vengono esposti i processi spinosi e le lamine coinvolti nella curva. L'applicazione di due barre longitudinali (una per

ciascun lato della colonna), fissate al corpo di ogni vertebra con delle viti peduncolari, consente di esercitare forze correttive esterne a livello della colonna, di tipo distrattivo dal lato concavo e di tipo compressivo dal lato convesso. L'ultima fase dell'intervento prevede la cruentazione delle lamine e dei processi articolari, con l'apposizione di trapianto osseo al fine di ottenere un'artrodesi solida.<sup>99</sup>

## **1.10 ATTIVITÀ SPORTIVA E SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE**

Le linee guida internazionali raccomandano che i pazienti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale partecipino attivamente all'attività sportiva, sia pur con modalità diverse a seconda del tipo di paziente, della gravità della curva scoliotica e del suo potenziale evolutivo.<sup>5</sup> La pratica regolare di attività sportiva, infatti, contribuisce allo sviluppo di maggiore autostima e benessere psicologico nel paziente.<sup>100</sup>

L'attività sportiva, però, non deve essere considerata un sostituto della ginnastica medica, né quest'ultima deve escludere la possibilità di praticare uno sport. L'attività sportiva, infatti, contribuisce al miglioramento della forma fisica e della funzionalità cardiopolmonare e mira a creare un'immagine positiva del proprio corpo; la ginnastica medica, invece, è stata specificamente sviluppata per trattare la deformità scoliotica, migliorare la stabilità posturale e limitare i deficit funzionali.

In merito alla scelta di quale sport praticare, non esistono evidenze che privilegino una disciplina a discapito di altre. Vale la pena, però, fare alcune osservazioni:

- il nuoto, storicamente consigliato come lo sport migliore per i soggetti affetti da scoliosi a causa della sua elevata simmetria di esecuzione, è stato recentemente associato alla comparsa di asimmetrie del tronco, ipercifosi e rachialgie<sup>101</sup>;
- per quanto riguarda sport asimmetrici, come il tennis e la scherma, non vi sono evidenze che li associno all'insorgenza o all'evoluzione della scoliosi<sup>102</sup>;

- sport che richiedono una buona flessibilità sono spesso praticati da ragazze affette da scoliosi: questo fatto può essere correlato ad un'aumentata prevalenza di iperlassità legamentosa nei soggetti scoliotici, caratteristica che rappresenta un vantaggio nella pratica di tali discipline. È però sconsigliato iniziare a praticare uno di questi sport successivamente alla diagnosi di scoliosi, a causa dell'importante mobilizzazione a cui è sottoposto il rachide.<sup>103</sup>



## **2. MOBILITÀ DEL RACHIDE**

### **2.1 ANATOMIA DEL RACHIDE**

Il rachide è un complesso formato da uno scheletro, la colonna vertebrale, unito da varie articolazioni e rivestito da numerosi muscoli che gli conferiscono stabilità e mobilità. Ha la funzione di sostegno della testa e del tronco; inoltre, accoglie e protegge il midollo spinale.

#### **2.1.1 COLONNA VERTEBRALE**

La colonna vertebrale è un complesso osseo formato da 33 o 34 ossa articolate tra loro, le vertebre, ed è situato nella parte dorsale di collo e tronco cui fornisce sostegno nella statica e nella dinamica.

La colonna vertebrale è suddivisa in cinque segmenti:

- il segmento cervicale, formato da sette vertebre, dà sostegno al collo. La prima vertebra si articola con i condili occipitali;
- il segmento toracico, costituito da dodici vertebre, dà sostegno al torace. Lateralmente le vertebre toraciche si articolano con le coste;
- il segmento lombare, formato da cinque vertebre, forma lo scheletro dell'addome;
- il segmento sacrale, costituito da cinque vertebre fuse a formare l'osso sacro, partecipa, assieme al coccige e alle ossa dell'anca alla costituzione dello scheletro della pelvi;
- il segmento coccigeo, formato da quattro o cinque vertebre unite a formare il coccige è un tratto rudimentale della colonna e, insieme al sacro e alle ossa dell'anca, contribuisce alla formazione dello scheletro della pelvi.

Sul piano frontale, in proiezione anteriore, la colonna è pressoché rettilinea. Sono appena visibili una curva concava a sinistra nel tratto toracico (probabilmente dovuta alla presenza del cuore e dell'arco aortico) e due curve minori di compenso concave a destra, nei tratti cervicale e lombare.

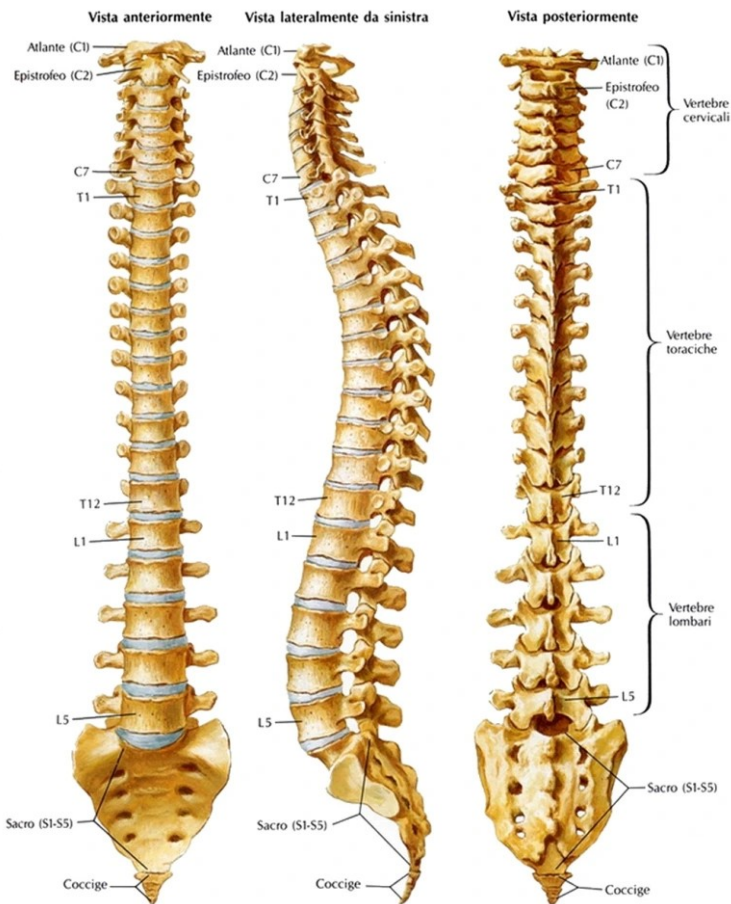


Figura 16. Colonna vertebrale in proiezione anteriore, laterale e posteriore

Sul piano sagittale, invece, in proiezione laterale, la colonna vertebrale presenta quattro curvature: una lordosi cervicale, a convessità anteriore, una cifosi toracica, a convessità posteriore, una lordosi lombare, a convessità anteriore, e una cifosi sacro coccigea a convessità posteriore. Le due cifosi sono curvature primarie e corrispondono all'atteggiamento di flessione che il feto assume nell'utero materno; le lordosi, invece, sono curve di compenso che si rendono evidenti dopo la nascita (quella cervicale quando il neonato inizia a sollevare la testa, quella lombare quando il bambino comincia ad assumere la posizione eretta e camminare) (Figura 16).

### 2.1.1.1 Caratteri generali delle vertebre

Le vertebre sono ossa brevi formate prevalentemente da tessuto osseo spongioso rivestito da uno strato sottile di tessuto osseo compatto. Nelle vertebre si riconoscono un corpo, situato ventralmente, ed un arco, in posizione



posterolaterale, che insieme delimitano il foro vertebrale. La sovrapposizione dei fori vertebrali di vertebre contigue da origine al canale vertebrale in cui è contenuto il midollo spinale.

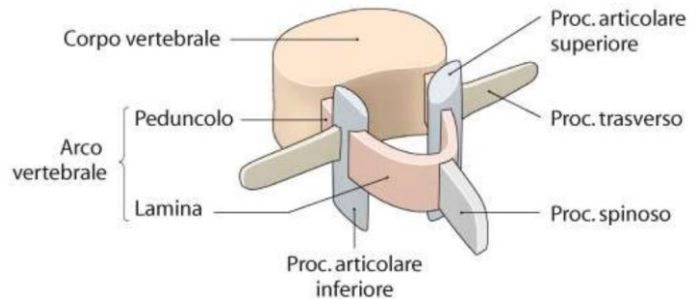


Figura 17. Struttura di una vertebra

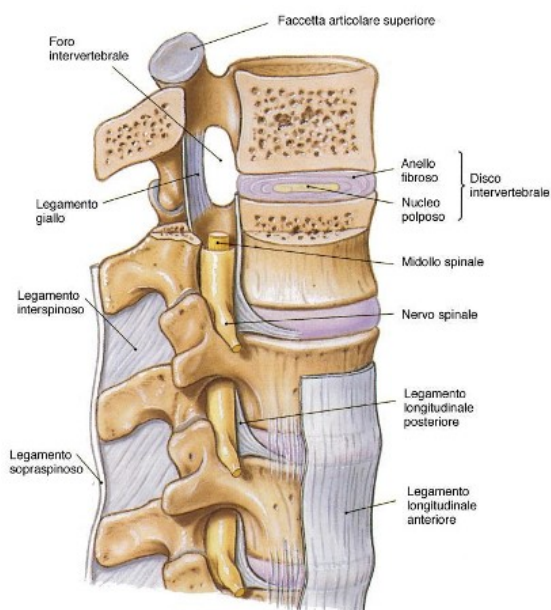
Il corpo vertebrale è la parte più voluminosa ed ha forma pressoché cilindrica. Su di esso si possono descrivere una porzione centrale, in cui l'osso spugnoso affiora in superficie, ed un anello periferico di osso compatto. Sono presenti due facce intervertebrali, superiore ed inferiore, leggermente concave al centro e rilevate alla periferia, ed un contorno o circonferenza concavo in senso verticale anterolateralmente, mentre posteriormente presenta una doccia, concava, in senso trasversale. Le facce intervertebrali sono articolate tra loro mediante l'interposizione del disco intervertebrale

L'arco vertebrale è formato, in senso ventrodorsale, da:

- i peduncoli, due lamine appiattite trasversalmente in senso ventrodorsale i cui margini superiore ed inferiore sono incavati a formare le incisure vertebrali superiore ed inferiore;
- le lamine, anch'esse appiattite ed inclinate dall'alto verso il basso e dorsalmente dove si riuniscono sulla linea mediana;
- i processi trasversi, che originano dall'unione dei peduncoli con le lame e si dirigono in fuori e posteriormente;
- i processi articolari, due superiori e due inferiori, che originano anch'essi dal punto di giunzione tra peduncoli e lamine;
- il processo spinoso, impari e mediano, che origina dalla confluenza posteriore delle due lamine e si porta indietro con inclinazione diversa a seconda del segmento vertebrale considerato (*Figura 17*).

## 2.1.2 ARTICOLAZIONI DELLA COLONNA VERTEBRALE

Le articolazioni della colonna vertebrale comprendono articolazioni tra le vertebre, definite intrinseche, e articolazioni della colonna con il cranio, le coste e le ossa dell'anca, definite estrinseche. Tra le articolazioni intrinseche si distinguono le articolazioni tra i corpi vertebrali, le articolazioni tra i processi articolari ed i legamenti a distanza che uniscono varie parti delle vertebre (*Figura 18*).



*Figura 18. Articolazioni della colonna in visione laterale*

### 2.1.2.1 Articolazioni tra i corpi vertebrali

Le articolazioni tra i corpi vertebrali sono delle sinfisi che si stabiliscono tra le facce intervertebrali dei corpi, leggermente concave e rivestite di cartilagine ialina; tra le superfici articolari è interposto un disco fibrocartilagineo biconvesso e l'articolazione è rinforzata dai legamenti longitudinale anteriore e posteriore.

I dischi intervertebrali sono costituiti da un anello fibroso periferico e da un nucleo polposo centrale. L'anello fibroso, dotato di notevole resistenza è formato da una fibrocartilagine più abbondante in fibre rispetto al nucleo polposo, più ricco di matrice extracellulare, condrociti e acqua. Le fibre dell'anello sono disposte in fasci che formano arcate con convessità esterna e fasci obliqui che penetrano nei corpi di vertebre continue. Il nucleo polposo è molle, di aspetto gelatinoso ed in

posizione eccentrica, anteriore nel segmento cervicale e posteriore nei segmenti toracico inferiore e lombare.<sup>104</sup>

L'organizzazione strutturale e la composizione chimica del disco intervertebrale lo rendono un ottimo ammortizzatore idraulico, capace di impedire la compressione dei corpi vertebrali sotto carico. Il disco intervertebrale, inoltre, permette la distribuzione delle forze che agiscono sul corpo vertebrale soprastante, anche quando la sollecitazione meccanica non agisce in modo centrale sulla vertebra.<sup>105</sup>

### **2.1.2.2 Articolazioni tra i processi articolari**

Le articolazioni tra i processi articolari sono costituite da artrodie che si stabiliscono tra le faccette articolari inferiori e quelle superiori di vertebre contigue. Le superfici articolari, ricoperte da membrana sinoviale, sono prevalentemente piane, lievemente incurvate soltanto nelle vertebre lombari: a questo livello, infatti, la conformazione delle faccette permette alle vertebre maggiori movimenti di scivolamento garantendo al rachide lombare un'ampia flessione-estensione.

I mezzi di unione sono dati dalle capsule articolari che si inseriscono in vicinanza delle superfici articolari.

### **2.1.2.3 Legamenti a distanza**

Numerosi legamenti rinforzano le articolazioni della colonna vertebrale, limitandone la mobilità. Il legamento longitudinale anteriore è un lungo nastro che aderisce alla faccia anteriore dei corpi vertebrali ed in parte ai dischi intervertebrali, dall'osso occipitale fino alla faccia pelvica del sacro. Il legamento longitudinale posteriore è posto sulla faccia posteriore dei corpi vertebrali all'interno del canale vertebrale e si estende dall'osso occipitale fino al canale sacrale.

I legamenti gialli sono legamenti rettangolari tesi tra il margine inferiore di una lamina vertebrale ed il margine superiore della lamina sottostante; sono due per ogni coppia di vertebre e chiudono gli spazi interposti alle lamine. I legamenti interspinosi uniscono il margine inferiore di un processo spinoso al margine superiore del processo spinoso sottostante; ventralmente continuano nei legamenti

gialli. Il legamento sopraspinoso è un cordone fibroso teso dall'osso occipitale fino alla faccia dorsale del sacro; unisce gli apici dei processi spinosi e si fonde in avanti con il margine posteriore dei legamenti interspinosi. I legamenti intertrasversari sono fasci fibrosi che uniscono gli apici dei processi trasversi; sono poco sviluppati nel segmento cervicale della colonna ed aumentano di consistenza nei segmenti toracico e lombare.

L'insieme di questi legamenti fornisce stabilità a tutto il rachide: sebbene essi rappresentino la componente limitante dei movimenti fungono da elemento protettivo nei confronti di un eccessivo scorrimento tra le vertebre.

### 2.1.3 MUSCOLI DEL RACHIDE

I muscoli del rachide sono i principali responsabili dei movimenti della colonna e, insieme ai legamenti, della sua stabilizzazione. Essi sono disposti in tre strati sovrapposti: nel piano superficiale si trovano i muscoli che originano dalla colonna vertebrale e si inseriscono all'arto superiore; nello strato intermedio sono presenti i muscoli che si portano dalle vertebre alle coste; nel piano profondo si trovano i muscoli che hanno origine ed inserzione sulla colonna vertebrale. Anche i muscoli della parete addominale contribuiscono ai movimenti ed alla stabilizzazione del rachide.

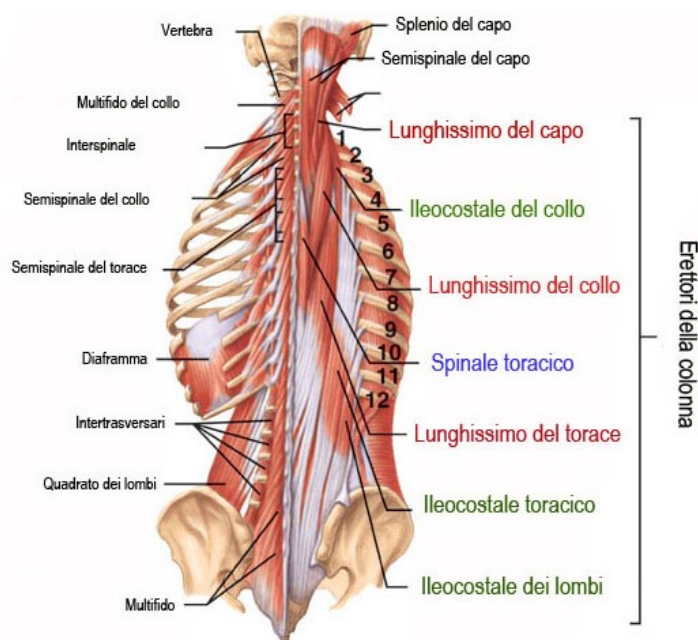


Figura 19. Muscoli del rachide

### **2.1.3.1 Muscoli spinoappendicolari**

I muscoli del piano superficiale, detti spinoappendicolari, sono cinque muscoli che si dispongono in due strati: superficialmente si trovano i muscoli trapezio e grande dorsale, profondamente, i muscoli piccolo romboide, grande romboide ed elevatore della scapola.

Il muscolo trapezio è un ampio muscolo appiattito di forma triangolare che, assieme al controlaterale, forma una losanga estesa dalla nuca alla parte inferiore del torace. Se il muscolo prende punto fisso sulla colonna, solleva la scapola con la parte discendente, la sposta medialmente con la parte trasversa e la abbassa con la parte ascendente; se prende punto fisso sulla scapola, inclina la testa dal proprio lato e, se contratto bilateralmente, innalza il tronco.

Il muscolo grande dorsale è un ampio muscolo appiattito anch'esso di forma triangolare, in parte ricoperto dal muscolo trapezio nella sua estremità superiore. Quando il muscolo prende punto fisso sul tronco, porta l'omero indietro e medialmente e lo intraruota; se prende punto fisso sull'omero, solleva il tronco e le coste.

I muscoli piccolo e grande romboide sono posti profondamente al muscolo trapezio e uniscono la colonna vertebrale al margine mediale della scapola; entrambi i muscoli spostano medialmente la scapola.

Il muscolo elevatore della scapola si porta dalla regione posterolaterale del collo al margine mediale della scapola profondamente al muscolo trapezio; solleva e sposta medialmente la scapola.

### **2.1.3.2 Muscoli spinocostali**

I muscoli del piano intermedio, detti spinocostali, sono muscoli appiattiti posti profondamente ai precedenti. Sono rappresentati dai muscoli dentato posteriore superiore e dentato posteriore inferiore, uniti dalla lamina posteriore della fascia toracolombare. I muscoli dentati posteriori agiscono sulle coste partecipando ai movimenti respiratori; il dentato posteriore superiore solleva le

coste ed è un muscolo inspiratorio, mentre il dentato posteriore inferiore le abbassa ed è un muscolo espiratorio.

### **2.1.3.3 Muscoli spinodorsali (o propri del dorso)**

I muscoli del piano profondo sono situati a ridosso della colonna vertebrale, nel solco compreso tra i processi spinosi delle vertebre e gli angoli costali. Si estendono dalla base del cranio alla faccia posteriore del sacro, rivestiti dalla lamina posteriore della fascia toracolombare che li separa dai muscoli dei piani più superficiali ed agiscono modificando l'assetto della colonna vertebrale.

I muscoli spinotrasversari sono rappresentati dai muscoli splenio della testa e splenio del collo. Il muscolo splenio della testa è situato profondamente al trapezio, allo sternocleidomastoideo ed al dentato posteriore superiore e superficialmente al muscolo erettore della colonna; inclina ed estende la testa ruotandola dal proprio lato, la estende se si contrae bilateralmente. Il muscolo splenio del collo è situato profondamente ai muscoli dentato posteriore superiore e ai muscoli romboidi e superficialmente al muscolo erettore della colonna; estende la colonna cervicale.

Il muscolo erettore della colonna, o muscolo sacrospinale, è un lungo muscolo esteso dal sacro alla nuca, in cui si possono distinguere tre parti:

- il muscolo ileocostale, più laterale, suddiviso a sua volta in muscolo ileocostale dei lombi e del collo;
- il muscolo lunghissimo, in posizione intermedia, può essere suddiviso in muscolo lunghissimo del torace, del collo e della testa;
- il muscolo spinale, più mediale dei tre, può essere anch'esso diviso in muscolo spinale del torace, del collo e della testa.

Il muscolo erettore della colonna estende la colonna ed è fondamentale per il mantenimento della stazione eretta. Se si contrae da un solo lato inclina la colonna; i muscoli che si inseriscono alla testa la estendono ed inclinano dal proprio lato.

I muscoli trasversospinali si estendono dal sacro alla base del cranio e sono posti profondamente al muscolo erettore della colonna; originano dai processi

trasversi delle vertebre e si inseriscono ai processi spinosi. Sono suddivisi in tre parti, dalla superficie alla profondità:

- i muscoli semispinali, i più superficiali sono costituiti dai muscoli semispinali del torace, del collo e della testa;
- i muscoli multifidi, suddivisi in muscoli multifidi dei lombi, del torace e del collo;
- i muscoli rotatori, più profondi tra i trasversospinali, possono essere suddivisi in muscoli rotatori dei lombi, del torace e del collo.

I muscoli trasversospinali estendono la colonna vertebrale e la ruotano dal lato opposto; i muscoli che si inseriscono all'osso occipitale estendono la testa e la ruotano dal lato opposto.

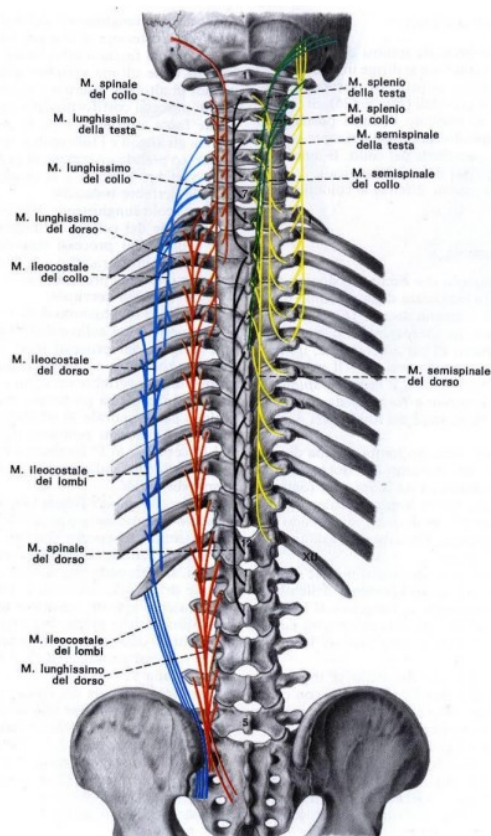


Figura 20. Inserzione dei muscoli spinodorsali nei piani superficiale ed intermedio

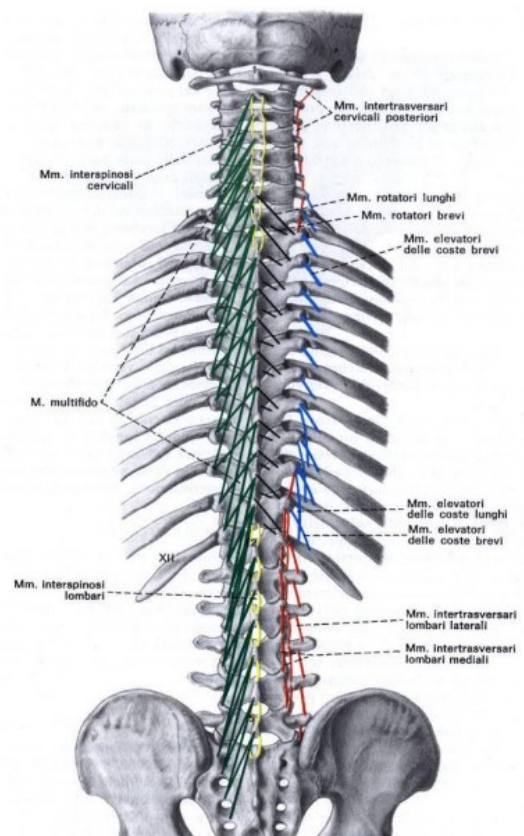


Figura 21. Inserzione dei muscoli spinodorsali nei piani intermedio e profondo

I muscoli interspinosi sono piccoli muscoli tesi tra i processi spinosi di vertebre contigue lateralmente ai legamenti interspinosi; sono muscoli estensori

della colonna. I muscoli intertrasversari sono formati da brevi fasci tesi tra i processi trasversi di vertebre contigue; inclinano la colonna vertebrale dal proprio lato e, se contratti bilateralmente, la stabilizzano.

#### **2.1.3.4 Muscoli anterolaterali della parete addominale**

I muscoli anterolaterali della parete addominale sono rappresentati da due muscoli posti anteriormente, il retto anteriore dell'addome ed il piramidale, e da tre muscoli laterali, appiattiti e sovrapposti, l'obliquo esterno, l'obliquo interno ed il trasverso dell'addome.

Il muscolo retto anteriore dell'addome è una spessa lamina muscolare che si estende dalla gabbia toracica alla pelvi, decorrendo ai lati della linea alba; abbassa le coste agendo come muscolo espiratorio, flette il torace sulla pelvi o, viceversa, aumenta la pressione addominale. Il muscolo piramidale, di forma triangolare con base inferiore, è un piccolo muscolo posto nella porzione inferiore della parete addominale; tende la linea alba.

Il muscolo obliquo esterno dell'addome è un ampio muscolo appiattito che si porta dalla gabbia toracica alla pelvi, decorrendo dall'alto in basso e da dietro in avanti. Abbassa le coste agendo come muscolo espiratorio; se si contrae da un solo lato inclina la colonna lombare dal proprio lato e ruota il torace dalla parte opposta, se si contrae da entrambi i lati, flette la colonna lombare. Aumenta la pressione addominale.

Il muscolo obliquo interno dell'addome è un'ampia lamina muscolare situata profondamente al muscolo obliquo esterno. Dalla parte inferiore dell'addome si dirige alla gabbia toracica, con decorso dal basso verso l'alto e da dietro in avanti. Inclinare la colonna lombare ed il torace dal proprio lato; se si contrae bilateralmente, flette la colonna ed abbassa le coste agendo da muscolo espiratorio. Aumenta la pressione addominale.

Il muscolo trasverso dell'addome è un'ampia lamina muscolare situata profondamente al muscolo obliquo interno, le cui fibre sono disposte trasversalmente con direzione posteroanteriore. Abbassa le coste agendo come



muscolo espiratore; insieme ai muscoli obliquo interno e obliquo esterno aumenta la pressione addominale.

### **2.1.3.5 Muscoli posteriori della parete addominale**

I muscoli posteriori della parete addominale sono i muscoli quadrato dei lombi, ileopsoas e piccolo psoas. Il muscolo quadrato dei lombi è un muscolo quadrilatero appiattito teso tra la dodicesima costa e la cresta iliaca; abbassa la dodicesima costa ed inclina lateralmente la colonna lombare e la pelvi.

Il muscolo ileopsoas è costituito da due parti, il muscolo grande psoas, che origina dalla colonna lombare, ed il muscolo iliaco, che origina dalla fossa iliaca; i due muscoli si uniscono distalmente per inserirsi al piccolo trocantere del femore. Se prende punto fisso sulla colonna e sul bacino è il principale flessore della coscia che, inoltre, adduce ed extraruota; se prende punto fisso sul femore flette il tronco e lo inclina dal proprio lato. Il muscolo piccolo psoas, lungo e sottile, situato ventralmente al muscolo grande psoas, è un muscolo rudimentale che può anche mancare; tende la fascia iliaca e partecipa alla flessione del tronco.<sup>104</sup>

## **2.2 BIOMECCANICA DEL RACHIDE**

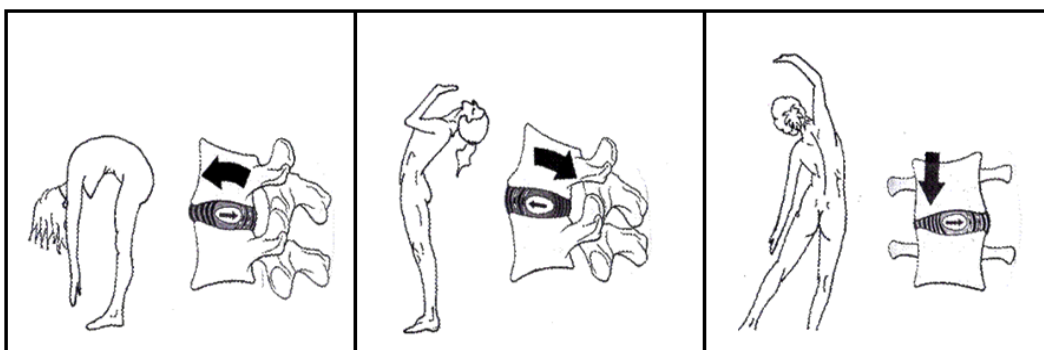
Il rachide può essere considerato come una leva di primo genere, dove il fulcro corrisponde al disco intervertebrale, la resistenza alla forza di gravità e la potenza alla forza generata dai muscoli e dalle altre parti molli situate sul versante opposto a quello verso cui agisce la forza di gravità. Mentre il mantenimento di una posizione statica richiede che i momenti prodotti a livello del rachide siano in equilibrio, per effettuare un movimento è necessario rompere questo equilibrio.

Durante la flessione del rachide (*Figura 22*), a partire dalla stazione eretta, il corpo di ciascuna vertebra si inclina rispetto a quello della vertebra sottostante e scivola leggermente in avanti; il nucleo polposo, sottoposto ad una pressione elevata, assume una forma a cuneo a base posteriore e viene spinto all'indietro contro le fibre dell'anulus, che si comportano come degli elastici contribuendo, insieme ai muscoli, a frenare ed arrestare il movimento. I muscoli posteriori del rachide si contraggono eccentricamente con una forza proporzionale alla velocità

del movimento, agendo da freno ad esso, aiutati in questa azione dalle altre parti molli posteriori; il contributo di queste strutture è tanto maggiore quanto maggiore è la flessione del tronco. I muscoli posteriori del tronco, inoltre, hanno la funzione di ridurre e distribuire i carichi armoniosamente sulle strutture vertebrali; agendo da tiranti posteriori, proteggono le strutture del rachide dai possibili effetti negativi di un carico incontrollato.

Durante l'estensione del rachide (*Figura 22*), il corpo di ogni vertebra si inclina rispetto a quello delle vertebre sottostanti e scivola leggermente indietro; il nucleo polposo assume una forma a cuneo a base anteriore e viene spinto in avanti contro le fibre anteriori dell'anulus, mettendo in tensione il legamento longitudinale anteriore. Le faccette articolari inferiori si avvicinano alle faccette articolari superiori della vertebra sottostante ed i processi spinosi entrano in contatto tra loro. Mentre il movimento di flessione è limitato dal tensionamento dell'apparato legamentoso posteriore, il movimento di estensione è limitato dalla presenza dei processi articolari e spinosi e dal tensionamento del legamento longitudinale anteriore.

Il movimento di flessoestensione del rachide è sempre accompagnato dalla rotazione del bacino rispetto al suo asse passante per le teste femorali: tale rotazione aumenta l'inclinazione della faccia superiore del sacro rispetto al piano orizzontale e proietta il rachide lombare al suolo.



*Figura 22. Movimenti di flessione, estensione ed inclinazione laterale del rachide*

Durante l'inclinazione laterale del rachide (*Figura 22*), che si accompagna sempre ad una rotazione dei corpi vertebrali verso la convessità del movimento, il

corpo della vertebra soprastante si inclina dal lato concavo ed il nucleo polposo viene spinto verso il lato convesso, dove incontra la resistenza delle fibre dell'anulus. I legamenti gialli e la capsula articolare risultano tesi dal lato convesso mentre sono rilassati dal lato concavo del movimento.

La rotazione del rachide avviene attorno ad un asse longitudinale passante per la colonna vertebrale: il nucleo polposo del disco intervertebrale funge da perno elastico attorno a cui ruotano i corpi vertebrali, mentre l'anulus fibroso funge da freno, limitando il movimento di rotazione delle vertebre. Anche il tensionamento dei legamenti dal lato opposto alla rotazione limita questo movimento.<sup>106</sup>

Il range fisiologico di questi movimenti (ROM, range of motion) include una zona neutra ed una zona elastica. La zona neutra rappresenta la parte iniziale del movimento, momento in cui è presente una resistenza relativamente bassa e la colonna vertebrale mostra un'elevata flessibilità, a causa della lassità di capsule e legamenti. La zona neutra è seguita dalla zona elastica, in cui la resistenza al movimento (pendenza della curva) aumenta linearmente all'aumentare della tensione di legamenti, capsule, fasce e tendini (*Figura 23*). In ogni segmento della colonna è possibile individuare un preciso range of motion, la cui ampiezza dipende dalle caratteristiche del segmento vertebrale considerato.<sup>107</sup>

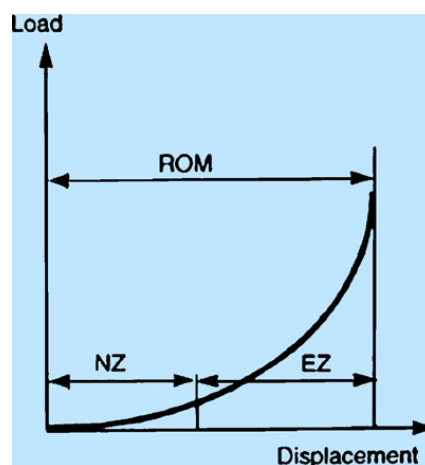


Figura 23. Range of motion nella colonna vertebrale

A livello cervicale, l'elevato spessore dei dischi intervertebrali e la disposizione dei processi articolari rendono questo tratto il più mobile della colonna. I processi spinosi sono relativamente corti e si allungano solo a livello di

C6 e C7 per rallentare l'estensione del capo; i processi trasversi, invece, sono molto larghi e limitano leggermente l'inclinazione laterale. Le faccette articolari superiori sono rivolte verso l'alto e dorsalmente, mentre quelle inferiori sono rivolte verso il basso e ventralmente. Queste peculiarità delle vertebre cervicali permettono di sviluppare soprattutto movimenti di flessione e di rotazione.

A livello toracico, invece, tutti i movimenti sono limitati dalla presenza delle coste che si articolano con le vertebre di questo segmento. Le faccette articolari superiori sono rivolte verso l'alto in direzione posterolaterale, mentre quelle inferiori sono rivolte verso il basso in direzione anteromediale: questa disposizione permette di sviluppare prevalentemente movimenti di rotazione. L'articolazione delle vertebre toraciche con le coste fa sì che ogni movimento coinvolga anche la gabbia toracica: durante la flessoestensione del rachide toracico gli spazi intercostali si chiudono e si aprono rispettivamente, mentre durante l'inclinazione laterale si aprono dal lato convesso e si chiudono dal lato concavo. Infine, la rotazione causa un avanzamento delle coste dal lato controlaterale al movimento e le sposta all'indietro dal lato omolaterale.<sup>108</sup>

A livello lombare, la colonna è predisposta per sopportare carichi maggiori e per questo motivo le vertebre sono più voluminose rispetto agli altri segmenti della colonna. Inoltre, i dischi intervertebrali sono piuttosto spessi, fornendo una buona mobilità a questo segmento. Le faccette articolari superiori, originate dai punti di unione tra la lamina ed il peduncolo, sono rivolte indietro e medialmente, mentre quelle inferiori, originate dal punto di unione tra la lamina ed il processo spinoso, sono rivolte in avanti e lateralmente; questa particolare conformazione permette al rachide lombare quasi esclusivamente movimenti di flessione e di inclinazione laterale, mentre è molto limitata la rotazione assiale.

A livello del passaggio lombosacrale, la presenza di un importante apparato legamentoso a stabilizzazione del tratto è causa di una forte limitazione dei movimenti in questo segmento.<sup>109, 110</sup>

## **2.3 MOBILITÀ DELLA COLONNA IN SOGGETTI AFFETTI DA SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE**

Come appena descritto, la tipologia ed il grado di libertà dei movimenti che la colonna vertebrale può svolgere dipendono dalle caratteristiche strutturali di ciascuno dei componenti del rachide del segmento coinvolto. La scoliosi idiopatica adolescenziale determina, in maniera più o meno marcata a seconda della gravità del caso, alterazioni a tale livello, tra cui:

- deformazione dei corpi vertebrali a forma di cuneo con base rivolta verso la convessità della curva;
- rotazione assiale dei corpi vertebrali verso il lato convesso della curva;
- spostamento del nucleo polposo dei dischi intervertebrali verso la convessità della curva, con conseguente perdita di elasticità da parte di questi ultimi;
- ipertrofia della muscolatura paravertebrale da lato convesso della curva ed ipotrofia della muscolatura dal lato concavo;
- retrazione dell'apparato legamentoso da lato della concavità della curva e distensione dei legamenti dal lato della convessità.

Tutte queste alterazioni possono quindi alterare il profilo biomeccanico del rachide, limitando la capacità di eseguire esercizio fisico e di svolgere regolarmente il proprio lavoro, riducendo la qualità della vita del soggetto.<sup>88</sup>

A tal proposito, Danielsson ha valutato la mobilità del rachide in soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale in età adulta, dopo oltre vent'anni dal completamento delle cure. Per questo studio sono stati reclutati 127 pazienti sottoposti a trattamento ortesico e 156 pazienti a trattamento chirurgico. In entrambi i gruppi è stato rilevato un deficit della mobilità del rachide rispetto alla popolazione sana di controllo, con una riduzione del 37% nei pazienti trattati in modo conservativo e del 61% in quelli trattati con intervento chirurgico: la presenza di un'importante riduzione dei movimenti anche nei pazienti sottoposti a trattamento ortesico avvalorava l'ipotesi secondo cui le deformazioni sopra descritte siano causa di rigidità. Tuttavia, in nessuno dei due gruppi sono state rilevate limitazioni tali da alterare lo svolgimento delle normali attività quotidiane.<sup>111, 112</sup>

In merito alla mobilità del rachide in adolescenti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale, già negli anni '90, alcuni autori, analizzando 71 pazienti con scoliosi toracica, hanno riscontrato una riduzione dei ROM in rotazione assiale e flessione toracica proporzionale all'entità della curva scoliotica.<sup>113</sup> Dal confronto di questa popolazione con un gruppo di controllo di soggetti sani, è emerso che i soggetti scoliotici hanno una ridotta mobilità in flessione ed estensione lombare rispetto ai soggetti sani, ma un grado di estensione toracica maggiore; a livello lombare, però, il grado di estensione è risultato significativamente ridotto nei soggetti malati. Nonostante queste diversità, considerando tutte le misurazioni svolte, gli autori a non ritennero rilevanti le differenze tra i due gruppi.<sup>114</sup>

Negli anni sono stati sviluppati diversi studi nel tentativo di definire in maniera precisa la compromissione della mobilità nei pazienti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale: alcuni autori, confrontando popolazioni di soggetti malati e sani, non hanno riscontrato differenze significative tra i due gruppi<sup>115, 116</sup>; altri, invece, hanno individuato limitazioni a tutti i movimenti solo per scoliosi con curve superiori ai 50° Cobb<sup>117</sup>; altri ancora hanno evidenziato come la compromissione della mobilità coinvolga prevalentemente la flessione del tratto lombare.<sup>118-120</sup>

In uno studio del 2011, Kao et al. hanno individuato una relazione tra la mobilità del rachide e la rotazione assiale dei corpi delle vertebre, misurata con il metodo Nash Moe: l'aumento della traslazione dei corpi vertebrali verso la convessità della curva determinava una riduzione della flessione nei soggetti esaminati.<sup>121</sup>

Infine, in uno studio del 2017, è stata evidenziata un'associazione tra la gravità della curva ed una riduzione dei movimenti sul piano assiale e coronale. Gli autori, in questo caso, hanno attribuito la causa di questa riduzione dei ROM alla compromissione del disco intervertebrale, sottoposto a squilibri pressori in pazienti affetti da scoliosi.<sup>122</sup>

Tutti questi studi hanno portato a risultati a volte contrastanti e, spesso, non statisticamente significativi, dimostrando come, attualmente, non sia possibile

stabilire con certezza il ruolo della scoliosi nella compromissione della mobilità del rachide. Va inoltre sottolineato che la mobilità del rachide può essere influenzata da diversi fattori esterni, come:

- lo sport, che sembrerebbe determinare un aumento della mobilità della colonna se praticato regolarmente<sup>123, 124</sup>;
- l'età, all'aumentare della quale la mobilità del rachide si riduce in maniera progressiva<sup>125-127</sup>;
- il dolore lombare, associato ad una riduzione della mobilità<sup>128, 129</sup>;
- l'orario della misurazione, che influenza lo spessore del disco intervertebrale, maggiore al mattino e minore di sera<sup>130</sup>;
- l'eventuale trattamento chirurgico, consistente in un'artrodesi che riduce pesantemente la mobilità dei segmenti interessati.<sup>131</sup>





## **3. STABILOMETRIA**

### **3.1 POSTURA**

Il termine “postura” indica la posizione che le varie parti del corpo assumono le une rispetto alle altre, rispetto all’ambiente circostante e rispetto al sistema di riferimento del campo gravitazionale. In ogni momento sul corpo agiscono diverse forze in equilibrio tra loro; questo equilibrio può essere statico, nel caso del mantenimento della posizione, o dinamico, nel caso in cui sia finalizzato all’esecuzione di un movimento.

Il mantenimento di una posizione stabile eretta, ad esempio, è il frutto dell’interazione tra la forza di gravità e la forza esercitata dai muscoli antigravitari, che permettono la correzione delle oscillazioni del centro di gravità ed il recupero della stazione eretta ogniqualvolta sia perturbata.

Durante l’esecuzione di un movimento, invece, si assiste ad una temporanea perdita di equilibrio, prontamente accompagnata da atti compensatori, che controbilanciano gli effetti del movimento sulla postura e vengono definiti “aggiustamenti posturali”.<sup>132</sup>

### **3.2 ESAME STABILOMETRICO**

L’esame stabilometrico è un esame strumentale ambulatoriale non invasivo che permette di valutare la postura e l’equilibrio statico del soggetto in esame. L’esecuzione di questo esame prevede l’utilizzo di una pedana computerizzata, che risponde a precise norme di costruzione, taratura e sensibilità e permette la valutazione di parametri oggettivi, riconosciuti e condivisi dalla comunità scientifica, riguardo la funzionalità del sistema posturale e la distribuzione delle forze sul piano di appoggio: essa misura la stabilità posturale del soggetto.<sup>32</sup>

L’esame stabilometrico statico prevede l’esecuzione del test di Romberg: il paziente viene posizionato sulla pedana stabilometrica, a piedi uniti e paralleli, con le braccia lungo il corpo, il capo eretto e la bocca chiusa ma non serrata; vengono effettuate due rilevazioni successive, una prima ad occhio chiusi ed una seconda ad

occhi aperti.<sup>133</sup> I fattori coinvolti nel controllo dei movimenti in posizione statica sono:

- la visione, che favorisce attivamente il mantenimento della posizione ad occhi aperti, soprattutto in presenza di un riferimento visivo;
- la propiocezione muscoloscheletrica, ossia la capacità di riconoscere la posizione dei segmenti del corpo nello spazio. Interviene sia durante la rilevazione ad occhi chiusi che durante quella ad occhi aperti;
- il sistema vestibolare, che non interviene nel mantenimento della posizione eretta se non in presenza di rotazioni assiali e/o accelerazioni maggiori di quelle fisiologiche. La pedana, quindi, ne rileva il contributo solo in caso di anomalie.<sup>134</sup>

A test ultimato, la pedana fornisce un report da cui è possibile estrapolare una serie di parametri oggettivi comunemente utilizzati per valutare la stabilità posturale del soggetto. I principali sono:

- il center of pressure (COP), punto di applicazione della forza risultante dalle pressioni esercitate al suolo dall'appoggio plantare;
- la distanza X del baricentro della traiettoria dal centro della base di appoggio;
- la distanza Y del baricentro della traiettoria dal centro della base di appoggio;
- la sway area (SA), misura della superficie descritta dal raggio che collega il punto medio della traiettoria compiuta dal COP durante l'intero test a tutti punti successivi della stessa traiettoria;
- il sway path (SP), lunghezza della traiettoria compiuta dal COP durante l'intero test, normalizzata per la durata dell'acquisizione, che coincide, quindi, con la velocità media;
- il rapporto SA/SP, inversamente proporzionale al tono posturale;
- la deviazione standard delle oscillazioni anteroposteriori, misura degli aggiustamenti posturali del soggetto in senso anteroposteriore durante l'esecuzione del test;
- la deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali, misura degli aggiustamenti posturali del soggetto a destra e a sinistra durante l'esecuzione del test;

- l'area dell'ellisse di confidenza, cioè la più piccola ellisse che contiene il 95% dei punti della traiettoria;
- il rapporto tra gli assi dell'ellisse;
- il rapporto distanza spaziale media/tempo medio di permanenza (SD/ST), indicatore della funzionalità motoria e della capacità del soggetto di rispondere a perturbazioni dell'equilibrio; a valori minori corrisponde un miglior controllo motorio.<sup>135</sup>

### **3.3 STABILOMETRIA IN PAZIENTI AFFETTI DA SCOLIOSI IDIOPATICA ADOLESCENZIALE**

La presenza di deformità del rachide in pazienti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale causa un'alterazione dei rapporti tra i vari segmenti corporei che può influire negativamente sulla stabilità posturale. Su questa tematica sono stati sviluppati alcuni studi e quasi tutti hanno rilevato un'alterazione della stabilità posturale nei pazienti affetti da scoliosi.

Nault et al. hanno eseguito uno studio caso-controllo confrontando i risultati ottenuti da test stabilometrici eseguiti su un gruppo di soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale con quelli ottenuti da test eseguiti su un gruppo di soggetti sani. Dal confronto è emerso un aumento del 44% del valore della sway area (l'ampiezza del movimento del COP) nei soggetti malati rispetto al gruppo di controllo, ed una contemporanea accentuazione delle oscillazioni anteroposteriori; sono risultate, invece, simili le oscillazioni laterolaterali. Questi risultati dimostrano come i soggetti scoliotici debbano attuare un numero maggiore di aggiustamenti posturali al fine di mantenere una posizione statica.<sup>136</sup> Alcuni autori hanno ipotizzato che a questa instabilità posturale possa contribuire anche un disordine del sistema di integrazione sensoriale.<sup>137</sup>

Recentemente, in uno studio caso-controllo sviluppato da Wiernicka et al., è stata analizzata la stabilità posturale di un gruppo di ragazze affette da scoliosi idiopatica adolescenziale di entità severa. L'esame stabilometrico ha previsto tre diverse rilevazioni ad occhi aperti: la prima a piedi uniti e paralleli, la seconda con il solo appoggio della gamba sinistra e la terza con il solo appoggio della gamba

destra. I risultati, tuttavia, hanno disatteso le aspettative: i valori ottenuti dalla rilevazione a piedi uniti e paralleli si sono dimostrati sovrapponibili nei due gruppi (malati e sani), in contraddizione con la letteratura precedente, che aveva sempre evidenziato una ridotta stabilità posturale nei soggetti scoliotici; anche le rilevazioni effettuate con il solo appoggio della gamba sinistra sono risultate sovrapponibili, mentre quelle effettuate con l'appoggio esclusivo della gamba destra hanno evidenziato una riduzione della stabilità nei soggetti con scoliosi. Dal momento che la differenza maggiore tra questo studio e la letteratura precedente è l'entità della curva, gli autori hanno ipotizzato che, in presenza di curve importanti, l'intero apparato posturale sviluppi dei meccanismi di compenso o di adattamento all'alterazione corporea determinata dalla scoliosi.<sup>138</sup>

## **SCOPO DELLO STUDIO**

La scoliosi idiopatica adolescenziale è una complessa deformità del rachide che coinvolge i tre piani dello spazio. Vista l'importanza delle alterazioni strutturali che essa determina, numerosi studi hanno analizzato la stabilità posturale statica dei soggetti affetti da tale patologia mediante esami stabilometrici, evidenziando che tali deformazioni corporee possono andare ad influire negativamente sul controllo della postura e sull'equilibrio. Inoltre, le alterazioni della muscolatura e dei legamenti paravertebrali, della morfologia dei corpi vertebrali e dei dischi intervertebrali possono determinare una potenziale rigidità del rachide. La letteratura in merito è piuttosto scarna e, talvolta, contraddittoria; tuttavia, nella maggior parte degli studi risulta essere presente una modificazione della mobilità dei ragazzi affetti da scoliosi idiopatica.

Questo studio vuole quindi inserirsi in tale contesto, andando a valutare come il grado di rotazione vertebrale ed altri indicatori radiografici di asimmetria della colonna influenzino gli indici stabilometrici e la mobilità del rachide nei giovani affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale.

Si propone, inoltre, di valutare il ruolo del trattamento ortesico nella mobilità del rachide e nella stabilità posturale, ed infine di confrontare i valori stabilometrici e di mobilità tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale e soggetti sani.



# **MATERIALI E METODI**

## **1. POPOLAZIONE**

Il campione oggetto dello studio è composto da 36 soggetti di cui:

- 18 soggetti con diagnosi di scoliosi idiopatica adolescenziale (AIS);
- 18 soggetti sani (SANI).

### **1.1 CRITERI DI INCLUSIONE**

I criteri di inclusione dei soggetti allo studio erano:

- sesso femminile e maschile;
- età compresa tra i 10 ed i 18 anni;
- assenza di malformazioni e patologie neuromuscolari o congenite e di pregressi interventi chirurgici alla colonna;
- per i soggetti AIS: diagnosi di scoliosi idiopatica adolescenziale secondo i criteri della Scoliosis Research Society (riscontro di una curva con angolo maggiore a 10° Cobb in una radiografia del rachide in ortostatismo in proiezione anteroposteriore)<sup>5</sup>.

### **1.2 CRITERI DI ESCLUSIONE**

I criteri di esclusione dei soggetti dallo studio erano:

- assenza del consenso informato da parte dei genitori o di chi ne fa le veci;
- per i soggetti AIS: pregressa diagnosi di ipercifosi posturale, dorso curvo giovanile, morbo di Scheuermann, scoliosi congenite conseguenti a patologie malformative del rachide, scoliosi acquisite mesenchimali, neuromuscolari o conseguenti a lesioni toraciche;
- per i soggetti SANI: pregressa diagnosi di scoliosi idiopatica adolescenziale, ipercifosi posturale, dorso curvo giovanile, morbo di Scheuermann, scoliosi congenite conseguenti a patologie malformative del rachide, scoliosi acquisite mesenchimali, neuromuscolari o conseguenti a lesioni toraciche.

- presenza di eterometria degli arti inferiori maggiore di 10 mm, misurata come differenza delle distanze spinomalleolari (DSM).

Il gruppo di studio è stato reclutato tra i soggetti afferenti all'Ambulatorio di diagnostica e trattamento delle patologie del rachide in età evolutiva dell'U.O. di Riabilitazione ortopedica dell'Azienda ospedaliera di Padova. Prima di essere reclutati, i pazienti, ed i loro genitori, venivano informati riguardo lo scopo dello studio e le sue modalità di svolgimento; una volta ottenuto il consenso, si procedeva con la raccolta dei dati anamnestici, l'esecuzione dell'esame obiettivo e del test stabilometrico.

## **2. VALUTAZIONI**

### **2.1 ANAMNESI**

La raccolta dei dati anamnestici è stata eseguita attraverso la compilazione di un prospetto preimpostato (Allegato 1). Nello specifico sono stati indagati i seguenti parametri:

- data di nascita, da cui ricavare l'età;
- sesso,
- menarca o disfonia della muta e data della loro comparsa;
- trattamento ortesico, con informazioni riguardanti la tipologia, il tempo di prescrizione e la compliance;
- trattamento con ginnastica medica e sua frequenza settimanale;
- sport, con informazioni riguardo la tipologia e la frequenza settimanale.

Assieme a questi dati sono state raccolte anche le informazioni relative alle caratteristiche della curva scoliotica principale, ricavate da una radiografia del rachide in ortostatismo in proiezione anteroposteriore eseguita di recente (meno di 12 mesi). Tutte le rilevazioni sono state eseguite dallo stesso medico, adeguatamente formato, e includevano:

- la sede della curva;
- l'entità della curva, misurata in ° Cobb;



- l'entità della rotazione assiale della vertebra apicale, misurata con l'indice di Nash Moe;
- lo sbandamento del torace rispetto al sacro (trunk shift), misurato come la distanza in mm tra la perpendicolare al punto medio del torace a livello dell'apice della curva e la linea sacrale media;
- l'AVT (apical vertebral translation), misurata come la distanza in mm tra il punto medio della vertebra apicale e la verticale passante per C7;
- lo sbandamento di C7 rispetto alla linea sacrale media, misurato in mm.

In presenza di curve secondarie o di compenso, si è deciso di considerare solamente la curva principale, in quanto responsabile della gravità della scoliosi.

## **2.2 ESAME OBIETTIVO**

L'esame obiettivo si è sviluppato in due fasi, seguendo uno schema stabilito a priori (*Allegato 1*). La prima fase ha previsto la rilevazione di eventuali asimmetrie sul piano frontale, la localizzazione del gibbo principale e la sua misurazione con il gibbometro di Ferraro. Queste misurazioni sono state eseguite dal Professore responsabile all'Ambulatorio di diagnostica e trattamento delle patologie del rachide in età evolutiva dell'U.O. di Riabilitazione ortopedica dell'Azienda ospedaliera di Padova.

Nella seconda fase, invece, sono state raccolte le misure di superficie del rachide sul piano sagittale, sia statiche che dinamiche. Tutte le rilevazioni di questa fase sono state eseguite dal laureando dopo aver acquisito un'adeguata formazione, in modo da garantire maggiore affidabilità allo studio.

### **2.2.1 RILEVAZIONE DELLE MISURE DI SUPERFICIE STATICHE E DINAMICHE MEDIANTE INCLIMED®**

#### **2.2.1.1 Angoli di cifosi toracica e lordosi lombare**

Per la rilevazione delle misure di superficie statiche si invitava il paziente a spogliarsi e ad assumere la posizione eretta rilasciata, con capo rivolto in avanti, braccia lungo i fianchi e gambe leggermente divaricate.

Prima eseguire la rilevazione, l'operatore si assicurava che il goniometro fosse inserito sul supporto singolo a due piedini (*Figura 24*).



*Figura 24. Inclimed® singolo*

Si procedeva quindi con il posizionamento dell'Inclimed® sul dorso del soggetto, in corrispondenza di tre specifici punti di repere (*Figura 25*), che venivano marcati per agevolare le rilevazioni successive, e con la registrazione dei valori dei relativi angoli:

- repere T1: il piedino superiore del dispositivo veniva posizionato e approfondito sulla linea delle apofisi spinose nello spazio interspinoso inferiore a C7;
- repere T12: il dispositivo veniva collocato a livello del punto di flesso, ossia il punto di massima inclinazione tra le curve contrapposte di cifosi toracica e lordosi lombare, sulla linea paramediana, imprimendo una leggera pressione ai piedini, soprattutto a quello inferiore;
- repere S2: il dispositivo veniva posizionato sulla linea delle apofisi spinose, a cavallo della linea congiungente le spine iliache posterosuperiori, imprimendo una leggera pressione ai piedini, soprattutto a quello superiore in modo da annullare, almeno in parte, la presenza del tessuto adiposo sottocutaneo.

Dalla somma degli angoli misurati nei punti di repere T1 e T12 si otteneva l'angolo di cifosi toracica, mentre dalla somma degli angoli misurati nei punti T12 e S2 si otteneva l'angolo di lordosi lombare (*Figura 26*).

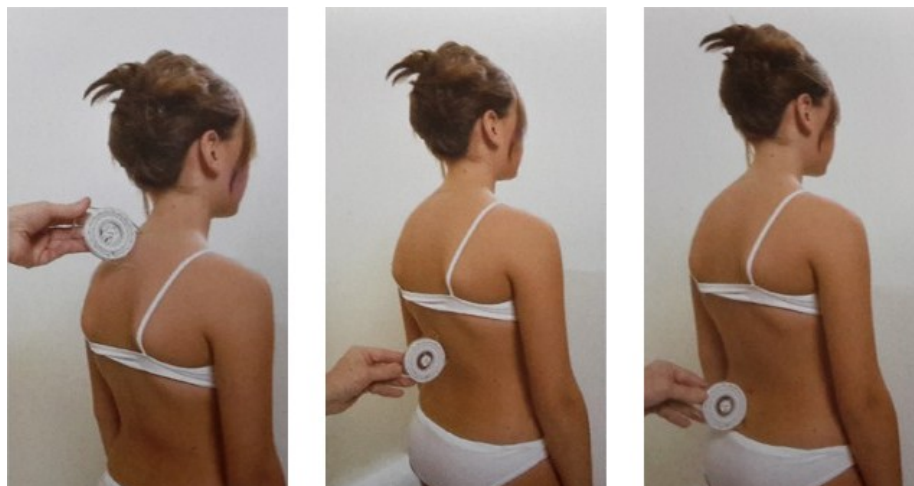


Figura 25. Punti di repere T1 (a sinistra), T12 (al centro) e S2 (a destra)

Le stesse misure venivano ripetute dopo aver invitato il paziente ad assumere una posizione di autoriduzione attiva della cifosi toracica e della lordosi lombare.

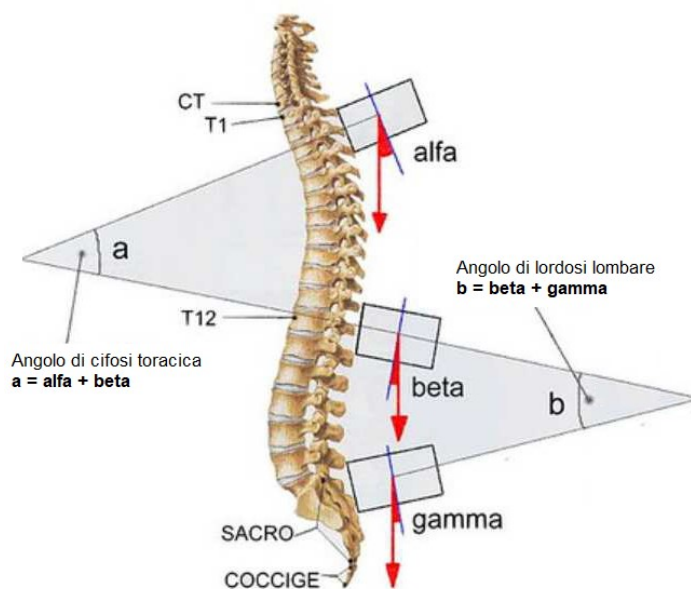


Figura 26. Calcolo degli angoli di cifosi toracica e lordosi lombare

### 2.2.1.2 Angoli di flessione ed estensione lombosacrale

Per la misurazione degli angoli di flessione ed estensione del rachide lombosacrale è stato utilizzato un supporto che permetteva di montare contemporaneamente due inclinometri (Figura 27): l'operatore, prima di procedere con le rilevazioni, si assicurava di azzerare il goniometro superiore, posizionando

il supporto sul punto di repere T12, ed il goniometro inferiore, posizionandolo sul punto di repere S2.



Figura 27. Inclimed doppio

Si invitava, quindi, il soggetto a raggiungere la massima flessione consentita, avendo cura di mantenere ginocchia estese e piedi al suolo, e si posizionava il dispositivo nei punti di repere T12 ed S2, registrando i relativi angoli (Figura 28). L'angolo rilevato in T12 corrisponde al ROM di flessione lombosacrale, mentre quello rilevato in S2 corrisponde al ROM di flessione sacrale.



Figura 28. Misura dei ROM di flessione lombosacrale (a sinistra) e sacrale (a destra) con Inclimed®

Successivamente, si chiedeva al paziente di estendere il più possibile la colonna, sempre mantenendo ginocchia estese e piedi al suolo, e si posizionava lo strumento con le stesse modalità della rilevazione precedente. L'angolo rilevato in T12 forniva il ROM di estensione lombosacrale, mentre quello rilevato in S2 forniva il ROM di flessione sacrale.

Dagli angoli così ottenuti sono stati ricavati i seguenti parametri:

- l'angolo di flessione lombare netta, dato dalla differenza tra l'angolo di flessione lombosacrale e l'angolo di flessione sacrale (ROM flessione lombosacrale – ROM flessione sacrale);
- l'angolo di estensione lombare netta, dato dalla differenza tra l'angolo di estensione lombosacrale e l'angolo di estensione sacrale (ROM estensione lombosacrale – ROM estensione sacrale);
- l'angolo di flessoestensione lombosacrale, dato dalla somma degli angoli di flessione ed estensione lombosacrale (ROM flessione lombosacrale + ROM estensione lombosacrale);
- l'angolo di flessoestensione sacrale, dato dalla somma degli angoli di flessione ed estensione sacrale (ROM flessione sacrale + ROM estensione sacrale);
- l'angolo di flessoestensione lombare netta, dato dalla somma degli angoli di flessione ed estensione lombare netta (ROM flessione lombare netta + ROM di estensione lombare netta).

#### **2.2.1.3 Angoli di inclinazione laterale destra e sinistra del rachide lombare**

Per la misurazione degli angoli di inclinazione laterale, un singolo goniometro è stato fissato sul dorso del soggetto a livello del repere T12 mediante l'ausilio di una fascia in velcro; una volta azzerato il goniometro, l'operatore chiedeva al paziente di inclinare il busto al limite del movimento consentito da ambo i lati, avendo cura di mantenere il tronco rigorosamente sul piano frontale, le ginocchia estese ed i piedi al suolo, e procedeva alla registrazione degli angoli di inclinazione lombare destra e sinistra. La somma dei due angoli così ottenuti forniva il ROM di inclinazione totale del rachide lombare.

#### **2.2.1.4 Angoli di rotazione destra e sinistra del rachide toracolombare**

Per la misurazione degli angoli di rotazione destra e sinistra del rachide toracolombare il soggetto veniva fatto sedere su uno sgabello rigido, con le braccia conserte bene aderenti al torace, le ginocchia flesse a 90° ed i piedi poggiati al suolo: in seguito l'operatore procedeva a fissare un singolo goniometro agli avambracci

del paziente mediante l'utilizzo di una fascia in velcro, su un piano idealmente orizzontale, e ad azzerare l'ago-bussola. Si invitava, dunque, il soggetto a raggiungere la massima rotazione consentita da ambo i lati e, dopo aver controllato che le braccia fossero adese al tronco e che bacino e gambe non partecipassero al movimento, si procedeva con la registrazione degli angoli. La somma degli angoli di rotazione destra e sinistra forniva il ROM di rotazione totale del rachide toracolombare.

### **2.3 ESAME STABILOMETRICO**

L'ultima valutazione prevedeva l'esecuzione di un test di Romberg sulla pedana stabilometrica ArgoPlus MK1, dispositivo medico certificato CE in cl. 1, registrato all'anagrafe DDMM del Ministero della salute BD/RDM 1899579.

La pedana veniva posizionata nei pressi di una parete, per far sì che il volto del soggetto durante l'esecuzione del test distasse circa un metro dal muro; su di esso veniva applicato un riferimento visivo (tondo o a croce) in un punto corrispondente alla sella nasale del soggetto una volta salito sulla pedana.

Si invitava il paziente a salire sulla pedana scalzo, a posizionare i piedi uniti e paralleli in una specifica zona e a mantenere le braccia rilassate lungo i fianchi, il capo eretto e la bocca chiusa ma non serrata. Dopo aver controllato la corretta posizione del paziente, si procedeva con l'esecuzione di due acquisizioni della durata di 40 secondi ciascuna, precedute da 5 secondi di calibratura dello strumento. La prima acquisizione veniva effettuata ad occhi chiusi, mentre per la seconda si chiedeva al paziente di osservare il riferimento precedentemente posizionato sulla parete.

Al termine dell'esame il dispositivo genera un rapporto contenente:

- una scheda personale, recante minimi dati anamnestici del paziente e la data e l'ora di esecuzione del test (*Allegato 2*);
- tre grafici per ogni acquisizione (*Allegato 3*), in particolare:
  - lo stabilogramma (*Figura 29*), ossia il tracciato temporale delle oscillazioni anteroposteriori (in rosso) e laterolaterali (in verde);

- l'analisi armonica sway (*Figura 30*), ossia la rappresentazione grafica delle armoniche oscillatorie presenti nell'acquisizione;
- lo statokinesiogramma (*Figura 31*), ossia il tracciato della traiettoria del COP durante il test.
- una tabella con tutti i parametri registrati durante l'esame. Per questo studio sono stati considerati (*Allegato 4*):
  - la distanza X del baricentro della traiettoria dal centro della base di appoggio (CBA);
  - la distanza Y del baricentro della traiettoria dal centro della base di appoggio (CBA);
  - lo sway path (SP);
  - la sway area (SA);
  - il rapporto sway path/sway area (SP/SA);
  - la deviazione standard delle oscillazioni anteroposteriori;
  - la deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali;
  - l'area dell'ellisse di confidenza;
  - il rapporto tra gli assi dell'ellisse;
  - il rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza (SD/ST)

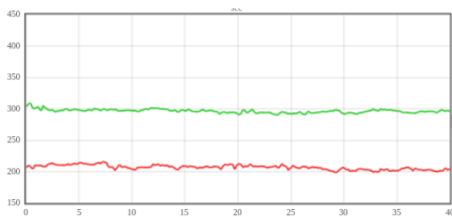


Figura 29. Stabilogramma

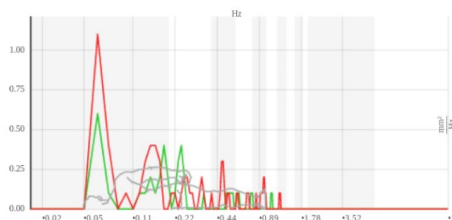


Figura 30. Analisi armonica sway

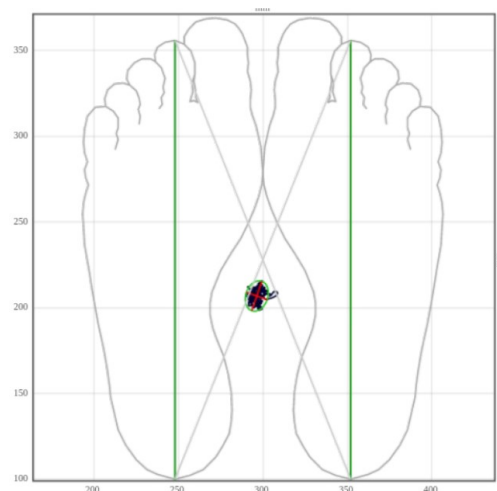


Figura 31. Statokinesiogramma

I pazienti sottoposti a trattamento ortesico hanno eseguito il test completo una seconda volta, indossando il busto.

## **2.4 VALUTAZIONE DEI SOGGETTI SANI**

Tutte le valutazioni appena descritte sono state eseguite anche nei soggetti sani del gruppo di controllo, ad eccezione della valutazione radiografica, in quanto invasiva.

## **3. ANALISI STATISTICA**

La relazione fra la rotazione assiale dei corpi vertebrali (misurata con il metodo Nash Moe) ed i parametri di mobilità del rachide (flessione lombare netta, estensione lombare netta, flessoestensione lombosacrale, flessoestensione sacrale, flessoestensione lombare netta, inclinazione laterale totale del rachide lombare e rotazione totale del rachide toracolombare) è stata analizzata statisticamente mediante un modello di regressione lineare e di correlazione di Pearson. Lo stesso metodo è stato utilizzato anche per valutare la relazione tra l'entità della curva ed i parametri di mobilità del rachide.

La relazione fra la rotazione assiale dei corpi vertebrali (misurata con il metodo Nash Moe) e gli indici stabilometrici (distanze X e Y del baricentro della traiettoria dal CBA, sway path, sway area, rapporto SA/SP, deviazione standard delle oscillazioni anteroposteriori e laterolaterali, area dell'ellisse di confidenza, rapporto tra gli assi dell'ellisse e rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza) è stata analizzata statisticamente mediante un modello di regressione lineare e di correlazione di Pearson. Anche la relazione degli indici stabilometrici con l'entità della curva e gli altri parametri di asimmetria del rachide è stata analizzata con il medesimo metodo.

Infine, il confronto dei parametri di mobilità del rachide e degli indici stabilometrici tra il gruppo di soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale ed il gruppo di soggetti sani è stato effettuato attraverso un test-t di Student per campioni non appaiati. Il confronto tra i soggetti scoliotici sottoposti a trattamento



ortese e non sottoposti a questo trattamento ha previsto l'utilizzo dello stesso metodo.

Il limite di significatività statistica è stato fissato al 5% ( $p < 0,05$ ).

La raccolta dei dati in un database, le analisi statistiche e la costruzione dei grafici sono state eseguite utilizzando le funzioni specifiche del programma Microsoft Excel.



# RISULTATI

## 1. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

### 1.1 DATI ANAMNESTICI

#### 1.1.1 SOGGETTI AIS

Il campione oggetto dello studio è composto da 18 soggetti di cui, di cui 15 di sesso femminile (83,3%) e 3 di sesso maschile (16,7%), con un rapporto F:M di 6:1. La loro età media era pari a  $14,9 \pm 1,6$  anni. 16 soggetti (88,9%) avevano già raggiunto la maturità sessuale, mentre solo 2 (11,1%) non erano ancora sviluppati.

Per quanto riguarda il trattamento, 10 soggetti (55,6%) indossavano il busto; nello specifico 8 soggetti (80%) indossava il corsetto Cheneau, 1 soggetto (10%) il corsetto Sforzesco e 1 soggetto (10%) il corsetto Lionese. 12 soggetti (67%) praticavano regolarmente ginnastica medica. Sul totale dei soggetti, 9 (50%) associavano al trattamento ortesico la ginnastica medica, 2 (11%) erano sottoposti al solo trattamento ortesico, 3 (16,7%) praticavano solo la ginnastica medica e 4 (22,2%) erano sottoposti alla sola osservazione.

In merito all'attività sportiva, 13 soggetti (72,2%) praticavano con regolarità uno sport e tra essi 2 (15,4%) svolgevano più di 10 ore alla settimana di attività.

Dalla valutazione radiografica è emerso che in 10 soggetti (55,6%) la curva principale era localizzata a livello lombare, in 6 (33,3%) a livello toracico e in 2 (11,1%) a livello toracolumbare; nessuno dei soggetti presentava curve principali a localizzazione cervicale o cervicotoracica.

L'entità media della curva scoliotica principale è risultata di  $20,6^\circ \pm 7,8^\circ$  Cobb. Il valore medio dell'indice di Nash Moe, approssimazione del grado di rotazione della vertebra apicale, è risultato pari a  $18,8 \pm 5,8$ .

In 12 soggetti (66,7%) è stato evidenziato uno sbandamento del torace rispetto al sacro; il valore medio di trunk shift rilevato è stato di  $7,5 \pm 5,8$  mm. Il valore

medio di AVT è risultato pari a  $10,4 \pm 8,9$  mm. Lo sbandamento C7-sacro medio è stato quantificato in  $9,4 \pm 7,7$  mm.

9 soggetti (50) presentavano eterometria degli arti inferiori; il valore medio, misurato come DSM, è risultato di  $3,22 \pm 3,62$  mm.

### **1.1.2 SOGGETTI SANI**

Il campione di controllo è composto da 18 soggetti sani, di cui 13 di sesso femminile (72,2%) e 5 di sesso maschile (27,8%), con un rapporto F:M di 2,6:1. La loro età media era pari a  $15,7 \pm 0,3$  anni. Tutti i soggetti avevano raggiunto la maturità sessuale.

Per quanto riguarda l'attività sportiva, 15 (83,3%) soggetti praticavano con regolarità uno sport e tra essi 2 (13,3%) svolgevano più di 10 ore alla settimana di attività.

## **1.2 MISURE DI SUPERFICIE STATICHE E DINAMICHE MEDIANTE INCLIMED®**

### **1.2.1 SOGGETTI AIS**

Dalle misure di superficie statiche è stato rilevato un valore medio di cifosi toracica pari a  $30,7^\circ \pm 9,3^\circ$  ed un valore medio di lordosi lombare pari a  $36,3^\circ \pm 7,6^\circ$ ; le stesse, eseguite in autocorrezione, hanno fornito valori medi rispettivamente di  $21,2^\circ \pm 10,0^\circ$  e  $45,3^\circ \pm 10,9^\circ$ .

I valori medi delle misure di superficie dinamiche relative alla flessioestensione del rachide, all'inclinazione laterale e alla rotazione laterale sono riportati in *Tabella 1*.

Tabella 1. Misure di superficie dinamiche del rachide.

	<b>MEDIA ± DEV. ST.</b>
Flessione lombare netta (°)	66,7 ± 12,8
Estensione lombare netta (°)	14,8 ± 12,0
Flessoestensione lombosacrale (°)	142,0 ± 18,3
Flessoestensione sacrale (°)	60,5 ± 12,7
Flessoestensione lombare netta (°)	81,5 ± 13,6
Inclinazione lombare totale (°)	60,8 ± 14,5
Rotazione toracolombare destra (°)	42,0 ± 7,0

I dati raccolti sono stati suddivisi sulla base del trattamento ortesico, considerando i soggetti sottoposti a questo tipo di trattamento separatamente dal resto del gruppo di studio. I valori medi elaborati da questa analisi sono raccolti in *Tabella 2*.

Tabella 2. Misure di superficie dinamiche in soggetti sottoposti a trattamento ortesico e non.

	<b>MEDIA ± DEV. ST. NO ORTESI</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. ORTESI</b>
Flessione lombare netta (°)	67,6 ± 12,3	65,9 ± 13,8
Estensione lombare netta (°)	16,1 ± 14,5	13,8 ± 10,4
Flessoestensione lombosacrale (°)	141,2 ± 10,6	142,7 ± 23,3
Flessoestensione sacrale (°)	57,5 ± 11,8	62,9 ± 13,5
Flessoestensione lombare netta (°)	83,7 ± 9,5	79,7 ± 16,5
Inclinazione lombare totale (°)	60,3 ± 11,0	61,2 ± 17,4
Rotazione toracolombare totale (°)	86,8 ± 11,9	79,1 ± 18,4

### 1.2.2 SOGGETTI SANI

Dalle misure di superficie statiche è stato rilevato un valore medio di cifosi toracica pari a  $40,0^\circ \pm 7,1^\circ$  ed un valore medio di lordosi lombare pari a  $42,9^\circ \pm 7,9^\circ$ ; le stesse, rilevate in autocorrezione, hanno fornito valori medi rispettivamente di  $29,2^\circ \pm 7,7^\circ$  e  $43,7^\circ \pm 7,9^\circ$ .

I valori medi delle misure di superficie dinamiche relative alla flessioestensione del rachide, all'inclinazione laterale e alla rotazione laterale sono riportati in *Tabella 3*.

*Tabella 3. Misure di superficie dinamiche del rachide dei soggetti sani.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST.</b>
Flessione lombare netta (°)	85,4 ± 9,1
Estensione lombare netta (°)	11,6 ± 11,0
Flessioestensione lombosacrale (°)	158,3 ± 26,4
Flessioestensione sacrale (°)	61,2 ± 17,3
Flessioestensione lombare netta (°)	97,0 ± 13,5
Inclinazione lombare totale (°)	73,1 ± 10,0
Rotazione toracolombare totale (°)	87,4 ± 19,7

## **1.3 PARAMETRI OTTENUTI DALL'ESAME STABILOMETRICO**

### **1.3.1 SOGGETTI AIS**

I valori medi delle rilevazioni effettuate sul campione ad occhi aperti e chiusi sono riportati in *Tabella 4*.

*Tabella 4. Parametri ottenuti dall'esame stabilometrico effettuato sull'intero campione di studio.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OA)</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OC)</b>
Dist. X baricentro da CBA (mm)	4,51 ± 2,57	4,03 ± 2,60
Dist. Y baricentro da CBA (mm)	39,22 ± 14,21	32,83 ± 14,87
Sway path (mm/s)	12,27 ± 3,85	21,98 ± 7,93
Sway area (mm <sup>2</sup> /s)	21,62 ± 11,14	53,24 ± 33,95
SA/SP (mm)	1,71 ± 0,47	2,26 ± 0,62
Dev. st. oscillazioni AP (mm)	4,48 ± 1,60	5,43 ± 1,72
Dev. st. oscillazioni LL (mm)	3,92 ± 0,91	5,67 ± 1,39
Area ellisse (mm <sup>2</sup> )	335,02 ± 195,51	593,09 ± 306,40
Rapporto assi ellisse	1,46 ± 0,25	1,32 ± 0,21
SD/ST (mm/s)	18,79 ± 8,86	46,42 ± 27,10

I valori medi elaborati suddividendo il campione sulla base del trattamento ortesico sono raccolti nelle *Tabelle 5 e 6*.

*Tabella 5. Parametri ottenuti dall'esame stabilometrico effettuato sui soggetti non sottoposti a trattamento ortesico.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OA)</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OC)</b>
Dist. X baricentro da CBA (mm)	3,92 ± 2,83	4,34 ± 1,97
Dist. Y baricentro da CBA (mm)	43,76 ± 14,34	33,74 ± 17,16
Sway path (mm/s)	14,40 ± 4,58	26,49 ± 9,42
Sway area (mm <sup>2</sup> /s)	28,82 ± 13,48	73,00 ± 42,48
SA/SP (mm)	1,95 ± 0,60	2,57 ± 0,77
Dev. st. oscillazioni AP (mm)	5,17 ± 2,04	6,22 ± 2,14
Dev. st. oscillazioni LL (mm)	4,40 ± 1,13	6,49 ± 1,72
Area ellisse (mm <sup>2</sup> )	442,67 ± 251,38	774,70 ± 376,14
Rapporto assi ellisse	1,41 ± 0,19	1,35 ± 0,30
SD/ST (mm/s)	23,61 ± 10,78	61,54 ± 33,81

*Tabella 6. Parametri ottenuti dall'esame stabilometrico effettuato sui soggetti sottoposti a trattamento ortesico (senza busto).*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OA)</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OC)</b>
Dist. X baricentro da CBA (mm)	4,97 ± 2,39	3,78 ± 3,10
Dist. Y baricentro da CBA (mm)	35,60 ± 13,74	32,11 ± 13,69
Sway path (mm/s)	10,57 ± 2,09	18,38 ± 4,14
Sway area (mm <sup>2</sup> /s)	15,86 ± 3,16	37,43 ± 12,24
SA/SP (mm)	1,52 ± 0,22	2,01 ± 0,32
Dev. st. oscillazioni AP (mm)	3,93 ± 0,90	4,80 ± 1,02
Dev. st. oscillazioni LL (mm)	3,54 ± 0,46	5,01 ± 0,52
Area ellisse (mm <sup>2</sup> )	248,90 ± 67,15	447,80 ± 120,50
Rapporto assi ellisse	1,49 ± 0,30	1,30 ± 0,12
SD/ST (mm/s)	14,94 ± 4,54	34,33 ± 11,52

Infine, nella *Tabella 7* sono raccolti i valori medi dei parametri registrati durante l'esecuzione dell'esame stabilometrico da parte dei soggetti sottoposti a trattamento ortesico mentre indossavano il busto.

Tabella 7. Parametri ottenuti dall'esame stabilometrico effettuato sui soggetti sottoposti a trattamento ortesico (con busto).

	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OA)</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OC)</b>
Dist. X baricentro da CBA (mm)	3,79 ± 2,71	5,43 ± 3,76
Dist. Y baricentro da CBA (mm)	37,65 ± 12,60	34,18 ± 12,79
Sway path (mm/s)	10,93 ± 3,00	18,71 ± 6,11
Sway area (mm <sup>2</sup> /s)	21,67 ± 12,75	44,48 ± 24,66
SA/SP (mm)	1,87 ± 0,83	2,44 ± 0,96
Dev. st. oscillazioni AP (mm)	4,82 ± 2,36	5,58 ± 2,19
Dev. st. oscillazioni LL (mm)	4,05 ± 1,42	8,83 ± 10,90
Area ellisse (mm <sup>2</sup> )	390,00 ± 291,54	565,58 ± 296,20
Rapporto assi ellisse	1,55 ± 0,37	1,45 ± 0,27
SD/ST (mm/s)	16,06 ± 6,74	37,24 ± 18,06

### 1.3.2 SOGGETTI SANI

I loro valori medi dei parametri ottenuti durante l'esame stabilometrico sono riportati in *Tabella 8*.

Tabella 8. Parametri ottenuti dall'esame stabilometrico effettuato sui soggetti sani.

	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OA)</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. (OC)</b>
Dist. X baricentro da CBA (mm)	3,30 ± 3,55	4,49 ± 3,80
Dist. Y baricentro da CBA (mm)	35,08 ± 10,90	32,41 ± 12,23
Sway path (mm/s)	12,77 ± 3,32	16,78 ± 4,84
Sway area (mm <sup>2</sup> /s)	25,32 ± 14,97	35,32 ± 17,33
SA/SP (mm)	1,90 ± 0,79	2,02 ± 0,67
Dev. st. oscillazioni AP (mm)	4,49 ± 1,68	4,95 ± 1,69
Dev. st. oscillazioni LL (mm)	4,98 ± 2,03	4,96 ± 1,49
Area ellisse (mm <sup>2</sup> )	431,80 ± 391,27	447,61 ± 279,61
Rapporto assi ellisse	1,56 ± 0,50	1,45 ± 0,57
SD/ST (mm/s)	20,40 ± 8,15	30,60 ± 13,06



## 2. MOBILITÀ DEL RACHIDE

### 2.1 RELAZIONE TRA ROTAZIONE VERTEBRALE E MOBILITÀ DEL RACHIDE

In *Tabella 9* sono riportati i valori di R e p per ciascuna delle misure considerate.

*Tabella 9. Correlazione tra indice di Nash Moe e mobilità del rachide.*

	CORRELAZIONE NASH MOE	
	R	p
Flessione lombare netta	-0,02	0,93
Estensione lombare netta	-0,02	0,95
Flessoestensione lombosacrale	-0,08	0,74
Flessoestensione sacrale	-0,08	0,75
Flessoestensione lombare netta	-0,04	0,89
Inclinazione lombare totale	-0,31	0,20
Rotazione toracolombare totale	0,10	0,68

Dall'analisi dei valori di R e p in *Tabella 9* non è stato possibile riscontrare relazioni statisticamente significative tra l'indice di Nash Moe e le misure di mobilità del rachide.

### 2.2 RELAZIONE TRA ENTITÀ DELLA CURVA E MOBILITÀ DEL RACHIDE

In *Tabella 10* sono riportati i valori di R e p per ciascuna delle misure considerate.

*Tabella 10. Correlazione tra angolo di Cobb e mobilità del rachide.*

	CORRELAZIONE COBB	
	R	p
Flessione lombare netta	-0,22	0,38
Estensione lombare netta	0,04	0,85
Flessoestensione lombosacrale	-0,02	0,95

Flessoestensione sacrale	0,15	0,54
Flessoestensione lombare netta	-0,17	0,51
Inclinazione lombare totale	-0,12	0,64
Rotazione toracolombare totale	0,23	0,36

Dall'analisi dei valori di R e p in *Tabella 10* e non è stato possibile riscontrare relazioni statisticamente significative tra l'angolo di Cobb e le misure di mobilità del rachide.

### 2.3 TRATTAMENTO ORTESICO E MOBILITÀ DEL RACHIDE

Le misure di superficie dinamiche dei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico (ORTESI) sono state messe a confronto con quelle dei soggetti affetti dalla stessa patologia ma non sottoposti a trattamento ortesico (NO ORTESI). I valori di significatività ricavati da tale analisi sono riportati in *Tabella 11*.

*Tabella 11. Confronto della mobilità del rachide tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico e soggetti affetti dalla stessa patologia non sottoposti a questo tipo di trattamento.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. NO ORTESI</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. ORTESI</b>	<b>p-value</b>
Flessione lombare netta (°)	67,6 ± 12,3	65,9 ± 13,8	0,80
Estensione lombare netta (°)	16,1 ± 14,5	13,8 ± 10,4	0,70
Flessoestensione lombosacrale (°)	141,2 ± 10,6	142,7 ± 23,3	0,87
Flessoestensione sacrale (°)	57,5 ± 11,8	62,9 ± 13,5	0,38
Flessoestensione lombare netta (°)	83,7 ± 9,5	79,7 ± 16,5	0,56
Inclinazione lombare totale (°)	60,3 ± 11,0	61,2 ± 17,4	0,90
Rotazione toracolombare totale (°)	86,8 ± 11,9	79,1 ± 18,4	0,33

Dall'analisi dei dati riportati in *Tabella 11* non sono emerse differenze statisticamente significative in merito alla mobilità del rachide tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico e non.

## 2.4 CONFRONTO DELLA MOBILITÀ DEL RACHIDE TRA SOGGETTI AIS E SANI

Le misure di superficie dei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sono state messe a confronto con quelli dei soggetti sani. I valori di significatività ricavati da tale analisi sono riportati in *Tabella 12*.

*Tabella 12. Confronto delle misure di superficie dinamiche tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale e soggetti sani.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. AIS</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. SANI</b>	<b>p-value</b>
Flessione lombare netta	66,7 ± 12,8	85,4 ± 9,1	< 0,01
Estensione lombare netta	14,8 ± 12,0	11,6 ± 11,0	0,41
Flessoestensione lombosacrale	142,0 ± 18,3	158,3 ± 26,4	0,04
Flessoestensione sacrale	60,5 ± 12,7	61,2 ± 17,3	0,90
Flessoestensione lombare netta	81,5 ± 13,6	97,0 ± 13,5	< 0,01
Inclinazione lombare totale	60,8 ± 14,5	73,1 ± 10,0	0,01
Rotazione toracolombare totale	82,5 ± 15,9	87,4 ± 19,7	0,41

Dall'analisi dei valori riportati in *Tabella 12* sono state riscontrate differenze statisticamente significative in quattro delle sette misure considerate; nello specifico è stata evidenziata una riduzione statisticamente significativa nei movimenti di flessione lombare netta (*Grafico 1*), flessoestensione lombosacrale (*Grafico 2*), flessoestensione lombare netta (*Grafico 3*) ed inclinazione lombare totale (*Grafico 4*) dei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale rispetto campione di controllo.

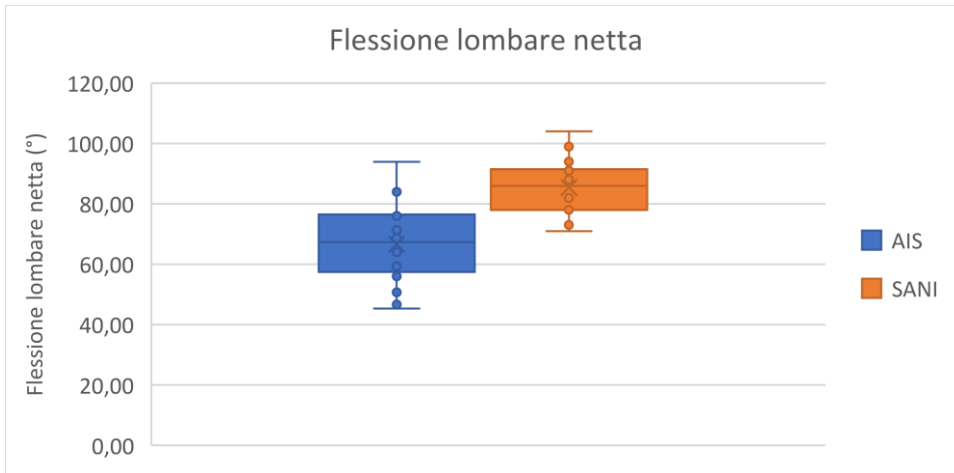


Grafico 1. Flessione lombare netta in soggetti AIS e SANI.  $P < 0,01$ .

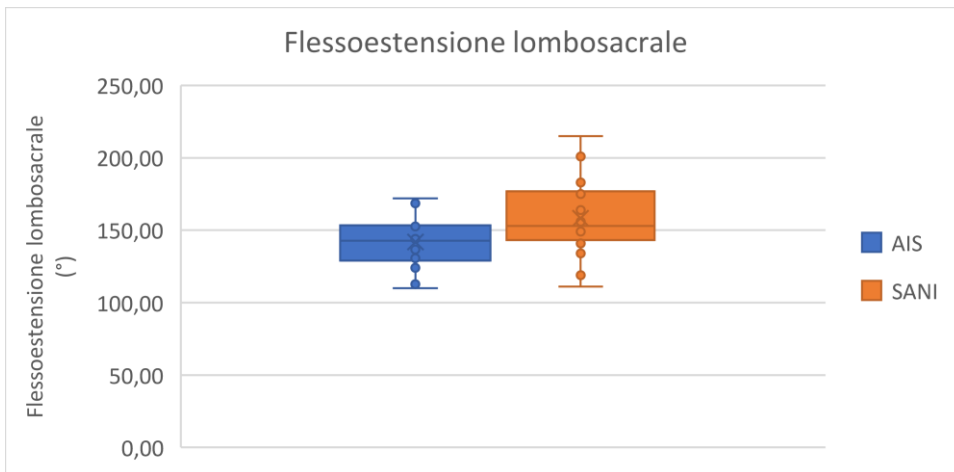


Grafico 2. Flessoestensione lombosacrale in soggetti AIS e SANI.  $P = 0,04$ .

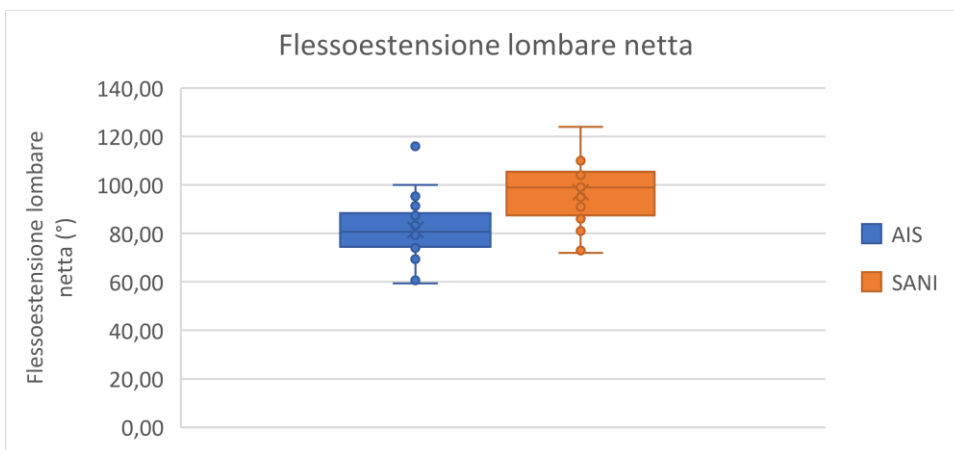


Grafico 3. Flessoestensione lombare netta in soggetti AIS e SANI.  $P < 0,01$ .

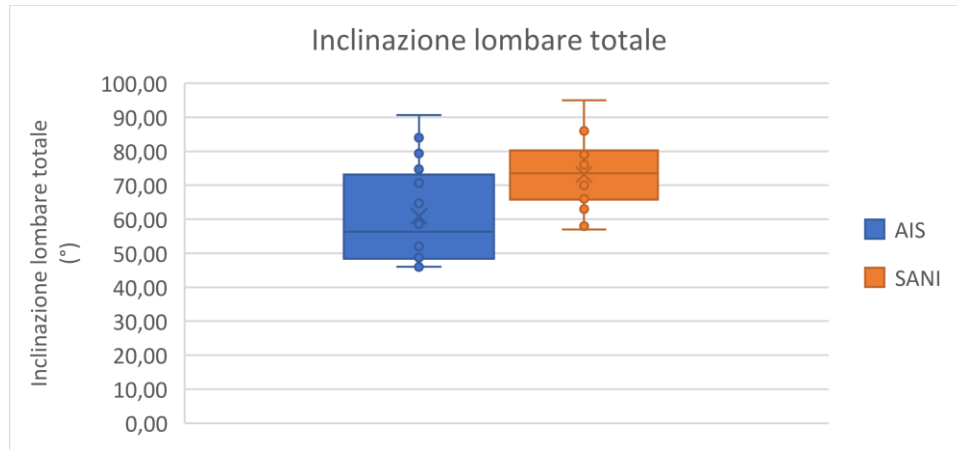


Grafico 4. Inclinazione lombare totale in soggetti AIS e SANI.  $P = 0,01$ .

### 3. INDICI STABILOMETRICI

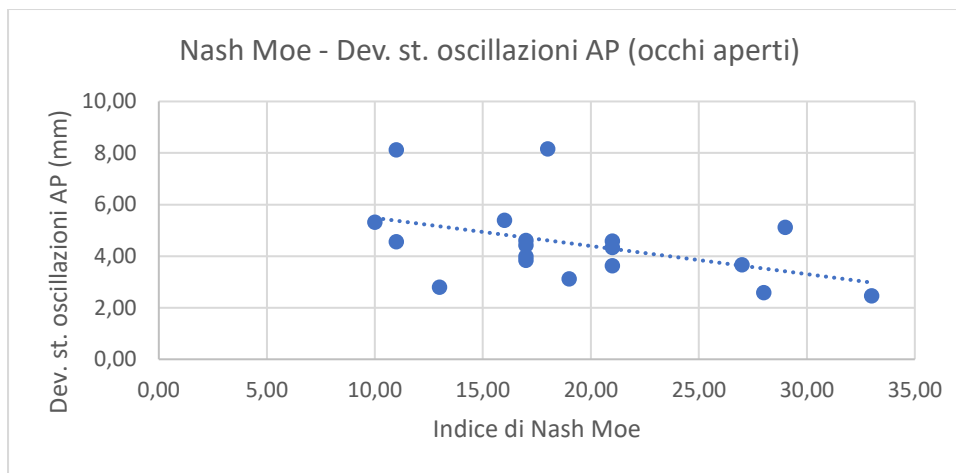
#### 3.1 RELAZIONE TRA ROTAZIONE VERTEBRALE E INDICI STABILOMETRICI

In *Tabella 13* sono riportati i valori di R e p per ciascuno dei parametri considerati, durante l'esame ad occhi aperti e chiusi.

Tabella 13. Correlazione tra indice di Nash Moe e indici stabilometrici.

	CORRELAZIONE NASH MOE			
	(OCCHI APERTI)		(OCCHI CHIUSI)	
	R	p	R	p
Dist. X baricentro da CBA	0,29	0,36	0,19	0,45
Dist. Y baricentro da CBA	-0,31	0,19	-0,13	0,60
Sway path	0,06	0,81	0,25	0,32
Sway area	0,09	0,72	-0,20	0,41
SA/SP	0,34	0,17	-0,23	0,35
Dev. st. oscillazioni AP	-0,45	0,06	-0,18	0,47
Dev. st. oscillazioni LL	0,06	0,82	-0,27	0,26
Area ellisse	-0,24	0,34	-0,15	0,54
Rapporto assi ellisse	-0,38	0,12	-0,34	0,16
SD/ST	0,05	0,84	-0,26	0,31

Dall'analisi dei valori di R e p in *Tabella 13* è emerso che solo la relazione tra l'indice di Nash Moe e la deviazione standard delle oscillazioni anteroposteriori registrate dall'esame ad occhi aperti (*Grafico 5*) si avvicina alla significatività statistica con  $p = 0,06$ ; le relazioni tra l'indice di Nash Moe e tutti gli altri parametri stabilometrici, registrati sia durante l'esame ad occhi aperti che ad occhi chiusi, non sono risultate statisticamente significative.



*Grafico 5. Regressione lineare tra indice di Nash Moe e deviazione standard delle oscillazioni anteroposteriori (occhi aperti).*

### 3.2 RELAZIONE TRA ENTITÀ DELLA CURVA E INDICI STABILOMETRICI

Nelle in *Tabella 14* sono riportati i valori di R e p per ciascuno dei parametri considerati, durante l'esame ad occhi aperti e chiusi.

*Tabella 14. Correlazione tra angolo di Cobb e indici stabilometrici.*

	CORRELAZIONE COBB			
	OCCHI APERTI		OCCHI CHIUSI	
	R	p	R	p
Dist. X baricentro da CBA	0,12	0,65	0,11	0,67
Dist. Y baricentro da CBA	-0,15	0,54	0,10	0,70
Sway path	0,13	0,60	-0,27	0,27
Sway area	0,08	0,76	-0,17	0,5
SA/SP	-0,05	0,84	-0,07	0,78

Dev. st. oscillazioni AP	-0,21	0,41	-0,08	0,74
Dev. st. oscillazioni LL	0,32	0,20	0,00	0,99
Area ellisse	0,01	0,97	-0,02	0,95
Rapporto assi ellisse	-0,18	0,47	-0,02	0,94
SD/ST	0,10	0,68	-0,29	0,25

Dall'analisi dei valori di R e p in *Tabella 14* non sono emerse relazioni statisticamente significative tra l'angolo di Cobb e gli indici stabilometrici registrati durante l'esame ad occhi aperti né ad occhi chiusi.

### 3.3 RELAZIONE TRA MISURE RADIOGRAFICHE DI LATERALITÀ E INDICI STABILOMETRICI

#### 3.3.1 TRUNK SHIFT E INDICI STABILOMETRICI

In *Tabella 15* sono riportati i valori di R e p per ciascuno dei parametri considerati, durante l'esame ad occhi aperti e chiusi.

*Tabella 15. Correlazione tra sbandamento del tronco e indici stabilometrici.*

	CORRELAZIONE TRUNK SHIFT			
	OCCHI APERTI		OCCHI CHIUSI	
	R	p	R	p
Dist. X baricentro da CBA	0,21	0,40	0,25	0,32
Dist. Y baricentro da CBA	0,15	0,54	0,30	0,23
Sway path	0,32	0,19	-0,20	0,42
Sway area	0,27	0,27	-0,13	0,62
SA/SP	0,07	0,77	-0,04	0,88
Dev. st. oscillazioni AP	-0,01	0,97	-0,14	0,58
Dev. st. oscillazioni LL	0,38	0,19	0,09	0,72
Area ellisse	0,21	0,41	-0,02	0,95
Rapporto assi ellisse	-0,12	0,63	0,09	0,72
SD/ST	0,27	0,27	-0,22	0,39

Dall'analisi dei valori di R e p in *Tabella 15* non sono emerse relazioni statisticamente significative tra lo sbandamento del tronco e gli indici stabilometrici registrati durante l'esame ad occhi aperti né ad occhi chiusi.

### 3.3.2 AVT E INDICI STABILOMETRICI

In *Tabella 16* sono riportati i valori di R e p per ciascuno dei parametri considerati, durante l'esame ad occhi aperti e chiusi.

*Tabella 16. Correlazione tra AVT e indici stabilometrici.*

	CORRELAZIONE AVT			
	OCCHI APERTI		OCCHI CHIUSI	
	R	p	R	p
Dist. X baricentro da CBA	0,01	0,97	-0,16	0,54
Dist. Y baricentro da CBA	0,18	0,46	0,48	0,04
Sway path	-0,03	0,92	-0,28	0,26
Sway area	0,14	0,58	-0,19	0,46
SA/SP	0,28	0,26	-0,04	0,89
Dev. st. oscillazioni AP	0,11	0,68	-0,22	0,38
Dev. st. oscillazioni LL	0,42	0,08	0,20	0,42
Area ellisse	0,26	0,30	-0,04	0,89
Rapporto assi ellisse	-0,13	0,59	0,33	0,18
SD/ST	-0,05	0,84	-0,31	0,21

Dall'analisi dei valori di R e p in *Tabella 16* è emersa una relazione statisticamente significativa tra il valore di AVT e la distanza Y del baricentro della traiettoria dal CBA durante l'esame ad occhi chiusi (*Grafico 6*); inoltre, la relazione tra AVT e deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali durante l'esame ad occhi aperti si avvicina alla significatività con  $p = 0,08$  (*Grafico 7*). Le relazioni tra AVT e tutti gli altri parametri stabilometrici, registrati sia durante l'esame ad occhi aperti che ad occhi chiusi, non sono risultate statisticamente significative.



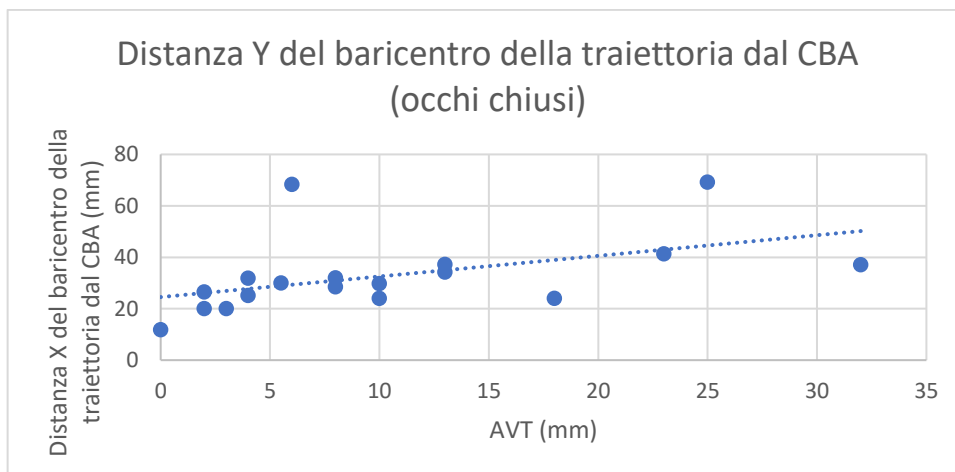


Grafico 6. Regressione lineare tra AVT e distanza Y del baricentro della traiettoria dal CBA durante l'esame ad occhi chiusi.  $R = 0,48$ .  $p = 0,04$ .

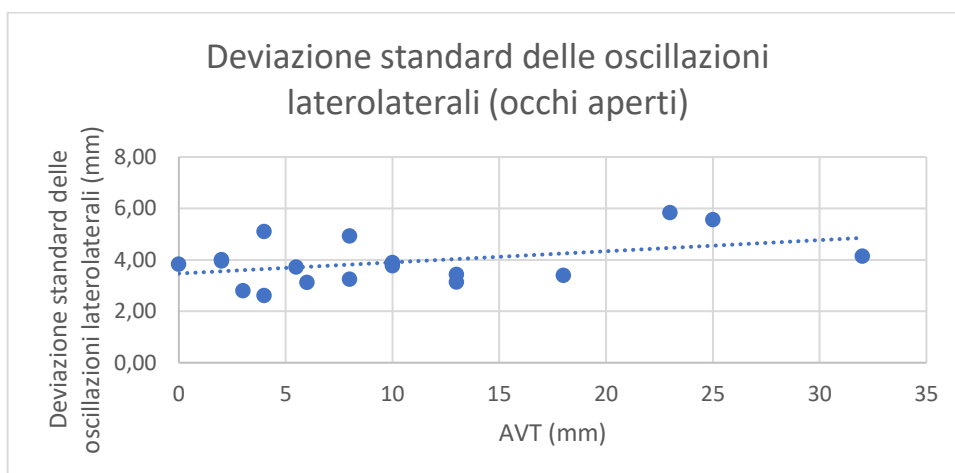


Grafico 7. Regressione lineare tra AVT e deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali durante l'esame ad occhi aperti.  $R = 0,42$ .  $p = 0,08$ .

### 3.3.3 SBANDAMENTO C7-SACRO E INDICI STABILOMETRICI

In *Tabella 17* sono riportati i valori di  $R$  e  $p$  per ciascuno dei parametri considerati, durante l'esame ad occhi aperti e chiusi.

Tabella 17. Correlazione tra sbandamento C7-sacro e indici stabilometrici.

	CORRELAZIONE SBANDAMENTO C7-SACRO			
	OCCHI APERTI		OCCHI CHIUSI	
	R	p	R	p
Dist. X baricentro da CBA	-0,46	0,05	0,11	0,66
Dist. Y baricentro da CBA	0,51	0,03	0,34	0,17
Sway path	0,32	0,20	0,03	0,89
Sway area	0,59	0,01	0,15	0,56
SA/SP	0,71	< 0,01	0,31	0,20
Dev. st. oscillazioni AP	0,72	< 0,01	0,16	0,52
Dev. st. oscillazioni LL	0,54	0,02	0,59	0,01
Area ellisse	0,76	< 0,01	0,34	0,17
Rapporto assi ellisse	0,15	0,54	0,38	0,12
SD/ST	0,27	0,28	0,03	0,88

Dall'analisi dei valori di R e p in *Tabella 17* sono emerse relazioni statisticamente significative tra lo sbandamento di C7 rispetto al sacro e le distanze X e Y del baricentro della traiettoria dal CBA (*Grafici 8 e 9*), la sway area (*Grafico 10*), il rapporto tra sway area e sway path (*Grafico 11*), la deviazione standard delle oscillazioni anteroposteriori e laterolaterali (*Grafici 12 e 13*) e l'area dell'ellisse di confidenza (*Grafico 14*) registrati durante l'esame ad occhi aperti.

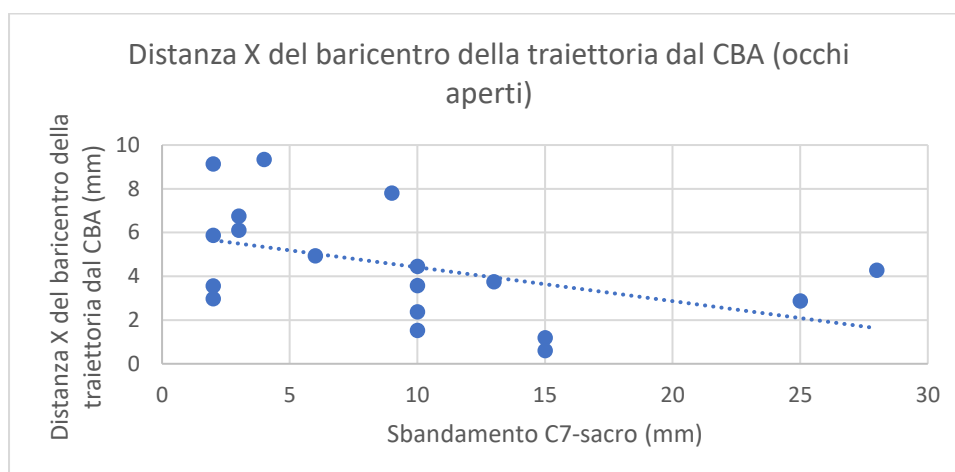


Grafico 8. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e distanza C del baricentro della traiettoria dal CBA durante l'esame ad occhi aperti.  $R = -0,46$ .  $p = 0,05$ .

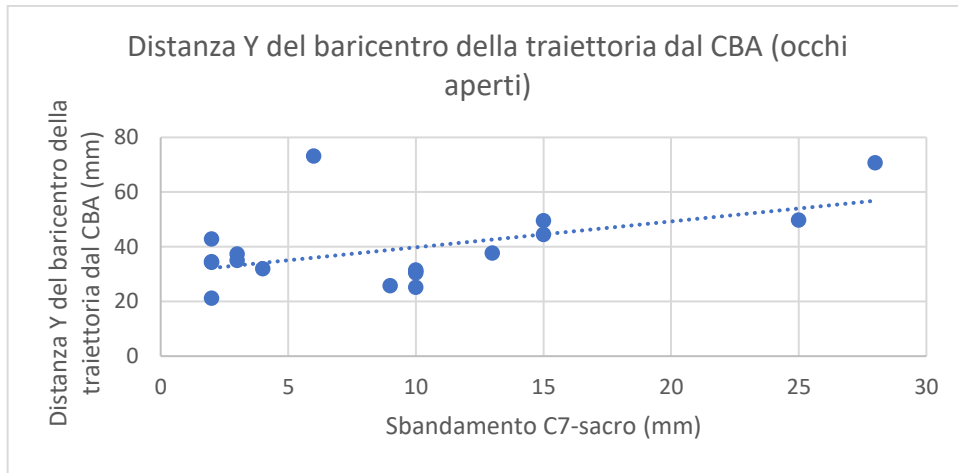


Grafico 9. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e distanza Y del baricentro della traiettoria dal CBA durante l'esame ad occhi aperti.  $R = 0,51$ .  $p = 0,03$ .

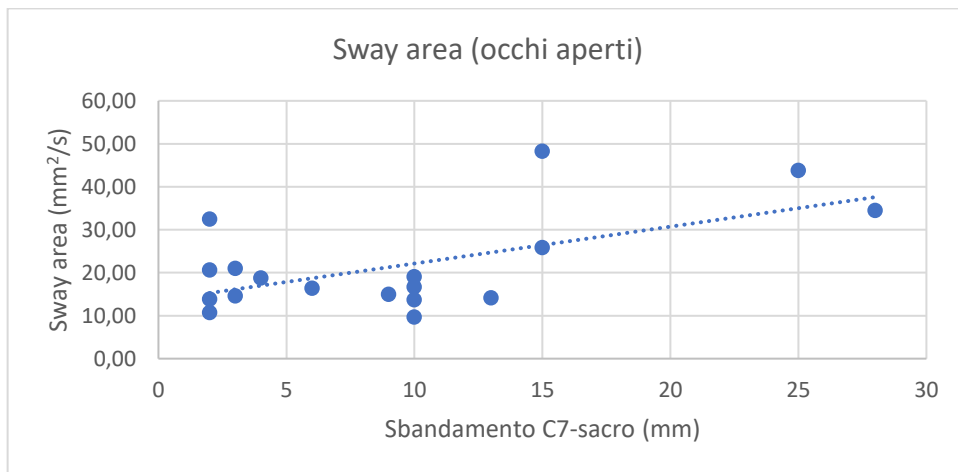


Grafico 10. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e sway area durante l'esame ad occhi aperti.  $R = 0,59$ .  $p = 0,01$ .

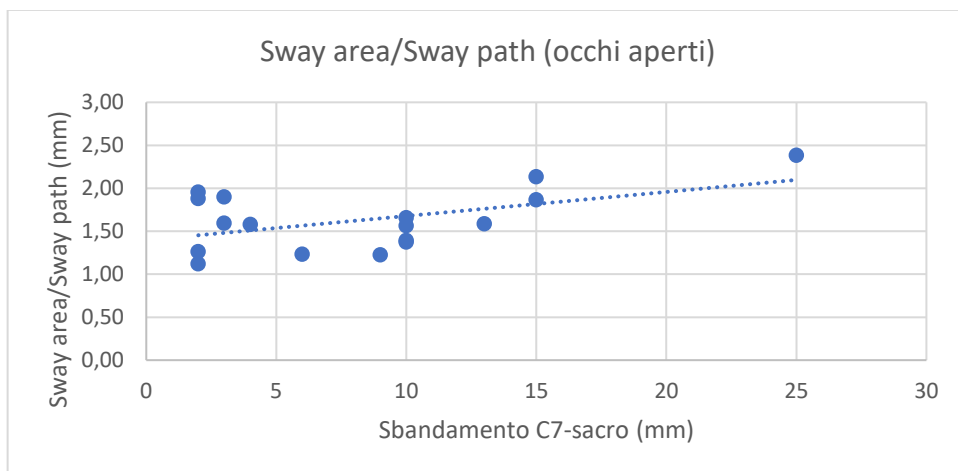


Grafico 11. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e rapporto sway area/sway path durante l'esame ad occhi aperti.  $R = 0,71$ .  $p < 0,01$ .

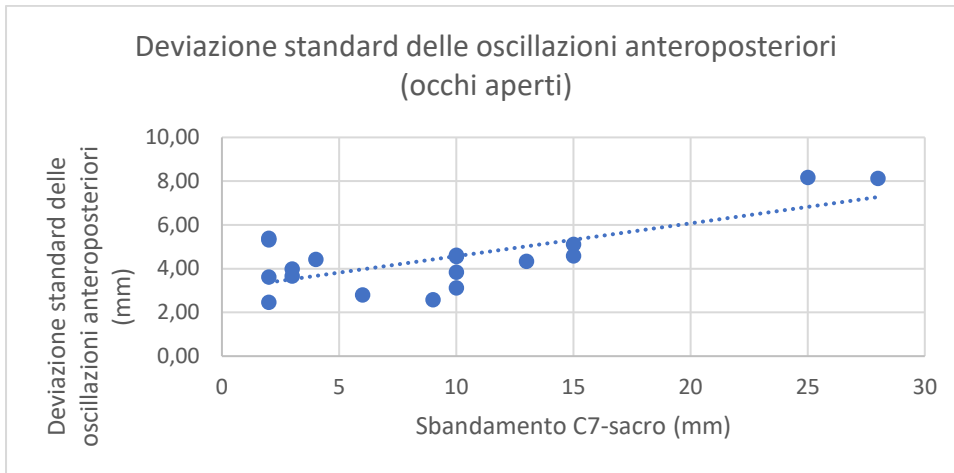


Grafico 12. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e deviazione standard delle oscillazioni anteroposteriori durante l'esame ad occhi aperti.  $R = 0,72$ .  $p < 0,01$ .

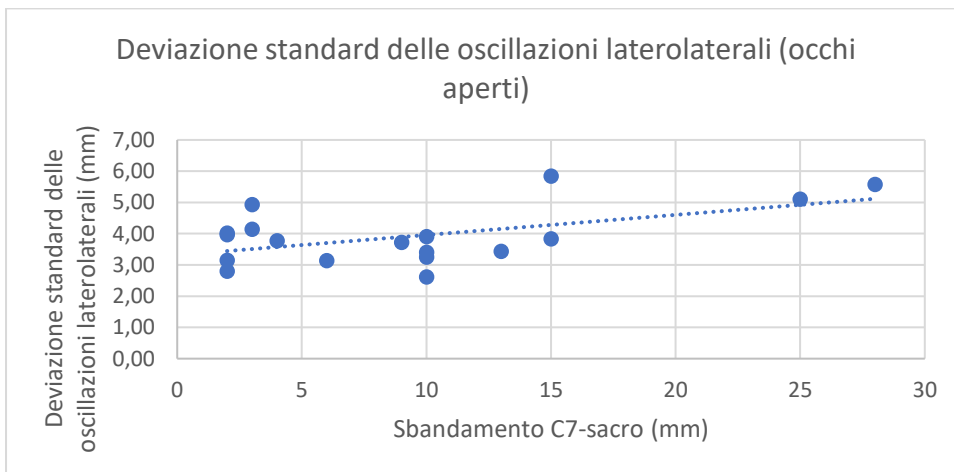


Grafico 13. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali durante l'esame ad occhi aperti.  $R = 0,54$ .  $p = 0,02$ .

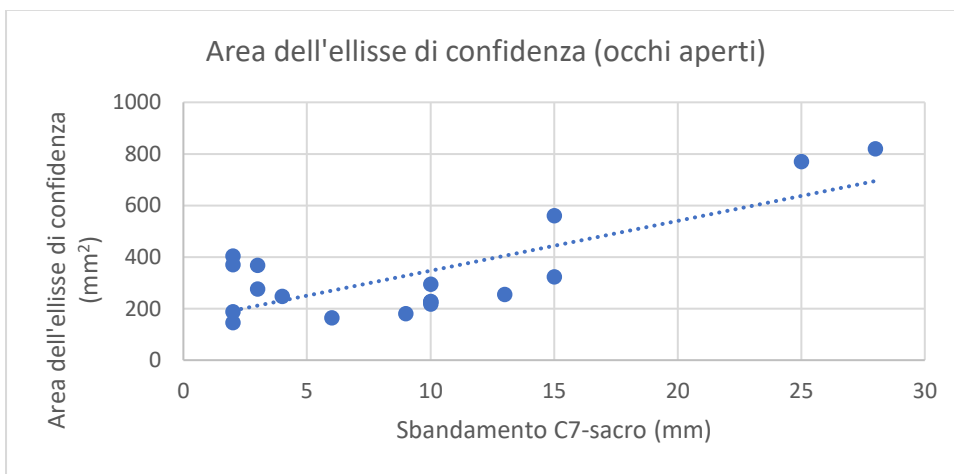
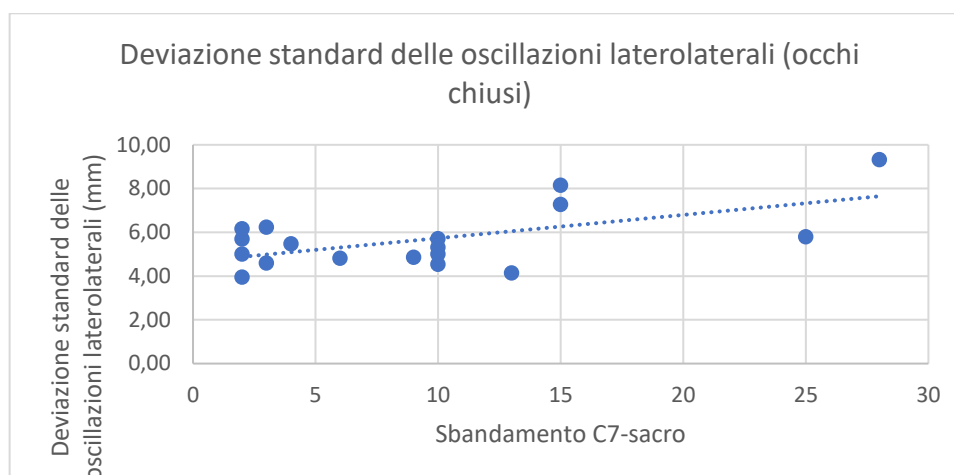


Grafico 14. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e area dell'ellisse di confidenza durante l'esame ad occhi aperti.  $R = 0,76$ .  $p < 0,01$ .

Per quanto riguarda le rilevazioni effettuate durante l'esame ad occhi chiusi, solo la deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali ha mostrato di avere una relazione statisticamente significativa con lo sbandamento di C7 rispetto al sacro (*Grafico 15*); tutte le altre rilevazioni effettuate ad occhi chiusi non hanno raggiunto la significatività statistica.



*Grafico 15. Regressione lineare tra sbandamento C7-sacro e deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali durante l'esame ad occhi chiusi. R = 0,59. p = 0,01.*

### 3.4 TRATTAMENTO ORTESICO E INDICI STABILOMETRICI

Le misure di superficie dinamiche dei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico (ORTESI) sono state messe a confronto con quelle dei soggetti affetti dalla stessa patologia ma non sottoposti a trattamento ortesico (NO ORTESI). I valori di significatività ricavati da tale analisi sono riportati in *Tabella 18* per l'esame effettuato ad occhi aperti ed in *Tabella 19* per l'esame effettuato ad occhi chiusi.

*Tabella 18. Confronto degli indici stabilometrici tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico e soggetti affetti dalla stessa patologia non sottoposti a questo tipo di trattamento durante l'esame ad occhi aperti.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. NO ORTESI</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. ORTESI</b>	<b>p-value</b>
Dist. X baricentro da CBA	3,92 ± 2,83	4,97 ± 2,39	0,40
Dist. Y baricentro da CBA	43,76 ± 14,34	35,60 ± 13,74	0,24

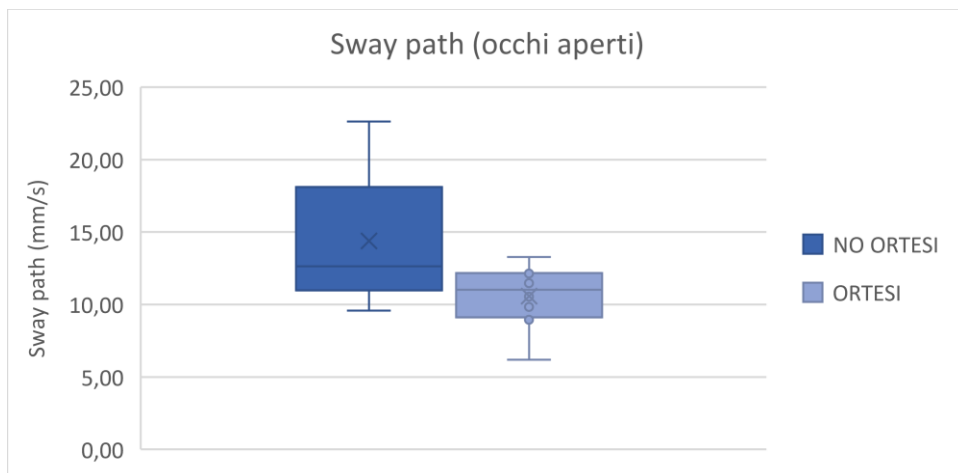
Sway path	14,40 ± 4,58	10,57 ± 2,09	0,03
Sway area	28,82 ± 13,48	15,86 ± 3,16	0,01
SA/SP	1,95 ± 0,60	1,52 ± 0,22	0,05
Dev. st. oscillazioni AP	5,17 ± 2,04	3,93 ± 0,90	0,10
Dev. st. oscillazioni LL	4,40 ± 1,13	3,54 ± 0,46	0,04
Area ellisse	442,67 ± 251,38	248,90 ± 67,15	0,03
Rapporto assi ellisse	1,41 ± 0,19	1,49 ± 0,30	0,51
SD/ST	23,61 ± 10,78	14,94 ± 4,54	0,03

Tabella 19. Confronto degli indici stabilometrici tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico e soggetti affetti dalla stessa patologia non sottoposti a questo tipo di trattamento durante l'esame ad occhi chiusi.

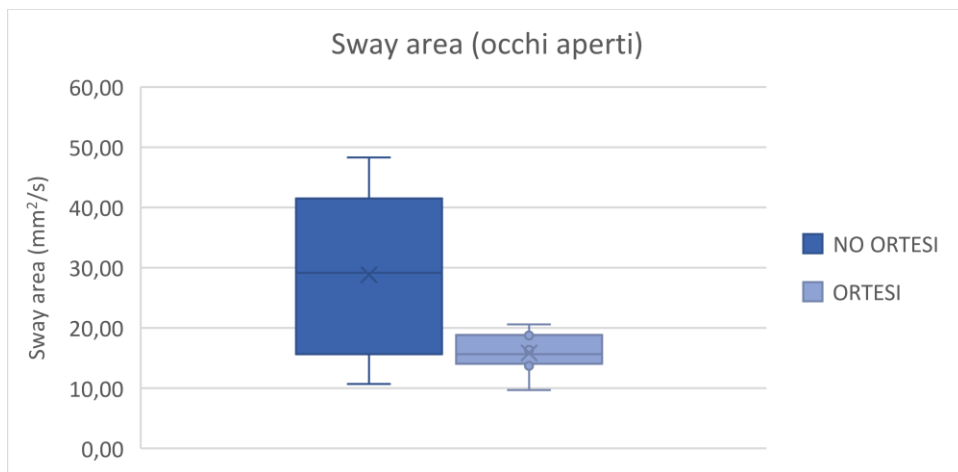
	<b>MEDIA ± DEV. ST. NO ORTESI</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. ORTESI</b>	<b>p-value</b>
Dist. X baricentro da CBA	4,34 ± 1,97	3,78 ± 3,10	0,67
Dist. Y baricentro da CBA	33,74 ± 17,16	32,11 ± 13,69	0,83
Sway path	26,49 ± 9,42	18,38 ± 4,14	0,03
Sway area	73,00 ± 42,48	37,43 ± 12,24	0,02
SA/SP	2,57 ± 0,77	2,01 ± 0,32	0,05
Dev. st. oscillazioni AP	6,22 ± 2,14	4,80 ± 1,02	0,08
Dev. st. oscillazioni LL	6,49 ± 1,72	5,01 ± 0,52	0,02
Area ellisse	774,70 ± 376,14	447,80 ± 120,50	0,02
Rapporto assi ellisse	1,35 ± 0,30	1,30 ± 0,12	0,68
SD/ST	61,54 ± 33,81	34,33 ± 11,52	0,03

Dall'analisi dei valori riportati nelle *Tablelle 18 e 19* sono state riscontrate alcune differenze statisticamente significative tra i soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico ed i soggetti affetti dalla medesima patologia non sottoposti a questo tipo di trattamento.

Per quanto riguarda l'esame eseguito ad occhi aperti, sei parametri su dieci hanno mostrato differenze statisticamente significative: lo sway path (*Grafico 16*), la sway area (*Grafico 17*), il rapporto sway area/sway path (*Grafico 18*), la deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali (*Grafico 19*), l'area dell'ellisse di confidenza (*Grafico 20*) ed il rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza (*Grafico 21*), risultando ridotti nei soggetti sottoposti a trattamento ortesico rispetto a quelli non sottoposti a questo trattamento.



*Grafico 16. Sway path in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi aperti. P = 0,03.*



*Grafico 17. Sway area in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi aperti. P = 0,01.*

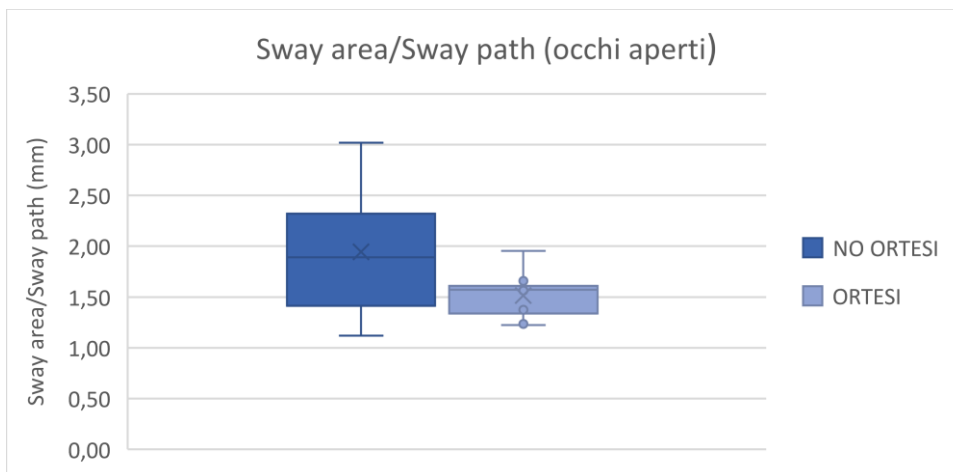


Grafico 18. Rapporto sway area/sway path in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi aperti.  $P = 0,05$ .

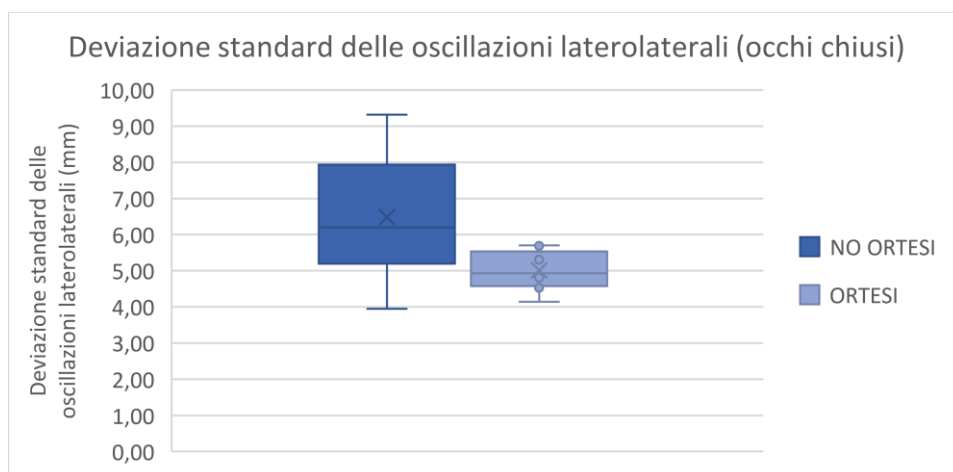


Grafico 19. Deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi aperti.  $P = 0,04$ .

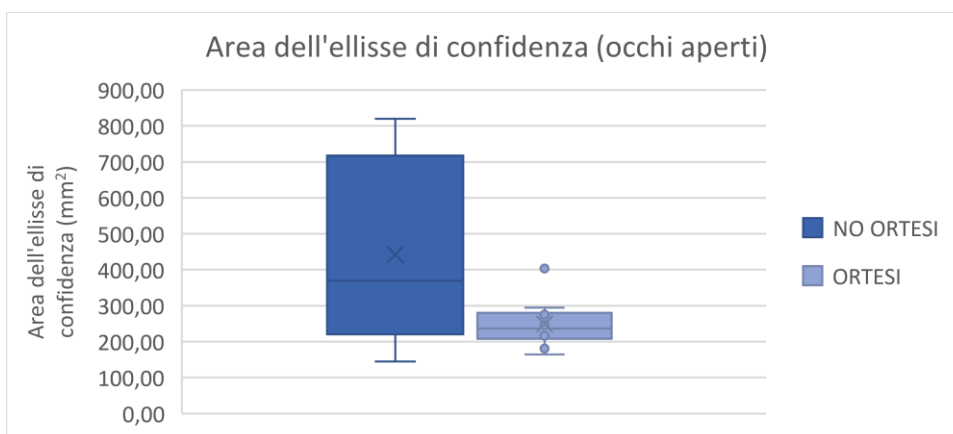


Grafico 20. Area dell'ellisse di confidenza in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi aperti.  $P = 0,03$ .



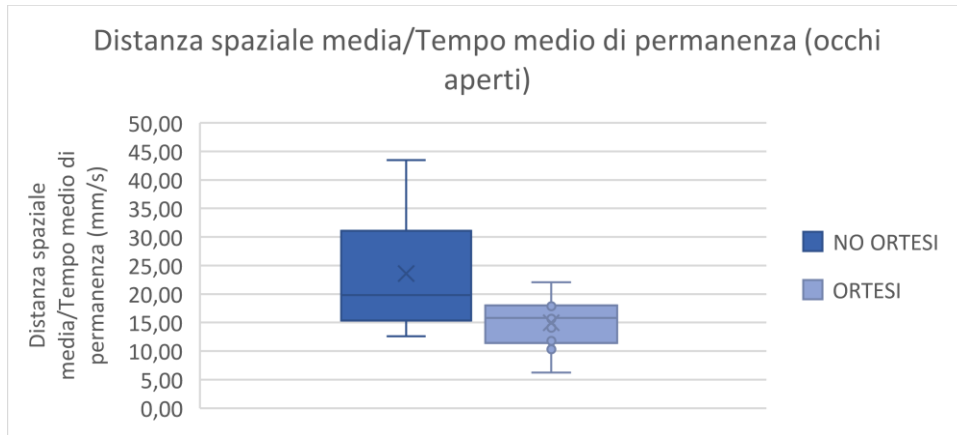


Grafico 21. Rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi aperti.  $P = 0,03$ .

Per quanto riguarda l'esame eseguito ad occhi chiusi i parametri che hanno mostrato differenze statisticamente significative sono i medesimi: lo sway path (Grafico 22), la sway area (Grafico 23), il rapporto sway area/sway path (Grafico 24), la deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali (Grafico 25), l'area dell'ellisse di confidenza (Grafico 26) ed il rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza (Grafico 27), risultando ridotti nei soggetti sottoposti a trattamento ortesico rispetto a quelli non sottoposti a questo trattamento.

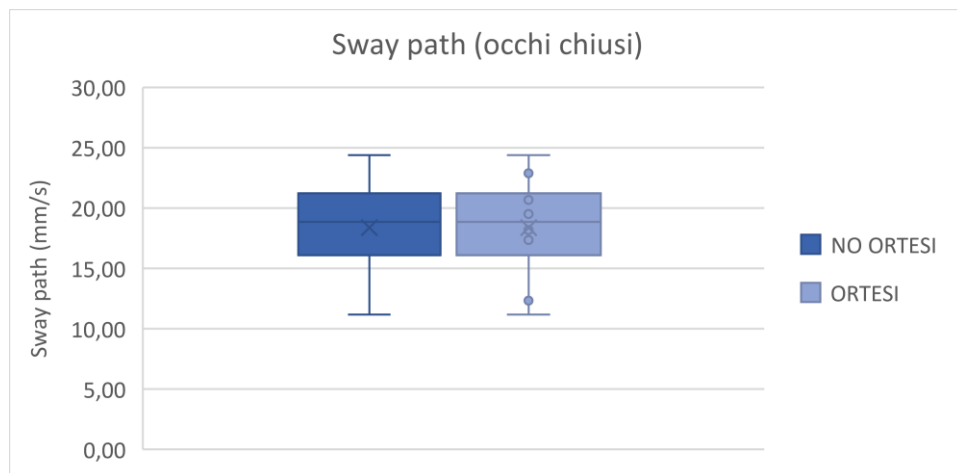


Grafico 22. Sway path in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,03$ .

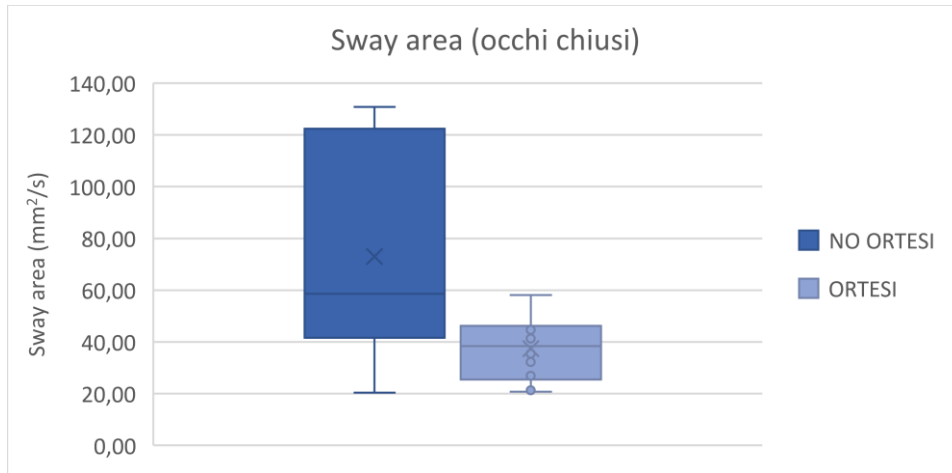


Grafico 23. Sway area in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,02$ .

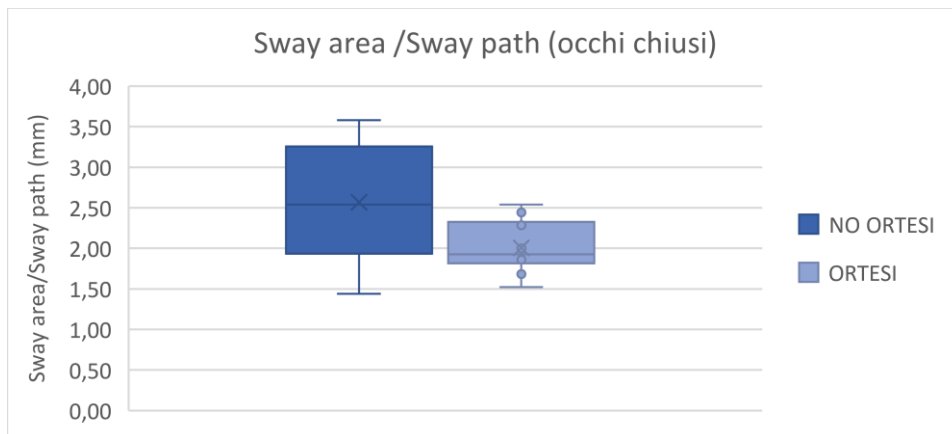


Grafico 24. Rapporto sway area/sway path in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,05$ .

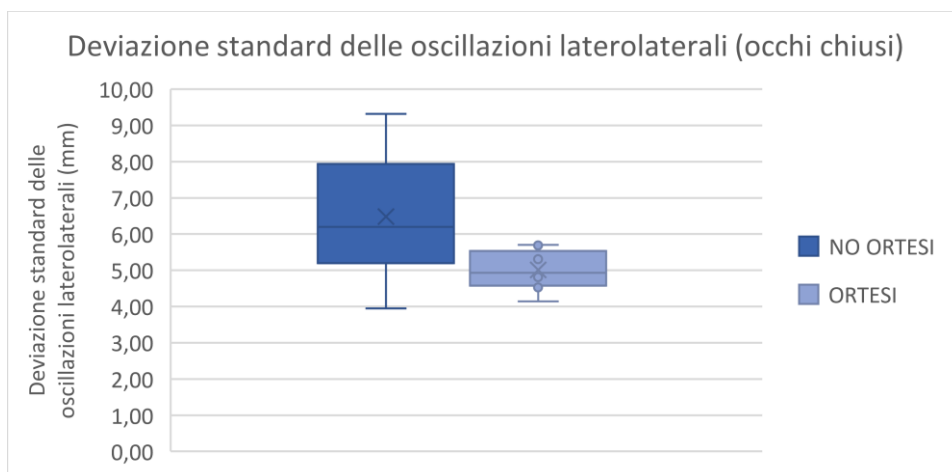


Grafico 25. Deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,02$ .

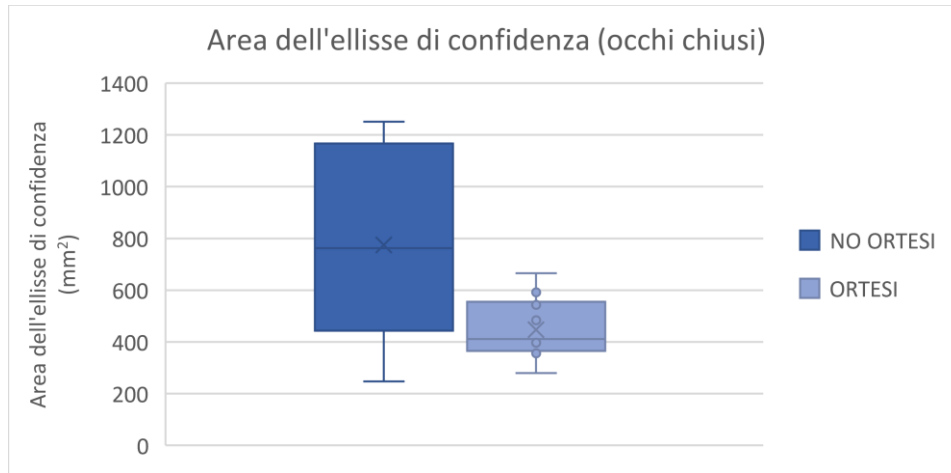


Grafico 26. Area dell'ellisse di confidenza in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,02$ .

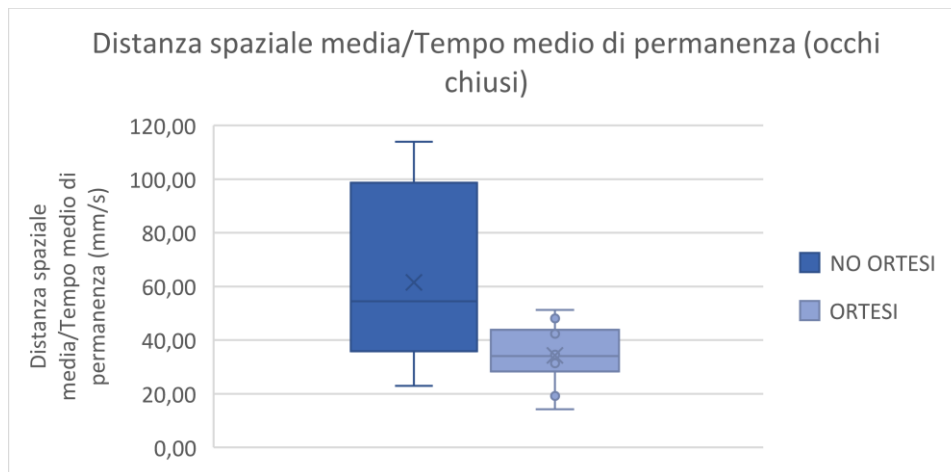


Grafico 27. Rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza in soggetti sottoposti ad ortesi e non durante l'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,03$ .

Sono stati messi a confronto i parametri stabilometrici dei soggetti sottoposto a trattamento ortesico durante l'esame con e senza busto. I valori di significatività ricavati da tale analisi sono riportati in *Tabella 20* per l'esame effettuato ad occhi aperti ed in *Tabella 21* per l'esame effettuato ad occhi chiusi.

Tabella 20. Confronto degli indici stabilometrici dei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico con e senza busto durante l'esame ad occhi aperti.

	<b>MEDIA ± DEV. ST. NO BUSTO</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. BUSTO</b>	<b>p-value</b>
Dist. X baricentro da CBA	4,97 ± 2,39	3,79 ± 2,71	0,21
Dist. Y baricentro da CBA	35,60 ± 13,74	37,65 ± 12,60	0,63

Sway path	10,57 ± 2,09	10,93 ± 3,00	0,82
Sway area	15,86 ± 3,16	21,67 ± 12,75	0,34
SA/SP	1,52 ± 0,22	1,87 ± 0,83	0,32
Dev. st. oscillazioni AP	3,93 ± 0,90	4,82 ± 2,36	0,55
Dev. st. oscillazioni LL	3,54 ± 0,46	4,05 ± 1,42	0,56
Area ellisse	248,90 ± 67,15	390,00 ± 291,54	0,17
Rapporto assi ellisse	1,49 ± 0,30	1,55 ± 0,37	0,72
SD/ST	14,94 ± 4,54	16,06 ± 6,74	0,88

Tabella 21. Confronto degli indici stabilometrici dei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sottoposti a trattamento ortesico con e senza busto durante l'esame ad occhi chiusi.

	<b>MEDIA ± DEV. ST. NO ORTESI</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. ORTESI</b>	<b>p-value</b>
Dist. X baricentro da CBA	3,78 ± 3,10	5,43 ± 3,76	0,23
Dist. Y baricentro da CBA	32,11 ± 13,69	34,18 ± 12,79	0,71
Sway path	18,38 ± 4,14	18,71 ± 6,11	0,67
Sway area	37,43 ± 12,24	44,48 ± 24,66	0,29
SA/SP	2,01 ± 0,32	2,44 ± 0,96	0,13
Dev. st. oscillazioni AP	4,80 ± 1,02	5,58 ± 2,19	0,26
Dev. st. oscillazioni LL	5,01 ± 0,52	8,83 ± 10,90	0,30
Area ellisse	447,80 ± 120,50	565,58 ± 296,20	0,21
Rapporto assi ellisse	1,30 ± 0,12	1,45 ± 0,27	0,16
SD/ST	34,33 ± 11,52	37,24 ± 18,06	0,43

Dall'analisi dei dati presenti nelle *Tabelle 20 e 21* non sono emerse differenze significative tra l'esame eseguito dai soggetti sottoposti a trattamento ortesico con e senza busto, né ad occhi aperti né ad occhi chiusi.

### 3.5 CONFRONTO DEGLI INDICI STABILOMETRICI TRA SOGGETTI AIS E SANI

I parametri stabilometrici dei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sono stati messi a confronto con quelli dei soggetti sani. I valori di significatività ricavati da tale analisi sono riportati in *Tabella 22* per l'esame effettuato ad occhi aperti ed in *Tabella 23* per l'esame effettuato ad occhi chiusi.

*Tabella 22. Confronto degli indici stabilometrici tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale e soggetti sani durante l'esame ad occhi aperti.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. AIS</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. SANI</b>	<b>p-value</b>
Dist. X baricentro da CBA	4,51 ± 2,57	3,30 ± 3,55	0,25
Dist. Y baricentro da CBA	39,22 ± 14,21	35,08 ± 10,90	0,33
Sway path	12,27 ± 3,85	12,77 ± 3,32	0,68
Sway area	21,62 ± 11,14	25,32 ± 14,97	0,41
SA/SP	1,71 ± 0,47	1,90 ± 0,79	0,37
Dev. st. oscillazioni AP	4,48 ± 1,60	4,49 ± 1,68	0,98
Dev. st. oscillazioni LL	3,92 ± 0,91	4,98 ± 2,03	0,05
Area ellisse	335,02 ± 195,51	431,80 ± 391,27	0,35
Rapporto assi ellisse	1,46 ± 0,25	1,56 ± 0,50	0,42
SD/ST	18,79 ± 8,86	20,40 ± 8,15	0,58

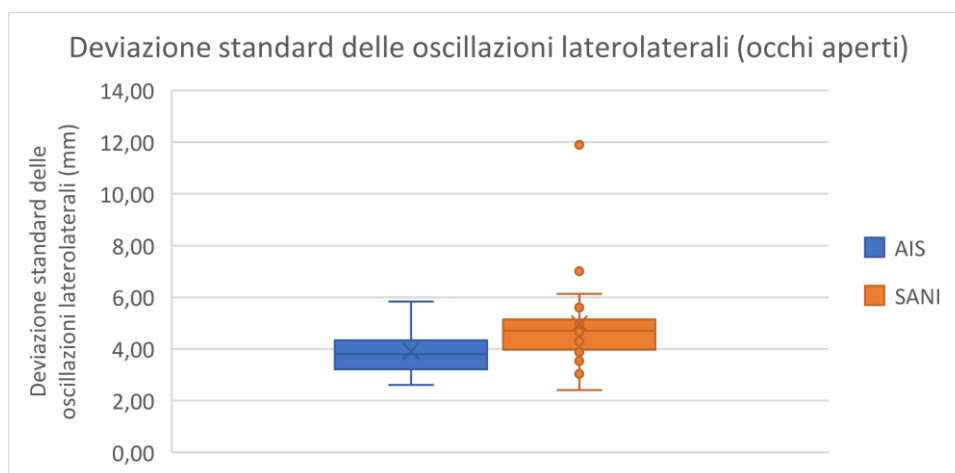
*Tabella 23. Confronto degli indici stabilometrici tra soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale e soggetti sani durante l'esame ad occhi chiusi.*

	<b>MEDIA ± DEV. ST. AIS</b>	<b>MEDIA ± DEV. ST. SANI</b>	<b>p-value</b>
Dist. X baricentro da CBA	4,03 ± 2,60	4,49 ± 3,80	0,68
Dist. Y baricentro da CBA	32,83 ± 14,87	32,41 ± 12,23	0,92
Sway path	21,98 ± 7,93	16,78 ± 4,84	0,02
Sway area	53,24 ± 33,95	35,32 ± 17,33	0,05
SA/SP	2,26 ± 0,62	2,02 ± 0,67	0,28
Dev. st. oscillazioni AP	5,43 ± 1,72	4,95 ± 1,69	0,41

Dev. st. oscillazioni LL	5,67 ± 1,39	4,96 ± 1,49	0,15
Area ellisse	593,09 ± 306,40	447,61 ± 279,61	0,25
Rapporto assi ellisse	1,32 ± 0,21	1,45 ± 0,57	0,39
SD/ST	46,42 ± 27,10	30,60 ± 13,06	0,03

Dall'analisi dei valori riportati nelle *Tabelle 22 e 23* sono state riscontrate alcune differenze statisticamente significative tra i soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale ed i soggetti sani.

Per quanto riguarda l'esame eseguito ad occhi aperti, solo la deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali ha mostrato differenze significative tra i due campioni, risultando ridotta nei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale rispetto al gruppo di controllo (*Grafico 28*).



*Grafico 28. Deviazione standard delle oscillazioni laterolaterali in soggetti AIS e SANI durante l'esame ad occhi aperti. P = 0,05.*

L'esame eseguito ad occhi chiusi ha evidenziato, invece, tre differenze statisticamente significative; nello specifico, nel gruppo di soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale sono risultati aumentati lo sway path (*Grafico 30*), la sway area (*Grafico 31*) ed il rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di percorrenza (*Grafico 32*).

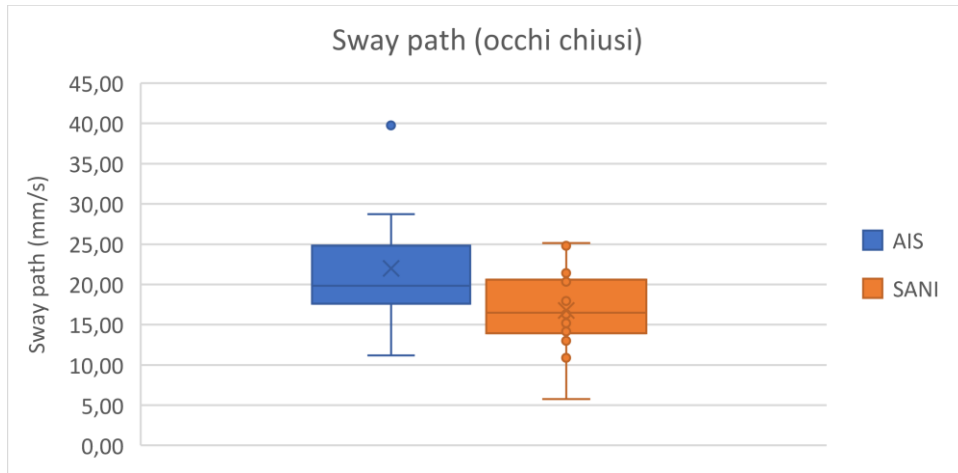


Grafico 29. Sway path in soggetti AIS e SANI durante l'esecuzione dell'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,02$ .

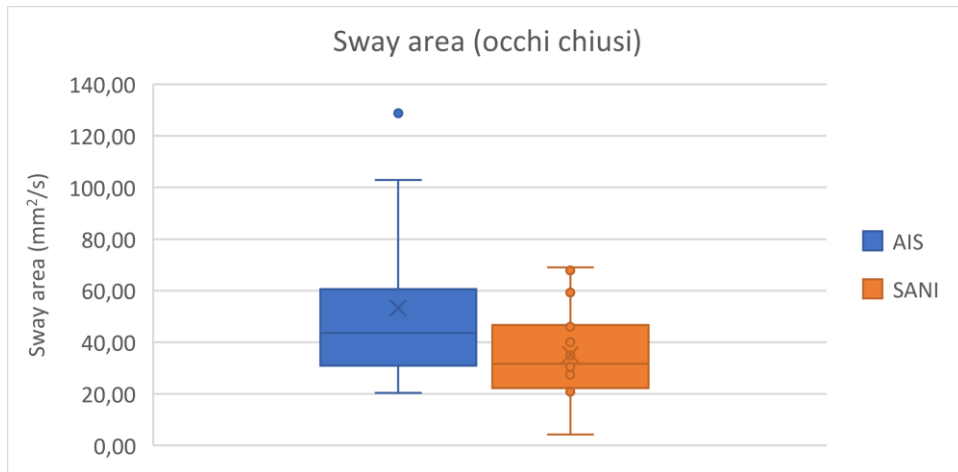


Grafico 30. Sway area in soggetti AIS e SANI durante l'esecuzione dell'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,05$ .

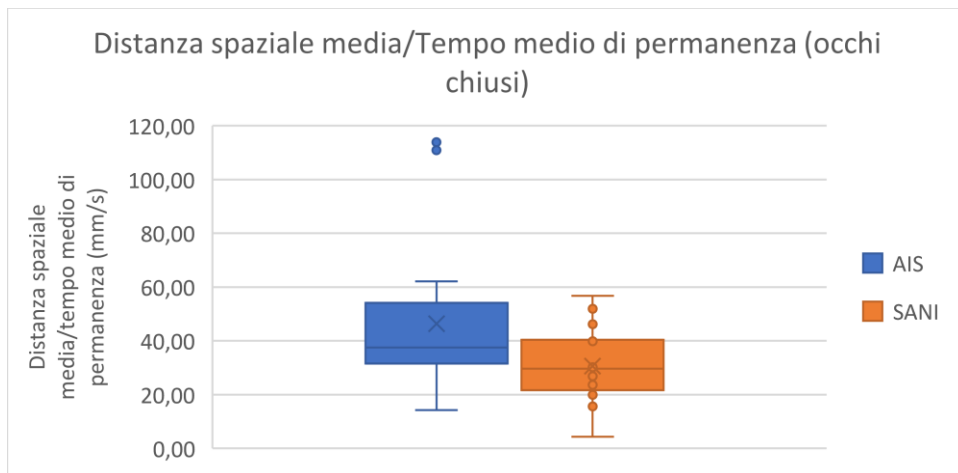


Grafico 31. Rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza in soggetti AIS e SANI durante l'esecuzione dell'esame ad occhi chiusi.  $P = 0,03$ .





## DISCUSSIONE

La scoliosi idiopatica adolescenziale è una patologia che determina, a seconda della gravità, alterazioni più o meno marcate a livello dei corpi vertebrali, dei dischi intervertebrali, della muscolatura paravertebrale e dell'intero apparato legamentoso del rachide. Alterazioni di questo tipo, oltre ad essere causa di deformità estetiche e possibili algie, possono provocare limitazioni funzionali, andando a modificare il profilo biomeccanico del rachide.

Diversi studi sono stati sviluppati nel tentativo di associare una ridotta mobilità del rachide all'entità della curva scoliotica misurata in gradi Cobb, senza ottenere però risultati univoci.<sup>113-120</sup> Si è pensato, quindi, di analizzare con maggiore attenzione il grado di rotazione della vertebra apicale della curva scoliotica, che differenzia le scoliosi strutturali da quelle funzionali e determina la presenza del gibbo, segno patognomonico della scoliosi.

La letteratura in merito all'associazione tra rotazione vertebrale e mobilità del rachide è molto scarna ed i risultati ottenuti non soddisfacenti; si riporta, infatti, un singolo studio in cui è stata riscontrata una riduzione del movimento di flessione all'aumentare della rotazione vertebrale.<sup>121</sup>

L'analisi effettuata nel presente studio non ha riscontrato relazioni significative tra il grado di rotazione vertebrale e la mobilità del rachide. I valori dei ROM della colonna ottenuti sono stati rapportati anche all'entità della curva misurata in gradi Cobb, senza ottenere risultati significativi. Nemmeno il confronto della mobilità del rachide tra soggetti sottoposti a trattamento ortesico e non ha evidenziato differenze significative: dal momento che le misure di superficie dinamiche rilevate in questi due gruppi sono risultate pressoché sovrapponibili, sembra che il trattamento ortesico non vada a compromettere la mobilità dei soggetti che se ne sottopongono. Anche in merito a questa relazione la letteratura risulta povera, in quanto, spesso, il trattamento ortesico è stato considerato un criterio di esclusione dei soggetti dallo studio.<sup>122</sup>

Sono emerse, però, differenze significative in merito a mobilità del rachide tra il gruppo di soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale ed il gruppo di

controllo: i soggetti scoliotici hanno mostrato una riduzione significativa dei movimenti di flessione ed inclinazione laterale del rachide lombare rispetto alla popolazione di soggetti sani. A tal proposito, non è presente in letteratura un consenso generale: alcuni autori, infatti, sostengono che non ci siano differenze statisticamente significative in merito alla mobilità della colonna tra soggetti scoliotici e sani<sup>114</sup>, mentre altri ritengono che queste differenze si manifestino in modo significativo solo per curve di entità severa<sup>117</sup>; altri ancora ritengono che le compromissioni della mobilità del rachide siano localizzate prevalentemente a livello lombare<sup>118-120</sup>. Il presente studio, avendo evidenziato una riduzione dei ROM di flessione ed inclinazione laterale del rachide lombare, sembra confermare quanto sostenuto da questi ultimi autori.

Come già sottolineato, le deformità del rachide nei pazienti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale possono essere causa di un'alterazione dei rapporti tra i vari segmenti corporei. Diversi studi sono stati sviluppati su questa tematica, rilevando alterazioni della stabilità dei pazienti scoliotici nella quasi totalità dei casi; nella maggior parte di questi studi, però, sono state evidenziate solo differenze tra soggetti scoliotici e sani e non è stata indagata nessuna correlazione con parametri relativi alla deformità scoliotica. Questo studio ha voluto quindi indagare la relazione tra la rotazione della vertebra apicale e gli indici di stabilità rilevati tramite una pedana stabilometrica: i risultati di tale indagine, però, non hanno condotto a relazioni statisticamente significative. Nemmeno il confronto con la severità della curva ha evidenziato relazioni significative.

Sono stati quindi valutati, in qualità di indicatori radiografici di asimmetria del rachide, lo sbandamento del tronco rispetto al sacro, l'AVT (apical vertebral translation) e lo sbandamento di C7 rispetto al sacro. Dall'analisi della relazione tra lo sbandamento del tronco rispetto al sacro e gli indici stabilometrici non è stato possibile ricavare risultati significativi. L'analisi della relazione tra l'AVT ed i medesimi parametri ha evidenziato solo un aumento della distanza Y del baricentro della traiettoria del COP dal centro della base di appoggio durante il test ad occhi chiusi. Per quanto si tratti di un riscontro isolato, questo dato depone a favore di uno spostamento in senso anteroposteriore del COP rispetto al centro della base di appoggio.

Per quanto riguarda la relazione tra lo sbandamento di C7 rispetto al sacro ed i parametri stabilometrici è stato riscontrato un aumento dell'ampiezza della sway area, degli aggiustamenti posturali sia anteroposteriori che laterolaterali e dell'area dell'ellisse di confidenza all'aumentare della distanza C7-sacro durante l'esecuzione dell'esame ad occhi aperti: dal momento che questi parametri sono direttamente proporzionali all'ampiezza dell'oscillazione è possibile affermare che un aumento dell'asimmetria tra C7 ed il sacro determina una diminuzione della stabilità posturale. Sono stati riscontrati, inoltre, un aumento della distanza Y ed una diminuzione della distanza X del baricentro della traiettoria del COP dal centro della base di appoggio sempre durante l'esecuzione dell'esame ad occhi aperti: questi dati sembrano dimostrare che ad un aumento dello sbandamento laterale di C7 rispetto al sacro corrisponda uno scostamento del baricentro del COP in senso anteroposteriore ed un suo avvicinamento in senso laterolaterale al centro della base di appoggio; il fatto che queste correlazioni siano presenti solo durante il test ad occhi aperti dimostra che il reclutamento del sistema propriocettivo ad occhi chiusi è indipendente dallo sbandamento del rachide cervicale rispetto al sacro. Infine, è stato riscontrato un aumento del rapporto tra sway area e sway path durante l'esame ad occhi aperti all'aumentare dello sbandamento C7-sacro, parametro che correla con l'aumento dell'ampiezza delle oscillazioni e potrebbe essere interpretato con la presenza di maggiore ipotono muscolare nei soggetti con sbandamenti più marcati; anche questa alterazione, però non è stata rilevata durante l'esecuzione dell'esame ad occhi chiusi. Solo gli aggiustamenti posturali in senso laterolaterale sono risultati aumentati anche durante l'esecuzione dell'esame ad occhi chiusi, dato giustificabile dal fatto che lo sbandamento di C7 rispetto al sacro avviene sul piano frontale.

Sono stati inoltre confrontati i parametri rilevati dai test dei soggetti sottoposti a trattamento ortesico con quelli dei soggetti non sottoposti a questo trattamento, entrambi effettuati senza busto. I risultati hanno dimostrato una riduzione dello sway path, della sway area, degli aggiustamenti posturali laterolaterali e dell'area dell'ellisse di confidenza sia ad occhi aperti che ad occhi chiusi nei soggetti sottoposti al trattamento rispetto al resto del gruppo. Sono risultati diminuiti anche il rapporto tra sway area e sway path ed il rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza: la diminuzione di quest'ultimo parametro è indice

di un miglior controllo motorio da parte dei soggetti sottoposti ad ortesi, così come la diminuzione del rapporto sway area/sway path indica maggior tono muscolare. Questi risultati si pongono in contrasto con alcuni studi presenti in letteratura, che hanno evidenziato una minore stabilità posturale nei pazienti sottoposti a trattamento ortesico<sup>139</sup>. Si trovano però a confermare, almeno in parte, quanto sostenuto Wiernika et al., ossia che le alterazioni strutturali presenti in scoliosi di grado moderato e severo possano favorire lo sviluppo di meccanismi di compenso e adattamento<sup>138</sup>; nel presente studio, infatti, i soggetti sottoposti a trattamento ortesico erano quelli con scoliosi di entità maggiore.

Il confronto dei test eseguiti con busto e senza busto dai soggetti sottoposti a questo tipo di trattamento non ha evidenziato differenze significative. Questo risultato contrasta con i pochi dati presenti in letteratura, dai quali emerge una riduzione della stabilità posturale dei pazienti durante l'utilizzo del corsetto rispetto a quando non lo indossano.<sup>139</sup> Da questi dati si può quindi concludere che il busto non vada ad alterare in negativo la stabilità dei soggetti che lo utilizzano.

Infine, sono emerse alcune differenze significative dal confronto degli indici stabilometrici tra i soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale ed i soggetti sani. Per quanto riguarda l'esame eseguito ad occhi aperti gli aggiustamenti posturali laterolaterali sono risultati diminuiti nei soggetti scoliotici rispetto alla popolazione sana, ma è difficile attribuire un significato preciso alla rilevazione di quest'unica differenza. Per quanto riguarda, invece, l'esame eseguito ad occhi chiusi nei soggetti scoliotici sono risultati aumentati lo sway path, la sway area ed il rapporto tra la distanza spaziale media ed il tempo medio di permanenza: sembra quindi che differenze in termini di stabilità posturale nei soggetti scoliotici si manifestino prevalentemente ad occhi chiusi, quando viene meno l'effetto di stabilizzazione posturale della vista, e siano quindi legate a deficit propriocettivi dovuti alle alterazioni strutturali presenti. Questi dati confermano, almeno in parte, quanto sostenuto da Nault et al., i quali hanno riscontrato un aumento significativo della sway area nei soggetti scoliotici rispetto alla controparte sana, dimostrando come i soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale debbano attuare un numero maggiore di aggiustamenti per mantenere una certa stabilità posturale.<sup>136</sup>

Un limite del presente studio può essere dato dalla numerosità del campione. Inoltre, il grado di rotazione dei soggetti in esame, anche se mediamente elevato, copriva un range ridotto, e la quasi totalità dei soggetti indagati presentava curve di entità lieve e moderata, non potendo rappresentare in maniera appropriata l'intera popolazione di soggetti scoliotici.



## CONCLUSIONI

Il presente studio non ha permesso di evidenziare una relazione statisticamente significativa tra il grado di rotazione vertebrale e la mobilità del rachide, così come non sono state evidenziate relazioni significative tra la rotazione vertebrale e gli indici di stabilità posturale. È stata riscontrata, però, una relazione tra lo sbandamento del rachide cervicale rispetto al sacro e la stabilità posturale ad occhi aperti.

Il confronto con il gruppo di controllo in quanto a mobilità del rachide ha permesso di confermare una riduzione dei movimenti di flessione ed inclinazione laterale nei soggetti affetti da scoliosi idiopatica adolescenziale. Al contrario, non sono state evidenziate differenze riguardo la mobilità del rachide tra soggetti sottoposti a trattamento ortesico e non, dimostrando come il busto non comprometta la mobilità dei soggetti che lo indossano.

In merito alla stabilità posturale è stata rilevata una sua riduzione nei soggetti scoliotici rispetto a quelli sani, durante le rilevazioni ad occhi chiusi, dimostrando come, in assenza della stabilizzazione della vista, i soggetti con scoliosi manifestino difficoltà nel mantenere stabile il proprio equilibrio. Inoltre, il riscontro di una maggiore stabilità posturale nei soggetti sottoposti a trattamento ortesico rispetto alla controparte non trattata con busto sembra deporre a favore di un suo ruolo positivo nell'instaurazione di meccanismi posturali di adattamento alle alterazioni della colonna.

Molte delle relazioni indagate nel presente studio non trovano sufficiente riscontro in letteratura e risultano, in alcuni casi, poco consistenti. I risultati sono però interessanti, in quanto lasciano aperte delle questioni che meritano ulteriori approfondimenti, magari aumentando la numerosità del campione e standardizzando ulteriormente la raccolta dei dati.





## ALLEGATI

*Allegato 1. Questionario per la raccolta dei dati anamnestici e delle misure di superficie statiche e dinamiche.*

COGNOME NOME		n.
DATA DI NASCITA	/ /	
ALTEZZA	cm	PESO
		kg
		<input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> F
MENARCA/MUTA VOCALE <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no    da /		

GIBBO PRINCIPALE		mm	GIBBO SECONDARIO		mm
BUSTO	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	PRESCRIZIONE	ore/die	COMPLIANCE	%
<input type="checkbox"/> AGOSTINI	<input type="checkbox"/> LIONESE	<input type="checkbox"/> CHENEAU	<input type="checkbox"/> MILWAKEE	<input type="checkbox"/> SFORZESCO	<input type="checkbox"/> ART
GINNASTICA MEDICA	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	ore/settimana			
SPORT	<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	ore/settimana			

T1	°	T12	°	S2	°
T1 (autocorrezione)	°	T12 (autocorrezione)	°	S2 (autocorrezione)	°
FLESSIONE T12	-	°	-	°	-
FLESSIONE S2	-	°	-	°	-
ESTENSIONE T12	-	°	-	°	-
ESTENSIONE S2	-	°	-	°	-
INCLINAZIONE DESTRA	-	°	-	°	-
INCLINAZIONE SINISTRA	-	°	-	°	-
ROTAZIONE DESTRA	-	°	-	°	-
ROTAZIONE SINISTRA	-	°	-	°	-

*Allegato 2. Prima pagina rapporto ArgoPlus MK1*

**Medicina Fisica e Riabilitativa Università degli Studi di Padova**  
Via Giustiniani, 2 Padova  
Tel: 049 8218472

---

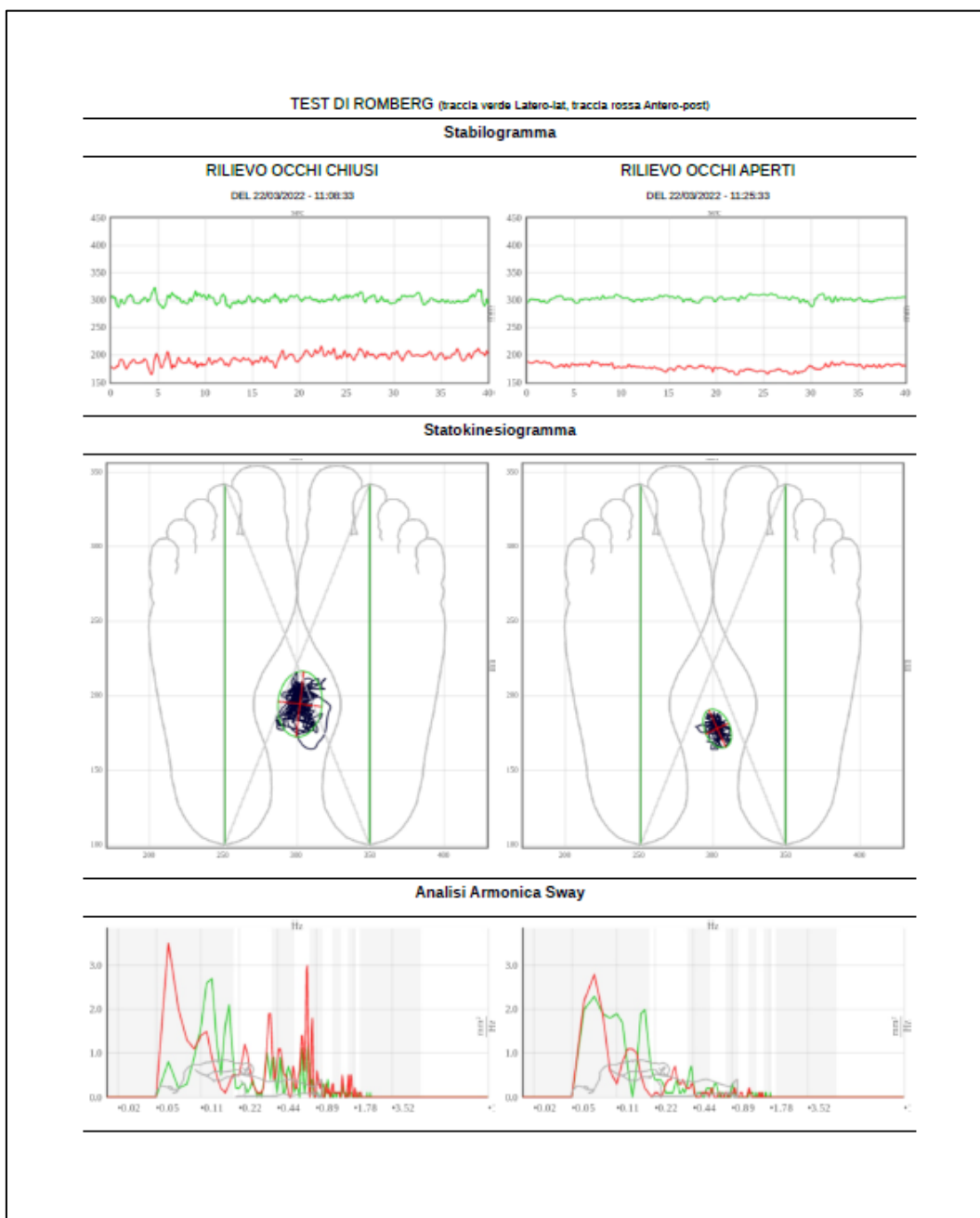
RAPPORTO DEL 22/03/2022 - 11:28:36

Paziente: \_\_\_\_\_ CF: \_\_\_\_\_ Data di Nascita: \_\_\_\_\_  
 Altezza [cm] \_\_\_\_\_ Peso [kg] \_\_\_\_\_ Nr. Scarpa: \_\_\_\_\_

Dati Anamnestici:

I.C.D.  
 I.C.F.  
 WHODAS

Allegato 3. Seconda pagina rapporto ArgoPlus MK1



Allegato 4. Terza pagina rapporto ArgoPlus MK1

DATI RILEVATI

PARAMETRO	Occhi Chiusi		Occhi Aperti	
Distanza X del baricentro traiettoria da Centro Base Appoggio [mm]	1,96		2,98	
Distanza Y del baricentro traiettoria da Centro Base Appoggio [mm]	26,45		42,88	
Sway Path [mm/sec]	*39,76	6,9 - 38,54	17,28	3,13 - 24,04
Sway Area [mm <sup>2</sup> /sec]	*128,82	0,0 - 122,3	32,5	0,0 - 64,01
Rapporto SA/SP [mm]	3,24	0,94 - 3,6	1,88	0,65 - 2,75
Std. Dev. Oscillazioni Antero-Posteriori [mm]	*9,0	1,92 - 8,8	5,31	0,99 - 7,21
Std. Dev. Oscillazioni Latero-Laterali [mm]	6,16	2,51 - 9,06	3,96	1,54 - 6,88
Osc. AP Max [mm]	51,44		25,04	
Osc. LL Max [mm]	37,09		24,21	
Area Ellisse [mm <sup>2</sup> ]	1039,35	0,0 - 1252,6	370,03	0,0 - 760,61
Asse Maggiore [mm]	44,23	13,55 - 49,02	27,54	8,69 - 39,41
Asse minore [mm]	29,92	10,61 - 35,4	17,11	6,1 - 26,37
Inclin. Asse Magg. [gradi]	6,77		154,99	
Rapporto fra gli assi [numero]	1,48	0,87 - 1,89	1,61	0,69 - 2,35
Tempo Medio di Permanenza (ST) [sec]	0,19	0,15 - 0,52	0,39	0,25 - 0,79
Distanza Spaziale Media (SD) [mm]	21,16	7,63 - 21,31	12,07	5,38 - 15,57
Distanza Temporale Media (TD) [sec]	0,54		0,69	
Rapporto SD/ST [mm/sec]	*110,85	0,0 - 103,87	31,1	0,0 - 64,31
Potenza Arm. Tot X [mm <sup>2</sup> /Hz]	203,77		111,1	
Potenza Arm. Tot Y [mm <sup>2</sup> /Hz]	436,93		188,77	
Pot Arm X banda 0,01-0,10 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	40,96	0,0 - 247,0	41,3	0,0 - 207,16
Pot Arm X Banda 0,10-0,25 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	42,64	0,0 - 142,29	32,41	0,0 - 72,3
Pot Arm X Banda 0,25-0,35 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	35,32	0,0 - 91,4	16,7	0,0 - 41,0
Pot Arm X Banda 0,35-0,50 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	44,19	0,0 - 55,6	11,25	0,0 - 25,75
Pot Arm X Banda 0,50-0,75 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	26,27	0,0 - 35,42	5,37	0,0 - 13,51
Pot Arm X Banda 0,75-1,00 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	12,42	0,0 - 22,44	3,26	0,0 - 9,67
Pot Arm X Banda 1,00-3,00 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	1,92	0,0 - 3,51	0,8	0,0 - 1,39
Pot Arm X Banda 3,00-10,00 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	*0,05	0,0 - 0,03	0,01	0,0 - 0,01
Pot Arm Y banda 0,01-0,10 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	275,83	0,0 - 319,71	138,11	0,0 - 248,01
Pot Arm Y Banda 0,10-0,25 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	36,4	0,0 - 97,47	28,75	0,0 - 62,58
Pot Arm Y Banda 0,25-0,35 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	22,94	0,0 - 59,07	10,15	0,0 - 28,14
Pot Arm Y Banda 0,35-0,50 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	24,81	0,0 - 43,67	5,8	0,0 - 18,21
Pot Arm Y Banda 0,50-0,75 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	*31,59	0,0 - 24,46	3,03	0,0 - 16,14
Pot Arm Y Banda 0,75-1,00 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	*42,6	0,0 - 14,22	2,2	0,0 - 7,94
Pot Arm Y Banda 1,00-3,00 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	2,72	0,0 - 2,83	0,72	0,0 - 1,37
Pot Arm Y Banda 3,00-10,00 Hz [mm <sup>2</sup> /Hz]	0,04	0,0 - 0,48	0,01	0,0 - 0,04
Indice Funzionalità Posturale [numero]	*17,0	0 - 9	4,0	0 - 9
LOS AV [%]	-18,54		-40,05	
LOS AD [%]	53,0		72,28	
LOS DX [%]	6,72		5,77	
LOS SX [%]	3,48		0,81	



## BIBLIOGRAFIA

1. Vasiliadis ES, Grivas TB, Kaspiris A. Historical overview of spinal deformities in ancient Greece. *Scoliosis*. 2009; 4:6
2. Negrini S, Aulisa L, Ferraro C, et al. Italian guidelines on rehabilitation treatment of adolescents with scoliosis or other spinal deformities. *Eura Medicophys*. 2005; 41(2):183-201.
3. Pirola V. Rieducazione delle scoliosi e delle lombalgie. Edi-Ermes. 2009.
4. Souchard P, Ollier M. Le scoliosi. Trattamento fisioterapico ed ortopedico. UTET. 2002.
5. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders*. 2018; 13:3.
6. Morlacchi C, Mancini A. Clinica ortopedica: Manuale-atlante. Piccin. 2018.
7. Giannini S, Faldini C. Manuale di ortopedia e traumatologia. Minerva Medica. 2008.
8. Altaf F, Gibson A, Dannawi Z, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *British Medical Journal* 2013; 346:1-7.
9. Fadzan M, Bettany-Saltikov J. Etiological theories of adolescent idiopathic scoliosis: past and present. *Open Orthop J*. 2017; 11:1466-1489.
10. Kleinberg S. The operative treatment of scoliosis. *Arch Surg*. 1922; 5(3):631-45.

11. Marty-Poumarat C, Scattin L, Marpeau M, et al. Natural history of progressive adult scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32(11):1227-1234; discussion 1235.
12. Browne D. Infantile Structural Scoliosis. *The Lancet*. 1960; 275:387-388.
13. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Children's Orthopaedics*. 2013; 7:3-9.
14. Brooks HL, Azen SP, Gerberg E et al. Scoliosis: a prospective epidemiological study. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*. 1975; 57:968-972.
15. Burwell RG, James NJ, Johnson F et al. Standardised trunk asymmetry scores. A study of back contour in healthy school children. *Journal of Bone and Joint Surgery Br*. 1983; 65(4):452-63.
16. Wong H-K, Hui JHP, Rajan U et al. Idiopathic scoliosis in Singapore schoolchildren: a prevalence study 15 years into the screening program. *Spine*. 2005; 30(10):1188-96.
17. Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V et al. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis*. 2006; 1:9.
18. Dickson RA. Scoliosis in the community. *British Medical Journal Clinical Resident Ed*. 1983; 286(6379):1745.
19. Soucacos PN, Soucacos PK, Zacharis KC et al. School screenig for scoliosis. A prospective epidemiological study in northwestern and central Greece. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*. 1997; 79(10):1498-503.

20. Pin LH, Mo LY, Lin L et al. Early diagnosis of scoliosis based on school-screening. *Journal of Bone and Joint Surgery Am.* 1985; 67(8):1202-5.
21. Huang SC. Cut-off point of the Scoliometer in school scoliosis screening. *Spine.* 1997; 22(17):1985-9.
22. Nissinen M, Heliövaara M, Ylikoski M et al. Trunk asymmetry and screening for scoliosis: a longitudinal cohort study of pubertal schoolchildren. *Acta paediatr Oslo Nor.* 1992.1993; 82(1):77-82.
23. Willner S, Udén A. A prospective prevalence study of scoliosis in Southern Sweden. *Acta Orthop Scand.* 1982; 53(2):233-7.
24. Laulund T, Søjbjerg JO, Hørlick E. Moiré topography in school screening for structural scoliosis. *Acta Orthop Scand.* 1982; 53(5):765-8.
25. Morais T, Bernier M, Turcotte F. Age- and sex-specific prevalence of scoliosis and the value of school screening programs. *American Journal Public Health.* 1985; 75(12):1377-80.
26. Yawn B, Yawn RA. Efficacy of school scoliosis screening. *Orthopedics.* 2001; 24(4):317.
27. Gore DR, Passehl R, Sepic S et al. Scoliosis screening: results of a community project. *Pediatrics.* 1981; 67(2):196-200.
28. Rogala EJ, Dreummond DS, Gurr J. Scoliosis: incident and natural history. A prospective epidemiological study. *Journal of Bone and Joint Surgery Am.* 1978; 60(2):173-6.
29. Shands AR, Eisberg HB. The incident of scoliosis in the state of Delaware; a study of 50,000 minifilms of the chest made during a survey of

- tuberculosis. *Journal of Bone and Joint Surgery Am.* 1955; 37-A(6):1243-9.
30. Koukourakis I, Giaourakis G, Kouvidis G et al. Screening school children for scoliosis on the island of Crete. *Journal Spinal Disord.* 1997; 10(6):527-31.
  31. Grivas TB, Wade MH, Negrini S et al. SOSORT consensus paper: school screening for scoliosis. Where are we today? *Scoliosis.* 2007;2:17.
  32. Grivas TB, Vasiliadis E, Savvidou O et al. Geographic latitude and prevalence of adolescent idiopathic scoliosis. *Studies in Health Technology and Informatics.* 2006; 123:84-9.
  33. Lonstein JE. Scoliosis: surgical versus nonsurgical treatment. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 2006; 443:248-259.
  34. Parent S, Newton PO, Wenger DR. Adolescent idiopathic scoliosis: etiology, anatomy, natural history and bracing. *Instructional Course Lectures.* 2005; 54:529-536.
  35. Weinstein SL, Dolan LA, Spratt KF et al. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study. *Jama.* 2003; 289(5):559-567.
  36. Negrini S, Grivas TB, Kotwicki T et al. Why do we treat adolescent idiopathic scoliosis? What we want to obtain and to avoid for our patients. SOSORT 2005 Consensus paper. *Scoliosis.* 2006; 1:4.
  37. Grivas TB, Burwell GR, Vasiliadis ES et al. A segmental radiological study of the spine and ribcage in children with progressive infantile idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 2006; 1:17.



38. Ponseti IV, Pedrini V, Wynne-Davies R et al. Pathogenesis of scoliosis. *Clinical Orthopedics*. 1976; 120:268-80.
39. Ippolito E, Ponseti IV. Juvenile kyphosis: histological and histochemical studies. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*. 1981; 63(2):175-82.
40. Dubousset J, Machida M. Melatonin: a possible role in the pathogenesis of human idiopathic scoliosis. In: proceedings of the tenth international Philip Zorab symposium on scoliosis, abstract 3.19. Oxford: *Oxford University Press*; 1998.
41. Machida M, Dubousset J, Imamura Y et al. A possible role in pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1996; 21(10):1147-52.
42. Grivas TB, Savvidou OD. Melatonin the “light of night” in human biology and adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2007; 2:6.
43. Machida M, Dubousset J, Yamada T et al. Serum melatonin levels in adolescent idiopathic scoliosis prediction and prevention for curve progression-a prospective study. *Journal of Pineal Research*. 2009; 46(3):344-8.
44. Moreau A, Wang DS, Forgen S et al. Melatonin signaling dysfunction in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2004; 29(16):1772-81.
45. Burwell RG, Dangerfield PH, Moulton A et al. Whiter the etiopathogenesis (and scoliogeny) of adolescent idiopathic scoliosis? Incorporating presentations on scoliogeny at the 2012. IRSSD and SRS meetings. *Scoliosis*. 2013; 8-4.
46. Kindsfater K, Lowe T, Lawelling et al. Levels of platelet calmodulin for the prediction of progression and severity on adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*. 1994; 76(8):1186-92.

47. Aulisa L, Papaleo P, Pola E et al. Association between IL-6 and MMP-3 gene polymorphisms and adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study. *Spine*. 007; 32(24):2700-2.
48. Burwell RG, Aujla RK, Grevitt MP et al. Pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis in girls- a double neuro-osseous theory involving disharmony between two nervous systems, somatic and automatic expressed in the spine and trunk: possible dependency on sympathetic nervous system and hormones with implications for medical therapy. *Scoliosis*. 2009; 4:24.
49. Bagnall KM. Using a synthesis of the research literature related to the aetiology of adolescent idiopathic scoliosis to provide ideas on future directions for success. *Scoliosis*. 2008; 3:5.
50. Lonstein JE, Carlson JM. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*. 1984; 66(7):1061-71.
51. Duval- Beaupère G. Maturation indices in the surveillance of scoliosis. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*. 1970; 56:59-76.
52. Sanders BJO. Maturity Indicators in Spinal Deformity. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*. 2007; 1:14-20.
53. Litle DG, Song KM, Katz D et al. Relationship of peak height velocity to other maturity indicators in idiopathic scoliosis in girls. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*. 2000; 82:685-693.
54. Aronsson DD, STokes IAF, McBride CA (2013). Contributions of remodelind and asymmetrical growth to vertebral wedging in a scolios model. *Spine Deformity*. 2013. 1(1):2-9.

55. Farrell J, Garrido E. Effect of idiopathic thoracic scoliosis on the tracheobronchial tree. *British Medical Journal Open Respiratory research*. 2018; 5(1):e000264.
56. McPhail GL, Ehsan Z, Howells SA et al. Obstructive lung disease in children with idiopathic scoliosis. *The Journal of Pediatrics*. 2015; 166(4):1018-1021.
57. Stagnara P. Rieducazione delle scoliosi. Ghedini Editore. 1990.
58. Valobra GN, Gatto R, Monticone M. Nuovo trattato di medicina fisica e riabilitazione. Utet-Edra. 2008.
59. Richards BS, Bernstein RM, D'amato CR et al. Standardization of criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management. *Spine*. 2005; 30:2068-2075.
60. Gravina AR, Ferraro C, Frizziero A et al. Goniometer evaluation of thoracic kyphosis and lumbar lordosis in subjects during growth age: a validity study. *Studies in Health Technology and Informatics*. 2012; 176:247-251.
61. Alderighi M, Ferrari R, Maghini I et al. Intra and interrater reliability of spinal sagittal curves and mobility using pocket goniometer Inclimed® in healthy subjects. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2016; 29(4):873-880.
62. Reamy BV, Slakey JB. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *American Family Physician*. 2001; 64:111-116.
63. Côté P, Kreitz BG, Cassidy JD et al. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998; 23(7):796-802; discussion 803.

64. Fairbank JCT. William Adams and the spine of Gideon Algernon Mantell. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 2004; 86:349–352.
65. Bunnell WP. An objective criterion for scoliosis screening. *The Journal of Bone and Joint surgery Am*. 1984; 66(9):1381-1387.
66. Carlson BB, Burton DC, Asher MA Comparison of trunk and spine deformity in adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis*. 2013; 8.
67. Korovessis PG, Stamatakis MV. Prediction of scoliotic Cobb angle with the use of the scoliometer. *Spine*. 1996; 21(14):1661-1666.
68. Ferraro C, Venturin A, Ferraro M et al. Hump height in idiopathic scoliosis measured using a humpmeter in growing subjects: relationship between the hump height and the Cobb angle and the effect of age on the hump height. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2017; 53(3):377-389.
69. Ferraro C, Gottardo A. La misurazione del gibbo: studio critico usando un dispositivo tascabile. *Minerva. Ortopedica e Traumatologica*. 1993.
70. Binns M. Joint Laxity in idiopathic adolescent scoliosis. *The Journal of Bone and Joint surgery Br*. 1988; 70(3):420–422.
71. Czaprowski D, Kotwicki T, Pawłowska P et al. Joint hypermobility in children with idiopathic scoliosis. SOSORT award 2011 winner. *Scoliosis*. 2011; 6:22.
72. Horne JP, Flannery R, Usman S. Adolescent idiopathic scoliosis: diagnosis and management. *American Family Physician*. 2014; 89(3):193-8.
73. Garbagna GP, Tramontana F, Marzano L et al. La radiologia nella scoliosi. *Archivio di Ortopedia e Reumatologia*. 2009; 120:7-9.

74. Agati A, Rastel Bogin P, Pegone et al. Moderni criteri nello studio radiologico della scoliosi e della cifosi. *Radiology Medical*. 1980; 66:897-910.
75. Pepe M, Kocadal O, Iyigun A et al. Use of the smartphone for end vertebra selection in scoliosis. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2017;51(2):146-149.
76. Goldberg MS, Poitras B, Mayo NE et al. Observer variation in assessing spinal curvature and skeletal development in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 1988; 13(12):1371-1377.
77. Langensiepen S, Semler O, Sobottke R et al. Measuring procedures to determine the Cobb angle in idiopathic scoliosis: a systematic review. *European Spine Journal*. 2013; 22:2360-2371.
78. Qiao J, Liu Z, Xu L et al. Reliability analysis of a smartphone-aided measurement method for the Cobb angle of scoliosis. *Journal of Spinal Disorders and Techniques*. 2012; 25(4):E88-92.
79. Omeroğlu H, Ozekin O, Biçimoğlu A. Measurement of vertebral rotation in idiopathic scoliosis using the Perdriolle torsionmeter: a clinical study on intraobserver and interobserver error. *European Spine Journal*. 1996; 5(3):167-71.
80. Weiss HR. Measurement of vertebral rotation: Perdriolle versus Raimondi. *European Spine Journal*. 1995; 4(1):34-38.
81. Boyer L, Shen J, Parent S et al. Accuracy and Precision of Seven Radiography-Based Measurement Methods of Vertebral Axial Rotation in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine Deformity*. 2018; 6(4):351-357.

82. Cerny P, Marik I, Pallova I. The radiographic method for evaluation of axial vertebral rotation – presentation of the new method. *Scoliosis*. 2014; 9(1):11.
83. Mohanty SP, Pai Kanhangad M, Gullia A. Curve severity and apical vertebral rotation and their association with curve flexibility in adolescent idiopathic scoliosis. *Musculoskeletal Surgery*. 2021; 105:303-8.
84. Agostini S. Il valore del test di Risser quale fattore prognostico della evolutività delle scoliosi idiopatiche. Atti Congresso Gruppi Francesce e Italiano di Studio delle Scoliosi. 1977.
85. Risser JC, Norquist DM, Cockrell BR et al. The Effect of Posterior Spine Fusion on the Growing Spine. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1966; 46:127-139.
86. Weinstein SL, Zavala DC, Ponseti IV. Idiopathic scoliosis: long-term follow-up and prognosis in untreated patients. *The Journal of Bone and Joint surgery Am*. 1981; 63(5):702-712.
87. Pehrsson K, Bake B, Larsson S et al. Lung function in adult idiopathic scoliosis: a 20 year follow up. *Thorax*. 1991;46(7):474-478.
88. Asher MA, Burton DC. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. *Scoliosis*. 2006; 31;1(1):2.
89. Cabitza P. Ortopedia. Esculapio Editore. 2012.
90. Korbek K, Kozinoga M, Łukasz Stoliński et al. Scoliosis Research Society (SRS) Criteria and Society of Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) 2008 Guidelines in Non-Operative Treatment of Idiopathic Scoliosis. *Polish orthopedics and traumatology*. 2014. 79:118-122.

91. Bettany-Saltikov J, Parent E, Romano M et al. Physiotherapeutic scoliosis-specific exercises for adolescents with idiopathic scoliosis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2014; 50:111-121.
92. Weiss HR, Negrini S, Hawes MC et al. Physical exercises in the treatment of idiopathic scoliosis at risk of brace treatment – SOSORT consensus paper 2005. *Scoliosis*. 2006; 1:6.
93. Rigo MD, Grivas TB. Rehabilitation schools for scoliosis" thematic series: describing the methods and results. *Scoliosis*. 2010; 5:27.
94. Rigo M, Negrini S, Weiss HR. SOSORT consensus paper on brace action: TLSO biomechanics of correction (investigating the rationale for force vector selection). *Scoliosis*. 2006. 20;1:11.
95. Maruyama T; Takesita K, Kitagawa T. Milwaukee brace. *PhysioTherapy Theory and Practice*. 2011; 27(1):43-46.
96. De Mauroy JC, Lecante C, Barral F et al. The Lyon brace. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2008; 3(3):139-145.
97. Agostini S, Fabris D, Mammano S et al. Presentazione di due corsetti correttivi corti per la cura della scoliosi e del dorso curvo: Progr Pat. Vetr. IV; 1981.
98. Negrini S. Braces and rehabilitation in adolescent idiopathic scoliosis patients: Estratto da MR- *Giornale Italiano di Medicina Riabilitativa*; 2003.
99. Faldini C: Attuali orientamenti nelle strategie di trattamento chirurgico della scoliosi idiopatica dell'adolescente e della scoliosi dell'adulto. *Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia*. 2017; 193-204.

100. Liljenqvist U, Witt KA, Bullmann V et al. Recommendations on sport activities for patients with idiopathic scoliosis. *Sportverletz Sportschaden*. 2006; 20(1):36-42.
101. Zaina F, Donzelli S, Lusini M et al. Swimming and spinal deformities: a cross sectional study. *Journal Pediatrics*. 2015; 166:163-167.
102. Lisi R: Tennis e scoliosi. Stato dell'arte. Lombardo Editore. 2007.
103. Meyer C, Cammarata E, Haumont T et al. Why do idiopathic scoliosis patients participate more in gymnastics? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2006; 16:213-236.
104. Anastasi G, Capitani S, Carnazza ML et al. Trattato di Anatomia Umana. Vol.1. Edi. Ermes. 2010.
105. Kapandji IA. Il rachide nel suo insieme. In: Fisiologia articolare. Vol. 3. Monduzzi. 2004.
106. Occhi E, Montiicone M. passaggio lombosacrale e articolazioni sacroiliache: progetto e programma riabilitativi multidisciplinari. Atti del I convegno della sezione SIMFER di riabilitazione ambulatoriale. Pavia. 2003.
107. Izzo R, Guarnieri G, Guglielmi G et al. Biomechanics of the spine. Part I: spinal stability. *European Journal of Radiology*. 2013; 82(1):118-126.
108. Del Torto U. Anatomio-fisiologia della colonna vertebrale. Lezioni di clinica ortopedica. Padova. Piccin. 1990.
109. Kapandji IA. Il rachide lombare. Fisiologia articolare. Vol.3. Monduzzi. 2004.



110. 114. Kapandji IA. La cintura pelvica e le articolazioni sacro-iliache. Fisiologia articolare. Vol.3. Monduzzi. 2004.
111. Danielsson AJ, Nachemson AL. Back pain and function 23 years after fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study-part II. *Spine* (Phila Pa 1976). 2003; 28(18):E373-83.
112. Danielsson AJ, Nachemson AL. Back pain and function 22 years after brace treatment for adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study-part I. *Spine* (Phila Pa 1976). 2003; 28(18):2078-85; discussion 2086.
113. Poussa M, Mellin G. Spinal mobility and posture in adolescent idiopathic scoliosis at three stages of curve magnitude. *Spine* (Phila Pa 1976). 1992;17(7):757-60.
114. Poussa M, Härkönen H, Mellin G. Spinal mobility in adolescent girls with idiopathic scoliosis and in structurally normal controls. *Spine*.1989; 14(2):217-219.
115. Wilk B, Bryan MS; Karol LA et al. The Effect of Scoliosis Fusion on Spinal Motion: A comparison of fused and nonfused patients with idiopathic scoliosis. *Spine* (Phila PA 1976). 2006; 31(3):309-314.
116. Smidt GL, Van Meter SE, Hartman MD et al. Spine configuration and range of motion in normals and scoliotics. *Clinical biomechanics*. 1994; 9(5):303-309.
117. Ohlen G, Aaro S, Bylund P. The sagittal configuration and mobility of the spine in idiopathic scoliosis. *Spine* (Phila Pa 1976). 1988; 13(4):413-6.
118. Nakakohji T. Sagittal spinal flexibility in patients with idiopathic scoliosis. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi*. 1994; 68(12):1033-1043.

119. Viola S, Andrásy I. Spinal mobility and posture: changes during growth with postural defects, structural scoliosis and spinal osteochondrosis. *European Spine Journal*. 1995; 4(1):29-33.
120. Mattson G, Haderspeck-Grib K, Schultz A et al. Joint flexibilities in structurally normal girls and girls with idiopathic scoliosis. *Journal Orthopedics Research*. 1983; 1(1):57-62.
121. Kao FC, Lai PL, Chang CH et al. Influence of lumbar curvature and rotation on forward flexibility in idiopathic scoliosis. *Biomed Journal*. 2014; 37(2):78-83.
122. Eyvazov K, Samartzis D, Cheung JP. The association of lumbar curve magnitude and spinal range of motion in adolescent idiopathic scoliosis: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2017; 31;18(1):51.
123. Chertman C, Campoy Dos Santos HM, Pires L et al. A comparative study of lumbar range of movement in healthy athletes and non-athletes. *Revista Brasileira de Ortopedia*. 2015; 17;45(4):389-94.
124. Salminen JJ, Oksanen A, Mäki P et al. Leisure time physical activity in the young. Correlation with low-back pain, spinal mobility and trunk muscle strength in 15-year-old school children. *International Journal of Sports Medicine*. 1993; 14(7):406-10.
125. Fitzgerald GK, Wynveen KJ, Rheault W et al. Objective assessment with establishment of normal values for lumbar spinal range of motion. *Physical Therapy*. 1983; 63(11):1776-81.
126. Arshad R, Pan F, Reitmaier S et al. Effect of age and sex on lumbar lordosis and the range of motion. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Biomechanics*. 2019; 82:1-19.

127. Widhe T. Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *European Spine Journal*. 2001;10(2):118-23.
128. Thomas E, Silman AJ, Papageorgiou AC et al. Association between measures of spinal mobility and low back pain. An analysis of new attenders in primary care. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998; 23(3):343-7.
129. Mellin G. Correlations of spinal mobility with degree of chronic low back pain after correction for age and anthropometric factors. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987;12(5):464-8.
130. Ensink FB, Saur PM, Frese K et al. Lumbar Range of Motion: Influence of time of day and individual factors on measurements. *Spine*. 1996; 21(11):1339-1343.
131. Fan H, Wang Q, Huang Z et al. Comparison of functional outcome and quality of life in patients with idiopathic scoliosis treated by spinal fusion. *Medicine (Baltimore)*. 2016; 95(19):e3289.
132. Blaszczyk J: Clinical Biomechanics. 2004.
133. Khasnis A, Gokula RM: Romberg's test. *Journal of Postgraduate Medicine*. 2003; 49:169-172.
134. Fitzpatrick R, McCloskey DI. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *The Journal of Physiology*. 1994; 478:173-186.
135. Gruber AH, Busa MA, Gorton Iii GE et al. Time-to-contact and multiscale entropy identify differences in postural control in adolescent idiopathic scoliosis. *Hait Posture*. 201:34:13-18.

136. Nault ML, Allard P, Hinse S et al. Relations between standing stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002; 2:1911-1917.
137. Beaulieu M, Toulotte C, Gatto L et al. Postural imbalance in non-treated adolescent idiopathic scoliosis at different periods of progression. *European Spine Journal*. 2009; 18:38-44.
138. Wiernicka M, Kotwicki T, Kamińska E. Postural stability in adolescent girls with progressive idiopathic scoliosis. *BicMed Research International*. 2019; 2019.
139. Paolucci T, Morone G, Di Cesare A et al. Effect of Cheneau brace on postural balance in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013; 49:649-57