



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2018/2019

Campus Universitario di Savona

Influenza dell'invecchiamento sulla cinematica della regione toracica e lombare: revisione della letteratura

Candidato:

Dott. Ft. Giuseppe Saladino

Relatore:

Dott. Ft. OMPT Matteo Locatelli

Indice

1. Abstract.....	3
2. Introduzione.....	4
2.1. Fisiologia articolare del distretto lombare e toracico	5
3. Materiali e metodi.....	8
3.1. Criteri di eleggibilità	8
3.2. Fonti di informazione	8
3.3. Strategia di ricerca	8
3.4. Selezione degli studi.....	9
4. Risultati	11
4.1. Studi selezionati.....	11
4.2. Caratteristiche degli studi	11
4.2.1.Tabella n°1 - Rachide lombare	12
4.2.2.Tabella n°2 - Rachide toracico.....	16
4.2.3.Tabella n°3 - Rachide toracolombare	19
4.2.4.Tabella n°4 - Rachide toracico e lombare	20
4.3. Analisi dei risultati.....	22
4.3.1.Studi sulla cinematica del rachide lombare	22
4.3.2.Studi sulla cinematica del rachide toracico.....	28
4.3.3.Studi sulla cinematica della giunzione toracolombare.....	33
4.3.4.Studi sulla cinematica del rachide toracico e lombare	34
5. Discussione.....	37
5.1. Rachide lombare.....	37
5.1.1.Lordosi lombare	37
5.1.2.Piano sagittale.....	38
5.1.3.Piano frontale.....	39
5.1.4.Piano trasversale	40
5.1.5.Movimenti accoppiati.....	40
5.2. Rachide toracico	41
5.2.1.Cifosi toracica.....	41
5.2.2.Piano sagittale.....	41
5.2.3.Piano frontale.....	42
5.2.4.Piano trasversale	42
6. Conclusioni.....	44
7. Bibliografia	46

1. ABSTRACT

Background

L'invecchiamento è un processo che interessa tutti gli organismi viventi, provoca modificazioni a livello di ossa, cartilagine, legamenti e muscoli e non è sempre facilmente distinguibile da cambiamenti degenerativi. Presumibilmente, la copresenza delle modificazioni al sistema muscoloscheletrico si ripercuote sulla capacità di movimento alterando la cinematica articolare.

Scopo dello studio

Obiettivo della presente revisione narrativa è verificare, attraverso una ricerca in letteratura delle evidenze scientifiche riguardanti l'osteocinematica e l'artrocinematica della regione toracica e lombare, come l'invecchiamento influisca su queste.

Materiali e metodi

La ricerca bibliografica è stata condotta tra settembre 2019 e febbraio 2020 nel database di Medline, attraverso il motore di ricerca Pubmed, e anche su PEDro. È stato svolto un primo screening leggendo i titoli e gli abstracts. Si è proseguito con la lettura dei full text che ha permesso la selezione di studi che abbiano valutato la cinematica articolare di soggetti asintomatici o comunque privi di patologie al rachide. Non sono stati posti limiti per età o sesso dei soggetti valutati negli studi. La ricerca infine è stata ampliata consultando la bibliografia degli articoli già selezionati.

Risultati

Sono stati analizzati diciotto articoli corrispondenti ai criteri di inclusione, di cui otto hanno valutato esclusivamente la cinematica del rachide lombare, sei hanno trattato la cinematica del rachide toracico, un solo studio ha trattato esclusivamente la giunzione toracolombare e i restanti tre studi hanno valutato la cinematica del rachide toracico e lombare. Non tutti gli articoli hanno effettuato un confronto tra un campione di giovani ed uno di anziani, ma sono stati selezionati perché hanno comunque fornito informazioni per determinate fasce d'età.

Conclusioni

Da un'analisi complessiva degli studi, nonostante la vasta eterogeneità dei sistemi di misurazione utilizzati, viene confermata una riduzione dell'escursione articolare correlata all'invecchiamento. Per quanto riguarda il rachide lombare interessa principalmente i piani sagittale e frontale; non si riscontrano importanti variazioni sul piano trasversale. Si registra una riduzione dell'escursione articolare lungo i tre piani per il rachide toracico, nonostante il numero minore di studi che abbia fornito informazioni relative all'obiettivo della revisione narrativa. Inoltre, sul piano sagittale si osserva un aumento della cifosi toracica e una riduzione della lordosi lombare. Risultano necessari ulteriori studi per potere esprimere in che modo l'invecchiamento influisca sulla cinematica della giunzione toracolombare e sui pattern di movimento accoppiato dei tratti toracico e lombare.

2. INTRODUZIONE

L'invecchiamento è un processo fisiologico che interessa tutti gli organismi viventi provocando modificazioni dell'intero sistema muscoloscheletrico [1] e, a livello del rachide toracico e lombare, non sempre è facile distinguere questo processo da cambiamenti degenerativi [2].

In seguito al raggiungimento del picco di massa ossea intorno alla terza/quarta decade di età, in entrambi i sessi, si osserva una riduzione sia della massa che della densità ossea [3] maggiore nella regione lombare rispetto a quella toracica [4].

A livello del disco intervertebrale si osservano le prime modificazioni già dalla seconda decade di vita, come ad esempio la riduzione della sua altezza, che porta ad un'alterazione dei carichi sulle faccette articolari con conseguente degenerazione della cartilagine presente su di esse [1].

Per quanto riguarda i legamenti longitudinali del rachide, questi vanno incontro ad un'alterazione della loro componente percentuale di elastina e collagene che si ripercuote sulla loro funzione di stabilizzazione [5]. Ad esempio, il legamento giallo - così definito per via della sua alta percentuale di elastina - a causa dell'incremento della sua componente di collagene, vede aumentare la sua stiffness [6].

Bisogna ricordare che oltre alle componenti passive anche quelle attive, ovvero i muscoli, subiscono importanti alterazioni.

È risaputo che l'avanzare dell'età sia causa della riduzione della massa muscolare per via della diminuzione del numero e della dimensione delle fibre muscolari [7]. Inoltre, anche in soggetti fisiologici, si assiste ad un incremento di infiltrazioni adipose nei muscoli paravertebrali e, maggiormente, nel multifido [8,9] che può riflettersi in debolezza muscolare con conseguente aumento della cifosi toracica [10].

La copresenza delle modificazioni appena citate, si ripercuote presumibilmente sulla capacità di movimento alterando la cinematica articolare.

Obiettivo della presente revisione narrativa è dunque verificare, attraverso una ricerca in letteratura delle evidenze scientifiche riguardanti l'osteocinematica e l'artrocinematica della regione toracica e lombare, la relazione con l'avanzamento dell'età.

2.1 Fisiologia articolare del distretto lombare e toracico

Per movimento osteocinematico va inteso il movimento delle ossa rispetto ai tre piani cardinali del corpo: sagittale, frontale e orizzontale (Fig. 1). Il piano sagittale decorre parallelo alla sutura sagittale del cranio, dividendo il corpo in sezioni destra e sinistra; lungo questo piano saranno possibili i movimenti di flessione ed estensione. Il piano frontale decorre parallelo alla sutura coronale del cranio, suddividendo il corpo in sezioni anteriore e posteriore; a livello del rachide lungo questo piano saranno possibili i movimenti di lateroflessione destra e sinistra. Il piano orizzontale (o trasversale) decorre parallelo all'orizzonte e divide il corpo in sezioni superiore e inferiore; a livello del rachide lungo questo piano saranno possibili i movimenti di rotazione destra e sinistra.

L'artrocinemica, invece, descrive il movimento che avviene tra le superfici articolari [11].

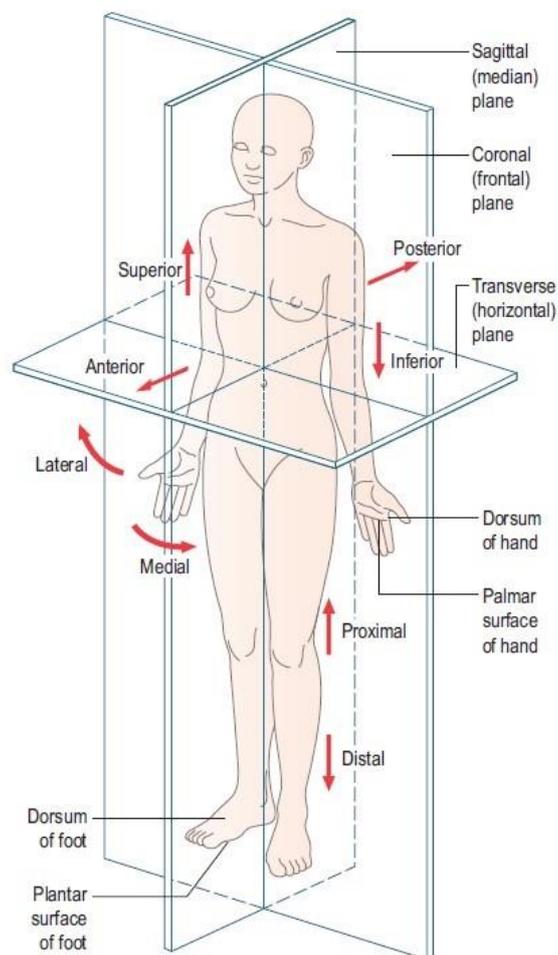


Figura 1

Le faccette articolari del rachide lombare sono orientate pressappoco sul piano sagittale e a causa di questa conformazione sarà possibile eseguire un movimento più ampio sul piano sagittale e uno molto più limitato sul piano trasversale.

Durante la flessione lombare le faccette articolari inferiori della vertebra superiore scivolano superiormente e anteriormente, causando una riduzione della superficie di contatto tra le faccette. In estensione avviene il processo inverso portando ad un incremento della lordosi lombare (Fig. 2).

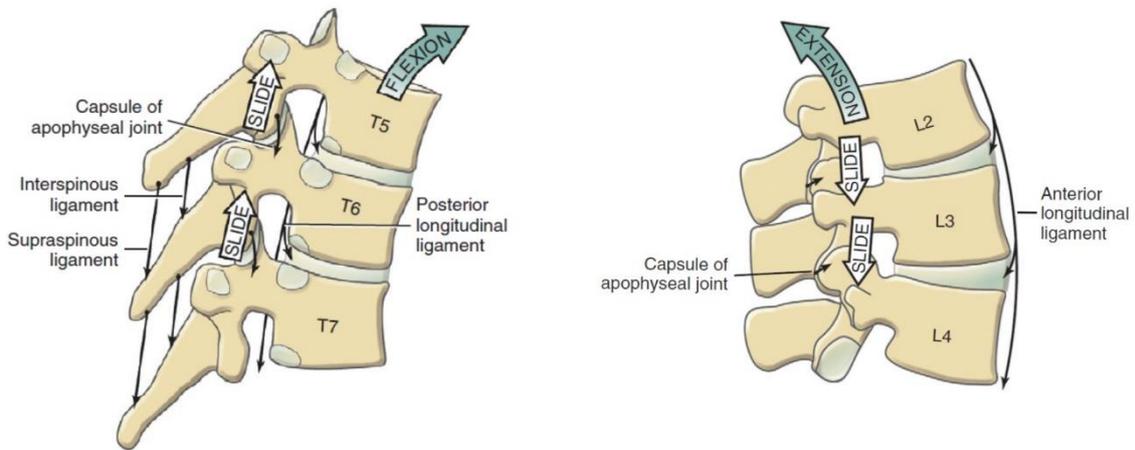


Figura 2

Completamente diverso è ciò che avviene durante la rotazione lombare; ad esempio, se si considera la rotazione destra di L1 su L2 si osserva la faccetta inferiore sinistra della vertebra superiore che va a comprimere la faccetta superiore sinistra della vertebra inferiore e, contestualmente, la faccetta inferiore destra della vertebra superiore si “allontana” dalla faccetta superiore della vertebra sottostante (Fig. 3).

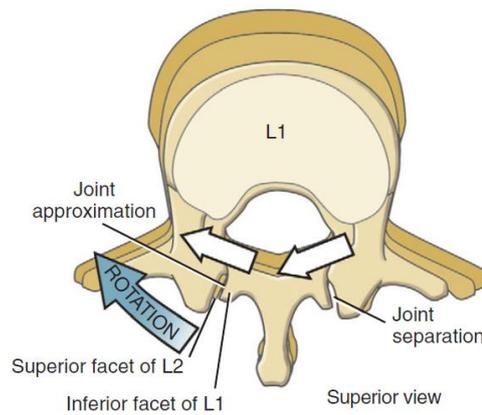


Figura 3

Durante la lateroflessione destra, per esempio di L1 su L2, la faccetta inferiore sinistra della vertebra soprastante scivola superiormente sulla faccetta superiore omolaterale della vertebra sottostante, mentre la faccetta inferiore destra della vertebra soprastante scivola inferiormente (Fig. 4).

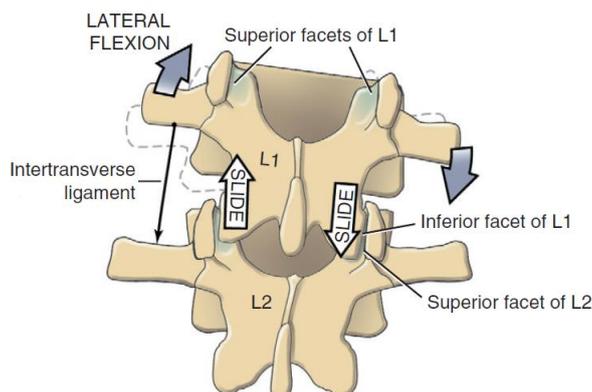


Figura 4

Diversamente, a livello del rachide toracico le faccette articolari sono orientate principalmente sul piano frontale e inclinate di circa 15-25° anteriormente; a causa di questa conformazione il movimento di flessione avverrà tramite uno scivolamento superiore e leggermente anteriore delle faccette articolari inferiori della vertebra superiore sulle faccette superiori della vertebra inferiore. Il processo inverso avverrà per l'estensione (Fig. 5).

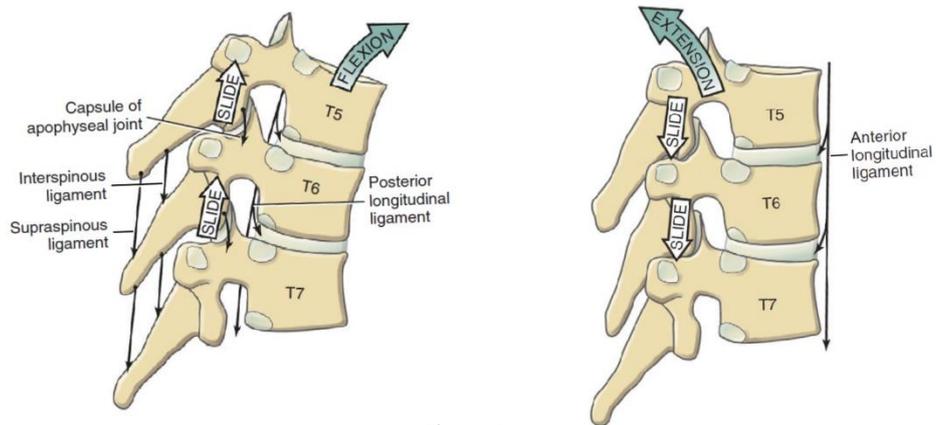


Figura 5

L'artrocinematica della lateroflessione del rachide toracico è molto simile a quella del rachide lombare, ma va sottolineato che la libertà di movimento non dipende dalla conformazione delle faccette ma dalla presenza delle coste che si articolano con le vertebre attraverso le articolazioni costo-vertebrali e costo-trasversarie (Fig. 6).

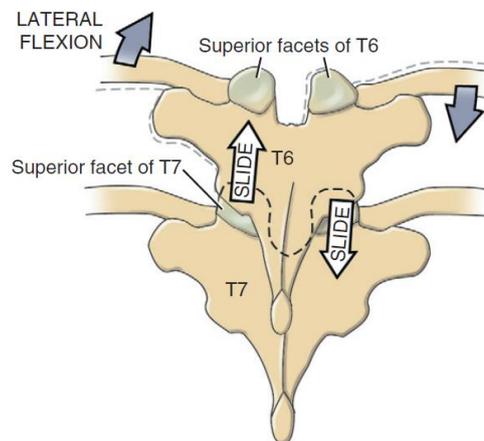


Figura 6

Per la stessa ragione e anche per via dell'angolo di inclinazione delle faccette articolari, la rotazione toracica è il movimento più limitato.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Criteri di eleggibilità

Per la selezione degli articoli ritenuti validi per l'obiettivo della revisione narrativa sono stati utilizzati i seguenti criteri di inclusione:

- presenza di dati sulla cinematica articolare di almeno uno dei seguenti distretti: rachide lombare, rachide toracico o rachide toracolombare;
- non sono stati posti limiti per quanto riguarda il sesso o l'età dei soggetti reclutati nei vari studi, ma sono stati comunque presi in considerazione solo gli studi in cui i dati siano riportati in modo da fare una distinzione per fasce d'età e sesso;
- gli individui reclutati per ogni studio dovevano essere asintomatici;
- negli studi in cui è presente un confronto tra dati relativi alla cinematica del rachide precedenti e successivi a un qualsiasi trattamento, sono stati presi in considerazione soltanto i dati di baseline.

Sono stati esclusi dalla selezione:

- studi non in lingua inglese o italiana;
- studi in cui si valuta la cinematica articolare di soggetti sottoposti ad interventi chirurgici di artrodesi;
- studi in cui siano stati considerati soggetti scoliotici;
- studi in cui venga considerato lo stesso campione di soggetti; in questi casi è stato scelto solo lo studio pubblicato i cui risultati siano ritenuti più attinenti allo scopo della tesi.

3.2 Fonti di informazione

La ricerca bibliografica è stata condotta nel database di Medline, attraverso il motore di ricerca Pubmed, e anche su PEDro (Physiotherapy Evidence Database).

La ricerca si è svolta tra settembre 2019 e febbraio 2020, valutando gli articoli prodotti fino a quel momento e consultando la bibliografia di quelli selezionati in modo da ampliare i risultati di ricerca.

3.3 Strategia di ricerca

Non è stato obiettivo della revisione valutare l'influenza di diversi trattamenti sulla cinematica del rachide toracico e lombare, ma bensì come l'invecchiamento possa incidere su questa; di conseguenza il formato utilizzato per elaborare la stringa di ricerca, da utilizzare su PubMed, è stato il "PEO".

Per la "Population" non sono stati utilizzati termini specifici per indicare soggetti asintomatici. Dopo aver letto i titoli e gli abstracts sono stati eliminati dai risultati della ricerca tutti quegli articoli che comprendevano quadri patologici.

Per la "Exposure" sono stati utilizzati termini come "aging", "ageing", "age-related", "age-associated" in modo da includere tra i risultati della ricerca tutti quegli studi in cui sia considerato l'invecchiamento.

Per l'“Outcome” sono stati utilizzati termini relativi al rachide toracico e lombare (“Thoracic”, “Thoracic vertebrae (MeSH Term)”, “Thoracolumbar”, “Lumbar”, “Lumbar vertebrae (MeSH Term)”, “Zygapophyseal Joint (MeSH Term)”, “Costotransverse”, “Costovertebral”, “Spine (MeSH Term)”) e alla cinematica (“Biomechanical phenomena”, “Arthrokinematics”, “Arthrokinematic”, “Joint kinematics”, “Kinematics”, “Kinematic” e “Range of motion, articular (MeSH Term)”).

La stringa per la “O” è stata costruita utilizzando gli operatori Booleani “AND” e “OR” secondo il seguente schema: (“rachide lombare” OR “rachide toracico”) AND “termini cinematica”, rendendo così possibile il ritrovamento di studi che trattassero la cinematica lombare o toracica.

Di seguito viene riportata la stringa completa:

```
((((((aging[Title/Abstract]) OR age-related[Title/Abstract]) OR ageing[Title/Abstract]) OR age-associated[Title/Abstract]))) AND (((((((thoracic[Title/Abstract]) OR thoracic vertebrae[MeSH Terms]) OR Thoracolumbar[Title/Abstract]) OR Lumbar[Title/Abstract]) OR Lumbar vertebrae[MeSH Terms]) OR zygapophyseal joint[MeSH Terms]) OR Costotransverse[Title/Abstract]) OR Costovertebral[Title/Abstract]) OR Spine[MeSH Terms])) AND (((((((Biomechanical phenomena[Title/Abstract]) OR Arthrokinematics[Title/Abstract]) OR Arthrokinematic[Title/Abstract]) OR Joint kinematics[Title/Abstract]) OR Kinematics[Title/Abstract]) OR Kinematic[Title/Abstract]) OR range of motion, articular[MeSH Terms]) OR Range of motion[Title/Abstract]))
```

La ricerca eseguita sulla banca dati di PEDro è stata svolta attraverso quattro ricerche semplici:

1. kinematic* thoracic
2. kinematic* lumbar
3. kinematic* aging
4. kinematic* age-related

3.4 Selezione degli studi

La ricerca eseguita tramite stringa su PubMed ha prodotto un totale di 111 articoli.

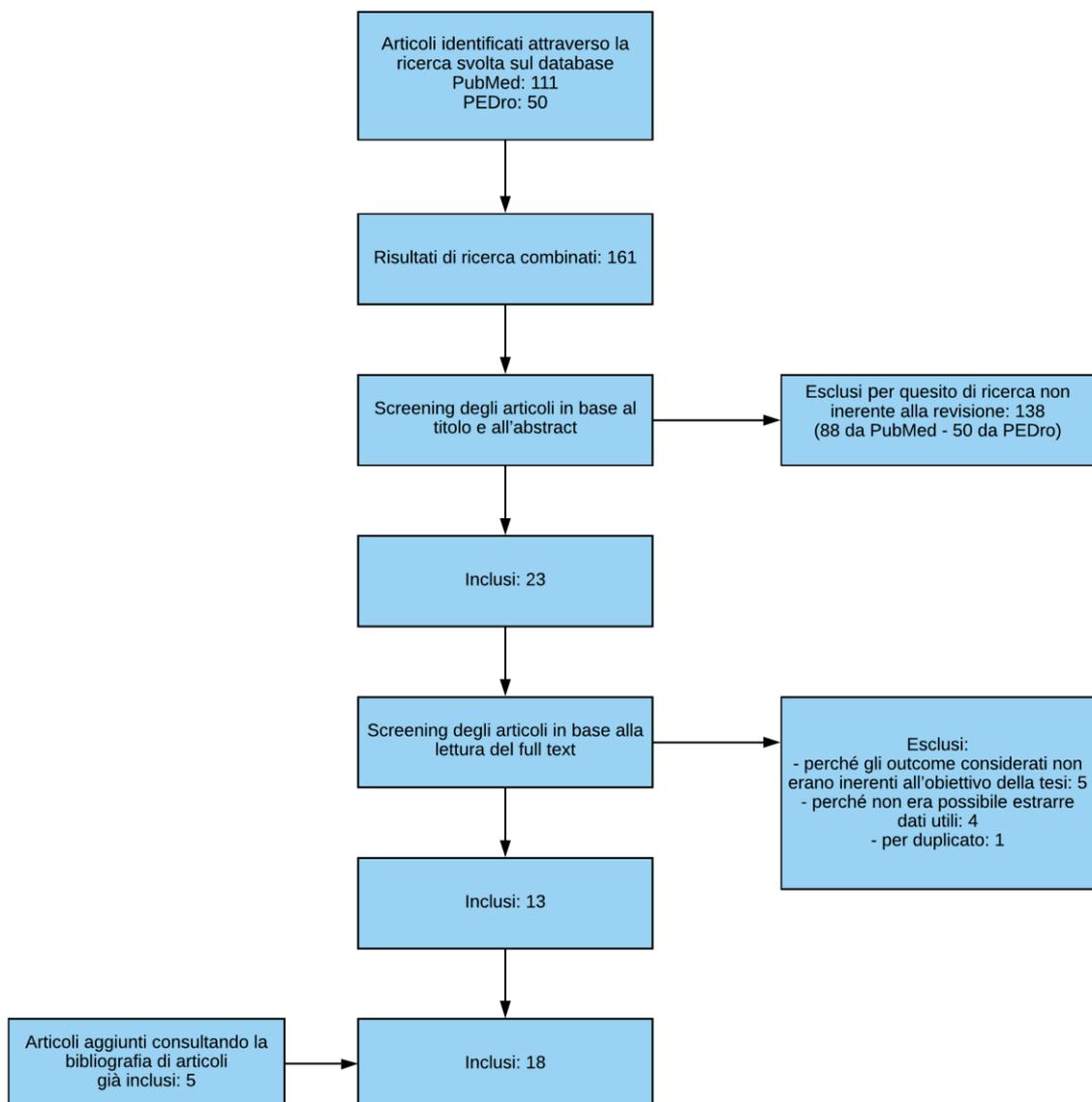
La selezione degli studi è stata eseguita inizialmente valutando la pertinenza dello studio tramite la lettura di titolo ed abstract; questo passaggio ha permesso la riduzione degli articoli ritenuti pertinenti ad un totale di 23.

In seguito alla lettura del full text è stato possibile escluderne altri 10 (5 perché gli outcome considerati dall'articolo non erano inerenti all'obiettivo della tesi, 4 perché l'articolo riportava i dati in grafici da cui non era possibile estrarre dati utili, 1 per duplicato).

Consultando la bibliografia dei 13 articoli rimasti sono stati aggiunti 5 articoli ritenuti utili per l'obiettivo della revisione.

Le quattro ricerche semplici eseguite su PEDro hanno prodotto rispettivamente 10, 21, 7 e 12 articoli, per un totale di 50 articoli, dalla lettura di titolo ed abstract nessuno studio ha risposto ai criteri di inclusione che sono stati adottati per questa revisione narrativa.

L'intero processo di selezione è stato schematizzato nella flow chart riportata di seguito:



4. RISULTATI

4.1 Studi selezionati

Gli articoli sui quali è stata sviluppata la revisione narrativa sono, in ordine cronologico:

- *O’Gorman H., et al. (1987)*
- *Vachalathiti R. et al. (1995)*
- *Hasten L. (1996)*
- *Cavanaugh T., et al. (1999)*
- *Hinman R. (2004)*
- *Troke et al. (2005)*
- *Gercek E. (2008)*
- *Intolo P., et al. (2008)*
- *Fujimori T., et al. (2012)*
- *Pries E., et al. (2014)*
- *Pries E., et al. (2015)*
- *Pries E., et al. (2016)*
- *Sung P. (2016)*
- *Ignasiak D., et al. (2017)*
- *Kasukawa Y., et al. (2017)*
- *Pan F., et al. (2018)*
- *Yukawa Y., et al. (2019)*

4.2 Caratteristiche degli studi

Gli articoli appena citati sono stati suddivisi sulla base dei dati considerati in quattro gruppi, per ognuno dei quali è stata creata una tabella in cui è stato riportato: nome degli autori, nome dello studio, caratteristiche del campione, parametri valutati e sistema di misurazione utilizzato e conclusioni.

La tabella n° 1 contiene gli articoli che hanno valutato la cinematica lombare, la n° 2 contiene quelli sulla cinematica toracica, la n° 3 quelli sulla cinematica della giunzione toracolombare ed infine la n° 4 quelli che hanno valutato la cinematica sia del rachide lombare che di quello toracico.

4.2.1 Tabella n°1 - Rachide lombare

<i>Autori</i>	<i>Nome dello studio</i>	<i>Caratteristiche del campione</i>	<i>Parametri valutati e sistema di misurazione utilizzato</i>	<i>Conclusioni</i>
<i>Vachalathiti R., Crosbie J., (1995)</i>	<i>Effects of age, gender and speed on three dimensional lumbar spine kinematics [12].</i>	Reclutati 100 soggetti (46M - 54F) di età superiore ai 20 anni. I soggetti sono stati divisi in tre fasce di età: A. 20-35 anni (15 M - 20 F); B. 36-59 anni (15 M - 18 F); C. > 60 anni (16 M - 16 F).	Per le misurazioni è stato utilizzato un sistema automatizzato di 4 video camere e 8 marker cutanei. I movimenti valutati dallo studio (Flessione, inclinazione laterale da sx a dx e rotazione da sx a dx) sono stati eseguiti in posizione seduta. I movimenti sono stati eseguiti in 2 modi: a velocità "naturale" e una più veloce. Sono presenti dati per entrambi i sessi suddivisi per gruppi di età (movimenti prima e accoppiati).	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Viene registrata una riduzione del Rom Lombare con l'età. ➤ Sono stati registrati movimenti accoppiati durante i movimenti di lateroflessione e rotazione.
<i>Hasten L. (1996)</i>	<i>Lumbar range of motion in male heavy laborers on the Applied Rehabilitation Concepts (ARCON) system [13].</i>	Reclutati 193 lavoratori che svolgono attività manuali pesanti (range di età: 17 - 65 anni). Suddivisi in cinque gruppi di età: A. 17 - 25 anni (51 soggetti); B. 26 - 35 anni (64 soggetti); C. 36 - 45 anni (38 soggetti); D. 46 - 55 anni (26 soggetti); E. 56 - 65 anni (14 soggetti).	Per le misurazioni è stato utilizzato il sistema computerizzato ARCON. Tra i dati importanti ai fini della revisione è possibile ricavare: flessione, estensione e di inclinazione lombare (Dx - Sx).	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Viene registrata una riduzione del ROM lombare con l'età.
<i>Troke et al. (2005)</i>	<i>A normative database of lumbar spine ranges of motion [14].</i>	Reclutati 405 soggetti (196 F - 209 M). Non vengono precisati degli intervalli di età considerati nello studio.	Lo strumento utilizzato è stato il modified CA6000 Spine Motion Analyzer. Dall'articolo è possibile ricavare i valori del 50° percentile (mediana) calcolato dai 16 anni (indicato come Max) ai 90 anni (indicato come minimo) per entrambi i sessi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Per la flessione e lateroflessione, entrambi i sessi mostrano una riduzione lineare del ROM. ➤ Per l'estensione, per entrambi i sessi si registrano gli stessi valori percentili.

			per i movimenti di: Flessione, Estensione, Inclinazione laterale (Dx-Sx) e Rotazione assiale (Dx-Sx). Da questi è possibile ricavare la diminuzione % dei ROM considerati.	➤ Non si registrano differenze tra uomo e donna per la rotazione, indipendentemente dall'età considerata.
<i>Intolo P., Milosavljevic S., et al. (2008)</i>	<i>The effect of age on lumbar range of motion: a systematic review [15].</i>	Questa revisione ha preso in considerazione 16 diversi studi, per un totale di 1323 F e 1001 M di età compresa tra gli 8 e i 90 anni.	È stata condotta una meta-analisi (7 studi avevano criteri di inclusione simili). Sono stati presi in considerazione i ROM di flessione, estensione, inclinazione laterale (Sx e Dx) e rotazione (Sx e Dx) e messi a confronto per ogni intervallo di età considerato.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sono state evidenziate riduzioni significative legate all'età (sia per gli uomini che per le donne) per la flessione, estensione e inclinazione laterale. ➤ Le riduzioni evidenziate per la rotazione sono state minori.
<i>Pries E., Dreischarf M., et al. (2014)</i>	<i>Age-related loss of lumbar spinal lordosis and mobility - a study of 323 asymptomatic volunteers [16].</i>	Reclutati 323 volontari asintomatici di età compresa tra i 20-75 anni (139 M - 184 F). Sono stati suddivisi in quattro fasce d'età: A. 20 - 29 anni (115 soggetti); B. 30 - 39 anni (70 soggetti); C. 40 - 49 anni (71 soggetti); D. > 50 anni (67 soggetti).	Come strumento di misura è stato utilizzato l'Epionics Spine System. Sono stati registrati per ogni gruppo di età e facendo la distinzione per sesso: la lordosi lombare e il ROM in flessione ed estensione sia globale sia segmentale.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La perdita di lordosi nei maschi si verifica principalmente tra i 30 - 39 anni e i 40 - 49 anni. ➤ L'invecchiamento è il fattore cruciale per una riduzione del ROM totale, specialmente per l'estensione. ➤ La parte inferiore della colonna lombare conserva la sua lordosi e la mobilità, mentre la parte centrale si appiattisce e diventa meno mobile.

<p>Pries E., Dreischarf M., et al. (2015)</p>	<p><i>The effects of age and gender on the lumbopelvic rhythm in the sagittal plane in 309 subjects [17].</i></p>	<p>Reclutati 309 soggetti (175 F -134 M). Età media: 38.4 anni; range di età: 20 - 75 anni. Sono stati divisi in tre fasce d'età: A. 20 - 35 anni → 155 soggetti; B. 36 - 50 anni → 100 soggetti; C. > 50 anni → 54 soggetti.</p>	<p>Come strumento di misura è stato utilizzato l'Epionics Spine System. Sono stati valutati: la lordosi lombare e l'inclinazione del sacro durante la stazione eretta; l'angolo lombare e l'inclinazione del sacro durante la posizione di massima flessione del tronco. Sono stati ricavati la flessione lombare, il contributo dato dal cingolo pelvico e tramite questi è stato calcolato: L/P Ratio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'invecchiamento riduce significativamente la lordosi in stazione eretta, accompagnato da una significativa riduzione dell'orientamento del sacro sia negli uomini sia nelle donne. ➤ In flessione completa non ci sono differenze significative tra angolo lombare e orientamento del sacro tra i giovani e il gruppo più anziano. ➤ Il rom in flessione lombare diminuisce con l'età, mentre aumenta il contributo in flessione dato dal cingolo pelvico.
<p>Pries E., Dreischarf M., et al. (2016)</p>	<p><i>Differences between clinical "snap-shot" and "real-life" assessments of lumbar spine alignment and motion - What is the "real" lumbar lordosis of a human being? [18]</i></p>	<p>Reclutati 208 soggetti (93 M - 115 F; range di età tra i 20 - 74 anni) e suddivisi in tre gruppi: A. 20 - 35 Anni → 88 soggetti (44 M - 44 F); B. 35 - 50 Anni → 72 soggetti (45 M - 27 F); C. > 50 Anni → 48 soggetti (26 M - 22 F).</p>	<p>Per le misurazioni è stato utilizzato l'Epionics Spine System. Sono stati misurati per l'intera coorte di soggetti reclutati i valori di massima flessione ed estensione lombare e i gradi di lordosi lombare in stazione eretta, sia in "istantanea" sia durante le 24 h successive (tenendo indossato il device). Sono stati registrati i valori medi di ogni dato considerato per l'intera coorte, facendo distinzione anche per sesso e gruppo di età considerato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'età e il sesso influenzano la lordosi e il movimento nella misurazione a breve termine in modo diverso rispetto a quanto avviene durante la misurazione a lungo termine. ➤ La lordosi non ha un valore costante durante il giorno.

<p><i>Yukawa Y. Matsumoto T. et al. (2019)</i></p>	<p><i>Local Sagittal Alignment of the Lumbar Spine and Range of Motion in 627 Asymptomatic Subjects: Age-Related Changes and Sex-Based Differences [19].</i></p>	<p>Reclutati 627 individui asintomatici. Almeno 50 M e 50 F per ogni decade di età, dalla 3° alla 8°. A. Gruppo 20 - 29 → 50M - 52F. B. Gruppo 30 - 39 → 51M - 50F. C. Gruppo 40 - 49 → 50M - 57F. D. Gruppo 50 - 59 → 56M - 51F. E. Gruppo 60 - 69 → 50M - 60F. F. Gruppo 70 - 79 → 50M - 50F.</p>	<p>L'intero campione è stato sottoposto a radiografia dell'intera colonna vertebrale in posizione eretta. È stata eseguita anche una radiografia della colonna lombare in posizione supina. La lordosi lombare (LL, T12 - S1) e il ROM durante la flessione e l'estensione sono state misurate utilizzando un digitalizzatore computerizzato.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Il ROM lombare totale (T12 - S1) diminuisce al progredire dell'età. ➤ Il ROM rilevato negli individui di sesso femminile è risultato più alto rispetto a quelli di sesso maschile. ➤ La lordosi in stazione eretta è sempre maggiore rispetto alla posizione supina.
--	--	--	---	--

4.2.2 Tabella n°2 - Rachide toracico

Autori	Nome dello studio	Caratteristiche del campione	Parametri valutati e sistema di misurazione utilizzato	Conclusioni
O'Gorman H., Jull G. (1987)	<i>Thoracic kyphosis and mobility: the effect of age [20].</i>	Reclutate 120 donne e suddivise in sei gruppi da 20: A. 22 - 29 anni; B. 30 - 39 anni; C. 40 - 49 anni; D. 50 - 59 anni; E. 60 - 69 anni; F. > 70 anni.	Sono stati valutati: i movimenti lungo il piano sagittale e la cifosi toracica con un inclinometro; i movimenti sul piano frontale con un goniometro Myrin; i movimenti sul piano trasversale con un rotametro lombare.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Il ROM toracico diminuisce significativamente con l'invecchiamento in tutti i piani di movimento. ➤ La cifosi toracica aumenta significativamente con l'invecchiamento.
Hinman R. (2004)	<i>Comparison of thoracic kyphosis and postural stiffness in younger and older women [21].</i>	Reclutate 51 donne e suddivise in due gruppi: A. composto da 25 giovani (range di età: 21-51 anni, età media: 29,2 anni); B. composto da 26 anziane (range di età: 66-88 anni, età media: 72,3 anni).	Per le misurazioni è stato utilizzato un flessometro di piombo ricoperto di plastica dura che veniva modellato seguendo i processi spinosi da C7 a S1. L'unico parametro valutato è l'"Index of kyphosis" ($IK = TW/TL \times 100$) in posizione eretta rilassata e in posizione "eretta massima". Da questi due dati viene ricavata la variazione percentuale dell'IK tra le due posizioni. <i>TW = Thoracic Width</i> <i>TL = Thoracic Length</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'IK era più alto per le donne anziane sia in posture rilassate che erette, indicando un maggior grado di cifosi toracica per questa fascia di età. ➤ Per le più giovani l'IK risulta più basso a causa di una maggior capacità di correzione attiva tra le due posizioni.
Fujimori T., Iwasaki M., et al. (2012)	<i>Kinematics of the Thoracic Spine in Trunk Rotation In Vivo 3-Dimensional Analysis [22].</i>	Reclutati 13 uomini volontari con un range di età: 30 - 36 anni (media: 33,2).	Le misurazioni sono state fatte eseguendo delle TC in posizione supina neutra ed in massima rotazione Dx e Sx. Sono stati presi in considerazione i ROM in inclinazione	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Questo studio non dà informazioni sull'influenza dell'invecchiamento sulla cinematica, ma vengono ricavate informazioni sul ROM in rotazione toracica e i

			intersegmentali da T1-T2 a T12-L1, e la presenza di movimenti accoppiati durante l'inclinazione laterale.	<p>movimenti accoppiati per un determinato target di età.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Durante la rotazione viene associata una lieve lateroflessione omolaterale.
<i>Fujimori T., Iwasaki M. (2014)</i>	<i>Kinematics of the thoracic spine in trunk lateral bending: in vivo three-dimensional analysis [23].</i>	Reclutati 15 uomini volontari con un range di età: $32,8 \pm 1,6$ anni.	Le misurazioni sono state fatte eseguendo delle TC in posizione supina neutra ed in massima inclinazione Dx e Sx. Sono stati presi in considerazione i ROM in inclinazione intersegmentale da T1-T2 a T12-L1 e la presenza di movimenti accoppiati durante l'inclinazione laterale.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Questo studio non dà informazioni sull'influenza dell'invecchiamento sulla cinematica, ma vengono ricavate informazioni sul ROM in inclinazione toracica e i movimenti accoppiati per un determinato target di età. ➤ Durante l'inclinazione laterale si assiste nel 40-90% dei casi a una rotazione accoppiata omolaterale.
<i>Ignasiak D., Rüegerb A., Ferguson S.J. (2017)</i>	<i>Multi-segmental thoracic spine kinematics measured dynamically in the young and elderly during flexion [24].</i>	Reclutati 42 volontari e suddivisi in due gruppi: A. 21 Giovani, range di età: $27,0$ anni $\pm 3,96$; B. 21 Anziani, range di età: $70,1$ anni $\pm 3,85$.	Per le misurazioni è stato utilizzato un sistema di acquisizione del movimento 3D che ha sfruttato 12 camere infrarossi e 75 marker applicati sulla cute (di cui 11 sui processi spinosi di: C7, T3, T5, T7, T9, T11, L1, L2, L3, L4 e L5). Si è ricavata la sequenza con la quale intervengono i segmenti del rachide toracico durante il task motorio prescelto, la flessione del tronco a ginocchia estese e il ritorno alla stazione eretta.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La sequenza con cui intervengono i segmenti toracici durante il task motorio è influenzata dall'invecchiamento ($p = 0,011$).

			È stato ricavato anche il ROM tra i vari segmenti toracici e lombari, ma non è possibile risalire ai dati esatti dai grafici riportati nel full text.	
<i>Pan F., Firouzabadi A., et al. (2018)</i>	<i>The shape and mobility of the thoracic spine in asymptomatic adults - A systematic review of in vivo studies [25].</i>	Sono stati selezionati dalla letteratura 45 studi sulla cifosi e sulla cinematica toracica in vivo (3 studi prospettivi, 42 studi cross-sectional).	Negli studi selezionati le misurazioni sono state effettuate utilizzando dispositivi radiologici e non radiologici (goniometro, inclinometro, accelerometro, riprese video). Sono stati considerati: la cifosi, i ROM in flessione, estensione, inclinazione laterale, rotazione assiale, i Rom segmentali e infine i movimenti accoppiati.	➤ L'invecchiamento è correlato ad un aumento della cifosi toracica e ad una riduzione del ROM nei tre piani di movimento.

4.2.3 Tabella n°3 - Rachide toracolombare

<u>Autori</u>	<u>Nome dello studio</u>	<u>Caratteristiche del campione</u>	<u>Parametri valutati e sistema di misurazione utilizzato</u>	<u>Conclusioni</u>
Gerçek E. (2008)	<i>Dynamic angular three-dimensional measurement of multisegmental thoracolumbar motion in vivo [26].</i>	Reclutati 21 soggetti: 11 uomini e 10 donne; età compresa tra i 19 e i 29 anni. Età media: 23,8 anni.	Sono stati misurati i movimenti tra i vari segmenti vertebrali di flessione-estensione e inclinazione laterale in stazione eretta, di rotazione assiale in posizione seduta tramite l'inserimento di fili di Kirshner dotati di markers nei processi trasversi da T11 a L2. Sono stati considerati sia i movimenti primari che quelli accoppiati.	➤ Questo studio non dà informazioni sull'influenza dell'invecchiamento sulla cinematica, ma vengono ricavate informazioni sul ROM della giunzione toracolombare per un determinato target di età.

4.2.4 Tabella n°4 - Rachide toracico e lombare

Autori	Nome dello studio	Caratteristiche del campione	Parametri valutati e sistema di misurazione utilizzato	Conclusioni
Cavanaugh T., Shinberg M., et al. (1999)	<i>Kinematic characterization of standing reach: comparison of younger vs. older subjects [27].</i>	Reclutati 67 individui e suddivisi in due gruppi: A. composto da 34 giovani: range età 20 - 36 anni; B. composto da 33 anziani: range età 60 - 76 anni.	Per le misurazioni del movimento della colonna e dello spostamento del baricentro sono state utilizzate delle riprese video, dei marker applicati sulla cute e delle piattaforme di forza. Sono stati misurati: rotazione toracolombare, toracica e lombare, inclinazione laterale toracolombare, movimento sagittale lombare. Per ogni soggetto sono state eseguite due diverse misurazioni: con la prima è stata valutata la massima escursione articolare, mentre la seconda è stata eseguita durante un task motorio specifico (raggiungimento di un oggetto davanti a sé). Tutti questi dati sono stati confrontati tra i 2 gruppi.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Il ROM registrato è significativamente minore nel gruppo degli anziani. ➤ I risultati hanno evidenziato che i soggetti più anziani usavano costantemente meno rotazione toracolombare e flessione del tronco durante il task considerato.
Sung P. (2016)	<i>Different coordination and flexibility of the spine and pelvis during lateral bending between young and older adults [28].</i>	Reclutati 34 soggetti e suddivisi in due gruppi: A. composto da 17 giovani → Età: 23,7 ± 4,6; 8 M - 9F B. composto da 17 anziani → Età: 67,5 ± 3,9; 8 M - 9F.	Per le misurazioni è stato utilizzato il protocollo Helen Hayes Marker Set durante i movimenti di inclinazione laterale dx, ritorno alla posizione neutra, inclinazione laterale sx e ritorno alla posizione neutra. I punti di repere considerati sono: T1, T12, S1 e le SIPS dx e sx.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Viene rilevata una riduzione del ROM lombare nel gruppo degli anziani. ➤ Dai dati ottenuti si può affermare che i cambiamenti dovuti all'età sono più evidenti nel pattern di coordinazione durante il movimento di inclinazione,

			Vengono rilevati i ROM toracico e lombare e da questi si calcola la variazione di coordinazione tra rachide toracico e lombare, tra torace e bacino e tra lombare e bacino.	mentre durante la fase di ritorno alla posizione neutra giovani e anziani hanno mostrato pattern simili di coordinazione.
<i>Kasukawa Y., Miyakoshi N., et al. (2017)</i>	<i>Age-related changes in muscle strength and spinal kyphosis angles in an elderly Japanese population [29].</i>	Reclutati 572 soggetti (252 M - 320 F). Sono stati suddivisi in 4 gruppi: A. > 50 anni (22 M - 35 F); B. > 60 anni (79 M - 126 F); C. > 70 anni (106 M - 125 F); D. > 80 anni (45 M - 34 F).	Gli autori hanno valutato numerosi parametri (forza della presa, dei muscoli del dorso e arti inferiori), ma tra quelli rilevanti ai fini della tesi ritroviamo: cifosi toracica, lombare e inclinazione calcolate con SpinalMouse. Lo stesso software è stato utilizzato per ricavare i gradi di mobilità per il tratto toracico, lombare e per l'inclinazione spinale totale nei movimenti di flessione, estensione e dalla massima flessione alla massima estensione. <i>(Questo studio considera la lordosi lombare come cifosi lombare)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ricontrate variazioni significative correlate all'invecchiamento per i parametri valutati in entrambi i sessi. ➤ Lo studio ha dimostrato che la forza dei muscoli della schiena è diminuita in modo significativo con l'invecchiamento, suggerendo che questa contribuisce alle deformità cifotiche lombari legate all'età in entrambi i sessi.

4.3 Analisi dei risultati

Per ogni studio sono stati analizzati i dati relativi alla cinematica del distretto valutato, sono state create tabelle e grafici ed infine sono stati riportati i key points.

4.3.1 Studi sulla cinematica del rachide lombare

- ❖ Vachalathiti R. (1995) - "Effects of age, gender and speed on three dimensional lumbar spine kinematics" [12].

Tabella relativa al sesso maschile

Movimenti	A (lento)	B (lento)	C (lento)	A (veloce)	B (veloce)	C (veloce)
Flessione	48°	46°	33°	49°	47°	33°
Lat. flessione	0°	0°	-2°	0°	0°	2°
Rotazione	0°	1°	0°	0°	0°	0°
Lat.flessione (sx)	-35°	-32°	-29°	-32°	-30°	-29°
Flessione	8°	9°	6°	8°	7°	5°
Rotazione	-5°	-3°	-4°	-4°	-2°	-4°
Lat.flessione (dx)	32°	30°	24°	31°	29°	23°
Flessione	9°	12°	9°	8°	11°	9°
Rotazione	6°	7°	5°	5°	6°	6°
Rotazione (sx)	23°	23°	22°	25°	25°	23°
Flessione	7°	8°	6°	11°	11°	7°
Lat. Flessione	2°	5°	2°	4°	4°	4°
Rotazione (dx)	-21°	-23°	-20°	-25°	-25°	-21°
Flessione	7°	8°	8°	11°	10°	9°
Lat. Flessione	-3°	-2°	-1°	-4°	-3°	-1°

Tabella relativa al sesso femminile

Movimenti	A (lento)	B (lento)	C (lento)	A (veloce)	B (veloce)	C (veloce)
Flessione	39°	36°	32°	39°	37°	31°
Lat. flessione	1°	0°	0°	1°	0°	0°
Rotazione	0°	0°	0°	0°	0°	0°
Lat.flessione (sx)	-33°	-31°	-25°	-30°	-29°	-24°
Flessione	12°	9°	6°	10°	8°	6°
Rotazione	-5°	-3°	-3°	-5°	-2°	-3°
Lat.flessione (dx)	33°	31°	24°	29°	29°	22°
Flessione	11°	10°	10°	10°	10°	9°
Rotazione	5°	4°	5°	5°	5°	5°
Rotazione (sx)	19°	20°	19°	21°	21°	19°
Flessione	7°	6°	3°	8°	7°	5°
Lat. Flessione	5°	4°	1°	5°	4°	-1°
Rotazione (dx)	-19°	-20°	-17°	-21°	-22°	-18°
Flessione	7°	5°	5°	8°	7°	6°
Lat. Flessione	-3°	-5°	2°	-4°	-5°	1°

La flessione anteriore assume valori positivi.

La lateroflessione assume valori positivi quando è verso destra.

La rotazione assume valori positivi quando è verso sinistra.

Gruppo A: 20 - 35 anni; Gruppo B: 36 - 59 anni; Gruppo C: > 60 anni.

- Per quanto riguarda la flessione sono state riscontrate differenze significative tra i gruppi A e B maschili se confrontati con entrambi i gruppi C.
- I gruppi A e B maschili hanno evidenziato una maggiore flessione rispetto ai gruppi A e B femminili.
- La flessione dei tre gruppi femminili non evidenzia differenze significative.

- Per la lateroflessione si rilevano differenze significative tra i gruppi A e C sia maschili che femminili ad entrambe le velocità.
- La riduzione della rotazione tra i gruppi A e C di entrambi i sessi è minima.
- I movimenti che subiscono una riduzione più rilevante sono la flessione e la lateroflessione.
- Questo studio ha considerato anche il fattore “velocità di esecuzione del task motorio”. In entrambi i gruppi C le velocità di esecuzione erano inferiori rispetto ai gruppi più giovani.

Sono stati considerati anche i movimenti accoppiati:

- La lateroflessione (se movimento primario) è associata a flessione e rotazione controlaterale;
- La rotazione (se movimento primario) è associata a lateroflessione controlaterale in tutti i gruppi maschili e nei gruppi A e B femminili.
- In nessun gruppo né la rotazione né la lateroflessione sono associate se la flessione è il movimento primario.
- Dai risultati di questo studio non si trovano correlazioni significative per le variazioni dei movimenti accoppiati in relazione all'età.
- La velocità di esecuzione non influisce sui movimenti accoppiati.

❖ *Hasten L. (1996) - “Lumbar range of motion in male heavy laborers on the Applied Rehabilitation Concepts (ARCON) system” [13].*

	<i>Flessione</i>	<i>Estensione</i>	<i>LatFlex destra</i>	<i>LatFlex sinistra</i>
<i>Gr. A (17 - 25 anni)</i>	69,9° ± 11,7°	33,3° ± 5,8°	20,8° ± 5°	21,8° ± 6,7°
<i>Gr. B (26 - 35 anni)</i>	68,7° ± 8,2°	32,8° ± 5,9°	21,6° ± 5,9°	22,1° ± 6,9°
<i>Gr. C (36 - 45 anni)</i>	61,8° ± 10,1°	30,5° ± 8,3°	18,2° ± 4,4°	18° ± 5°
<i>Gr. D (46 - 55 anni)</i>	61,3° ± 9,7°	26,1° ± 7,5°	15,3° ± 5,9°	17° ± 5,8°
<i>Gr. E (56 - 65 anni)</i>	54,7° ± 8,5°	26,1° ± 5,4°	12,6° ± 4,2°	16,4° ± 4,8°

- Dai dati ricavati da questo studio è possibile riscontrare una significativa riduzione del ROM lombare correlato all'invecchiamento.
- Gli autori dello studio sostengono che la riduzione dell'estensione lombare sia minore rispetto alla riduzione osservata in precedenti studi su soggetti sedentari.
- Considerando anche il gruppo più giovane sono stati registrati dei dati per la lateroflessione inferiori alla media rispetto a test precedenti (media considerata = ≈ 50°).

Gli autori dello studio non avevano previsto una riduzione maggiore della lateroflessione destra.

❖ Troke et al. (2005) - "A normative database of lumbar spine ranges of motion" [14].

	Max (M)	Min (M)	Max (F)	Min (F)
Flessione	73°	40°	68°	40°
Estensione	29°	7°	28°	6°
Lateroflessione (dx)	28°	15°	27°	14°
Lateroflessione (sx)	28°	16°	28°	18°
Rotazione (dx)	7°	7°	8°	8°
Rotazione (sx)	7°	7°	6°	6°

Legenda: Max → valori medi a 16 anni; Min → valori medi a 90 anni; (M): Maschile; (F): Femminile

- Le donne hanno una flessione massima (a 16 anni) inferiore rispetto agli uomini, ma la minima (a 90 anni) è equivalente tra i due sessi.
- Per l'intervallo di età considerato si registra una diminuzione del 45% per la flessione, del 48% per la lateroflessione.
- La diminuzione più evidente si registra per l'estensione e corrisponde al 79%.
- Non si registrano variazioni evidenti per la rotazione.

❖ Intolo P., et al. (2008) - "The effect of age on lumbar range of motion: a systematic review" [15].

Intervalli di età		Flessione		Estensione	
Gruppo 1	Gruppo 2	Donne	Uomini	Donne	Uomini
20-29	30-39	-2,4° ± 3,2°	2,1° ± 10,7°	2,9° ± 3,9°	7,8° ± 1,7°
	40-49	3,5° ± 3,2°	4,0° ± 8,6°	7,7° ± 3,5°	5,4° ± 1,9°
	50-59	2,8° ± 6,3°	7,1° ± 5,4°	10,5° ± 2,7°	8,5° ± 2,8°
	60-69	9,2° ± 3,6°	16,3° ± 4,4°	13,9° ± 4,0°	8,5° ± 7,6°
		Flessione laterale sinistra		Rotazione sinistra	
20-29	30-39	1,8° ± 1,7°	1,7° ± 1,4°	-0,7° ± 1,3°	2,17° ± 1,6°
	40-49	4,2° ± 1,7°	5,6° ± 7,1°	0,3° ± 2,2°	2,0° ± 1,6°
	50-59	5,4° ± 2,0°	6,7° ± 7,6°	1,4° ± 1,4°	1,7° ± 1,6°
	60-69	7,4° ± 2,3°	10,8° ± 7,0°	1,8° ± 3,6°	2,4° ± 1,9°
		Flessione laterale destra		Rotazione destra	
20-29	30-39	2,8° ± 1,8°	1,2° ± 1,2°	0,1° ± 1,5°	2,7° ± 3,6°
	40-49	4,4° ± 1,8°	5,3° ± 4,2°	1,9° ± 4,4°	1,8° ± 2,3°
	50-59	4,8° ± 1,9°	5,7° ± 6,0°	1,9° ± 4,1°	1,5° ± 1,6°
	60-69	7,9° ± 2,3°	9,4° ± 10,4°	2,8° ± 6,9°	0,6° ± 3,0°

La tabella riporta i risultati della meta-analisi condotta in questa revisione sistematica che ha considerato 16 diversi studi. I valori riportati corrispondono alla riduzione ± la deviazione standard tra il Gruppo 1 e il Gruppo 2.

- Sono state registrate riduzioni significative per la flessione, l'estensione e la lateroflessione lombare correlate all'invecchiamento.
- Meno significative risultano le riduzioni rilevate per la rotazione (sia destra che sinistra).
- La riduzione della flessione è maggiore dopo i 40 anni per le donne e dopo i 50 anni per gli uomini.
- L'estensione inizia a ridursi ad ogni decade dopo i 40 anni per le donne e dopo i 30 anni per gli uomini.
- Per quanto riguarda la lateroflessione, per le donne dopo i 30 anni si registra una riduzione di circa 2° per ogni decade.

Per gli uomini, invece, si registra una riduzione meno significativa da un punto di vista statistico oltre i 40 anni, e asimmetrica (è maggiore a sinistra).

- La riduzione della rotazione sinistra tra i 20 e i 70 anni corrisponde al 15% per le donne e all'11% per gli uomini.
 - In sintesi la riduzione del ROM è maggiore dopo i 40 anni in entrambi i sessi sul piano sagittale e coronale mentre risulta minimo l'effetto dell'invecchiamento sui movimenti di rotazione.
- ❖ Pries E., et al. (2014) - "Age-related loss of lumbar spinal lordosis and mobility - a study of 323 asymptomatic volunteers" [16].

Lordosi Lombare	Uomini	Donne	Intera coorte
20 - 29 anni	35,5° ± 8,7°	37,1° ± 7,2°	36,4° ± 7,9°
30 - 39 anni	34,9° ± 9,1°	36,6° ± 7,3°	35,9° ± 8,1°
40 - 49 anni	27,6° ± 10,2°	33,3° ± 6,4°	30,9° ± 8,7°
> 50 anni	28,8° ± 11,6°	29,2° ± 8,8°	29° ± 10,0°

ROM Lombare	Flessione			Estensione		
	Uomini	Donne	Intera coorte	Uomini	Donne	Intera coorte
20 - 29 anni	54,1° ± 9°	53,4° ± 9,1°	53,7° ± 9°	25,7° ± 8,8°	35,1° ± 11,4°	31,1° ± 11,3°
30 - 39 anni	55,9° ± 9,2°	55,2° ± 8,6°	55,5° ± 8,8°	23,5° ± 10,2°	29,1° ± 10,4°	26,7° ± 10,6°
40 - 49 anni	49,1° ± 10,9°	53,6° ± 9,3°	51,7° ± 10,2°	17,6° ± 10,3°	25,6° ± 11,2°	22,2° ± 11,5°
> 50 anni	45,5° ± 12°	49,2° ± 11,5°	47,5° ± 11,8°	19,9° ± 7,2°	22,7° ± 9,7°	21,4° ± 8,8°

- La lordosi lombare è significativamente associata all'età e non al sesso.
Considerando l'intera coorte, la riduzione tra gruppo più giovane e anziano corrisponde a 7,4° (circa il 20%).
Per entrambi i sessi la riduzione della lordosi è minima tra i gruppi 20-29 e 30-39.
Per la donna il processo di invecchiamento comporta una riduzione graduale della lordosi, mentre per l'uomo la maggiore riduzione avviene tra i gruppi 30-39 e 40-49.
- La maggiore perdita di lordosi a livello segmentale avviene nel tratto lombare medio, mentre è minima a livello della giunzione toracolombare.
- Il Rom sia in flessione che in estensione è significativamente associato all'età.
- Considerando l'intera coorte ed entrambi i sessi separatamente non ci sono diminuzioni significative del Rom in flessione per i gruppi 20-29 e 30-39.
Mettendo a confronto il gruppo più giovane e anziano dell'intera coorte la riduzione del Rom in flessione è del 12%.
- Come per la lordosi lombare, la maggiore perdita del ROM è dovuta al tratto lombare medio.
- Il Rom in estensione subisce una riduzione più significativa confrontando il gruppo più giovane con quello più anziano (-31%).
Le donne mostrano una riduzione più significativa rispetto agli uomini, che indipendentemente dal gruppo considerato hanno una estensione minore.

- ❖ Pries E., et al. (2015) - “The effects of age and gender on the lumbopelvic rhythm in the sagittal plane in 309 subjects” [17].

Parametri	Soggetti	20 - 35 anni	36 - 50 anni	> 50 anni
Lordosi lombare in stazione eretta	Intero campione	36,8° ± 7,8°	32,0° ± 8,7°	28,6° ± 10,2°
	Uomini	36,1° ± 8,7°	28,7° ± 9,9°	28,8° ± 12,0°
	Donne	37,4° ± 7,1°	34,3° ± 6,8°	28,5° ± 8,7°
ROM in flessione Lombare	Intero campione	54,1° ± 9,0°	52,0° ± 10,4°	46,4° ± 11,0°
	Uomini	54,6° ± 8,7°	50,0° ± 11,4°	45,5° ± 12,0°
	Donne	53,7° ± 9,2°	53,4° ± 9,5°	47,2° ± 10,3°
ROM in flessione Cingolo pelvico	Intero campione	70,1° ± 17,2°	72,7° ± 14,3°	77,1° ± 16,7°
	Uomini	59,8° ± 14,8°	65,8° ± 13,1°	72,6° ± 16,4°
	Donne	77,9° ± 14,7°	77,6° ± 13,2°	80,9° ± 16,3°
L/P Ratio	Uomini	0,91	0,77	0,65
	Donne	0,69	0,70	0,65

- Per l'intero campione la media della lordosi lombare in stazione eretta è di 33,8° in assenza di differenza significativa tra i due sessi (32,4° M - 34,9° F). Si registra una diminuzione della lordosi lombare con l'avanzare dell'età.
- La riduzione della lordosi lombare è associata ad una significativa riduzione dell'orientamento del sacro (negli uomini 20,4° → 14,2° ; nelle donne 23° → 16,2°).
- Il ROM in flessione lombare diminuisce significativamente sia negli uomini (-9,1°) sia nelle donne (-6,5°).
- In contrapposizione a questo dato si registra un aumento del contributo in flessione dato dal cingolo pelvico → negli uomini si ha un aumento più rilevante (+12,8°) rispetto alle donne (3°). Questo aumento negli uomini porta a una riduzione del rapporto L/P considerando la flessione completa. (0,91 → 0,65 confrontando il gruppo più giovane con quello più anziano).

- ❖ Pries E., et al. (2016) - “Differences between clinical "snap-shot" and "real-life" assessments of lumbar spine alignment and motion - What is the "real" lumbar lordosis of a human being?” [18].

	Lordosi lombare (ST)	Lordosi lombare (LT)	Rom in flessione (ST)	Rom in flessione (LT)	Rom in estensione (ST)	Rom in estensione (LT)
Gr. 20 - 35 anni	36,7°	9°	54,4°	62,6°	29,9°	25,3°
Gr. 35 - 50 anni	32,3°	8°	52,1°	58,3°	24,2°	18,8°
Gr. > 50 anni	28,3°	6°	48,1°	53,8°	22,7°	16,1°
Intero campione (M-F)	33,3° (32,5° - 33,8°)	8° (6,4° - 9,3°)	52,2° (51,8° - 52,4°)	59,1° (58,2° - 59,8°)	26,3° (23,5° - 28,5°)	20,9° (18,7° - 22,7°)

Legenda: ST= Short term; LT= Long term; per la riga "intero campione" il primo dato rappresenta la media, mentre i due dati tra parentesi rappresentano la media maschile e femminile.

- La lordosi lombare (short term) non mostra differenze significative tra i due sessi, ma sia la lordosi lombare (short term) che il ROM (sia in flessione che in estensione) vengono influenzati dall'invecchiamento.
- L'invecchiamento ha minore influenza sulla variazione della lordosi lombare (long term).

- La lordosi lombare non ha un valore costante ma è altamente variabile durante il giorno e, in media, è minore rispetto a quella rilevata in una “istantanea” radiografica.

❖ Yukawa Y., et al. (2019) - “Local Sagittal Alignment of the Lumbar Spine and Range of Motion in 627 Asymptomatic Subjects: Age-Related Changes and Sex-Based Differences” [19].

Campione maschile

	Posizione supina			Stazione eretta		
	L4 - S1 (°)	T12 - S1 (°)	Ratio (%)	L4 - S1 (°)	T12 - S1 (°)	Ratio (%)
20 - 29	28,2° ± 8,1°	31,3° ± 11,8°	95,5% ± 28,1%	35,4° ± 7,1°	49,4° ± 8,6°	73,1% ± 15,8%
30 - 39	27,3° ± 6,6°	30,3° ± 11,1°	94,7% ± 26,4%	34,5° ± 6,8°	48,6° ± 11,2°	73,4% ± 16,2%
40 - 49	30,2° ± 6,1°	35,1° ± 11,1°	93,6% ± 29,2%	33,9° ± 7,2°	48,3° ± 9,9°	72,1% ± 18,3%
50 - 59	30,1° ± 7,4°	37,4° ± 11,0°	84,6% ± 22,3%	34,2° ± 8,2°	50,5° ± 9,1°	68,3% ± 14,3%
60 - 69	31,6° ± 9,4°	38,7° ± 12,6°	87,6% ± 32,8%	35,8° ± 10,2°	48,5° ± 13,1°	76,2% ± 22,0%
70 - 79	30,8° ± 7,4°	35,2° ± 14,5°	93,0% ± 34,5%	33,2° ± 8,5°	42,2° ± 14,8°	83,3% ± 27,4%
Intera coorte	29,7° ± 7,6°	33,9° ± 13,8°	91,1% ± 26,2%	34,5° ± 8,1°	47,8° ± 11,7°	74,4% ± 20,3%

Campione femminile

	Posizione supina			Stazione eretta		
	L4 - S1 (°)	T12 - S1 (°)	Ratio (%)	L4 - S1 (°)	T12 - S1 (°)	Ratio (%)
20 - 29	28,3° ± 8,2°	34,1° ± 12,5°	89,7% ± 28,4%	34,5° ± 8,0°	52,6° ± 12,8°	68,3% ± 19,1%
30 - 39	27,4° ± 7,4°	35,5° ± 11,7°	83,3% ± 19,7%	33,5° ± 7,2°	52,7° ± 10,3°	64,4% ± 12,3%
40 - 49	31,9° ± 9,0°	42,4° ± 14,0°	79,3% ± 22,0%	34,7° ± 9,0°	54,1° ± 10,3°	64,6% ± 13,4%
50 - 59	30,2° ± 8,5°	43,5° ± 12,4°	75,5% ± 28,3%	32,5° ± 9,5°	51,5° ± 10,2°	64,0% ± 18,8%
60 - 69	30,4° ± 8,6°	43,6° ± 12,7°	73,6% ± 22,6%	34,2° ± 9,0°	52,2° ± 10,9°	67,5% ± 19,6%
70 - 79	30,7° ± 8,5°	38,5° ± 13,0°	83,3% ± 28,8%	34,3° ± 9,0°	46,8° ± 13,1°	75,6% ± 26,8%
Intera coorte	29,9° ± 8,5°	39,4° ± 13,7°	80,1% ± 23,8%	34,3° ± 9,0°	51,6° ± 11,6°	67,5% ± 19,4%

Campione totale

	Posizione supina			Stazione eretta		
	L4 - S1 (°)	T12 - S1 (°)	Ratio (%)	L4 - S1 (°)	T12 - S1 (°)	Ratio (%)
Intera coorte	29,8° ± 8,0°	36,9° ± 12,9°	85,1% ± 25,6%	34,2° ± 8,3°	49,8° ± 11,1°	70,8% ± 18,8%

I dati riportati in tabella corrispondono ai gradi di lordosi lombare tra i segmenti considerati (L4 - S1 o T12 - S1), mentre il “Ratio” corrisponde al rapporto percentuale tra i due valori (L4 - S1/T12 - S1).

- Considerando l’intero campione, la lordosi lombare totale (T12 - S1) è di 36,9° ± 12,9° in posizione supina e 49,8° ± 11,1° in stazione eretta.
- La lordosi lombare totale risulta maggiore nel sesso femminile in entrambe le posizioni e a tutte le età.
- All’interno dell’articolo è riportato un grafico sul ROM totale per ogni decade, ma non è possibile ricavare gli esatti gradi per decade e sesso.

- Gli unici dati esatti che si possono ricavare dall'articolo sul ROM in Flesso-estensione sono:

- il valore di $52,1^\circ \pm 17,1^\circ$, riferito all'intero campione (uomini + donne)
- quelli riportati nella tabella qui a lato.

Lordosi (T12 - S1)	Uomo	Donna
<i>Pos. supina</i>	$33,9^\circ \pm 13,8^\circ$	$39,4^\circ \pm 13,7^\circ$
<i>Stazione eretta</i>	$47,8^\circ \pm 11,7^\circ$	$51,6^\circ \pm 11,6^\circ$
ROM (°)		
<i>Flessione</i>	$31,4^\circ \pm 13,8^\circ$	$34,7^\circ \pm 13,6^\circ$
<i>Estensione</i>	$19,9^\circ \pm 12,0^\circ$	$18,9^\circ \pm 11,6^\circ$
<i>Totale</i>	$51,2^\circ \pm 16,6^\circ$	$53,7^\circ \pm 16,6^\circ$

- Il ROM in flessione è maggiore per le donne in ogni gruppo considerato.
- Dai grafici si osserva una riduzione del ROM con l'invecchiamento ed in modo particolare questa interessa l'estensione.
- Si nota anche una riduzione del rapporto: (Lordosi L4 - S1/Lordosi totale) fino alla settima decade di età.
- Nell'ottava decade, invece, per entrambi i sessi e per entrambe le posizioni si registra un improvviso calo della lordosi lombare totale e un aumento del rapporto precedentemente descritto.

4.3.2 Studi sulla cinematica del rachide toracico

❖ O'Gorman H., et al. (1987) - "*Thoracic kyphosis and mobility: the effect of age*" [20].

	22 - 29 Anni	30 - 39 Anni	40 - 49 Anni	50 - 59 Anni	60 - 69 Anni	> 70 Anni
Flessione	$32,98^\circ \pm 9,02^\circ$	$24,58^\circ \pm 5,93^\circ$	$22,83^\circ \pm 7,56^\circ$	$15,98^\circ \pm 8,03^\circ$	$17,25^\circ \pm 9,60^\circ$	$15,85^\circ \pm 8,29^\circ$
Estensione	$37,43^\circ \pm 10,52^\circ$	$28,68^\circ \pm 12,42^\circ$	$20,75^\circ \pm 5,90^\circ$	$19,73^\circ \pm 7,06^\circ$	$16,68^\circ \pm 6,68^\circ$	$11,85^\circ \pm 7,04^\circ$
LatFlex. (dx)	$37,45^\circ \pm 8,86^\circ$	$32,60^\circ \pm 9,83^\circ$	$25,85^\circ \pm 5,08^\circ$	$22,25^\circ \pm 4,67^\circ$	$21,95^\circ \pm 5,22^\circ$	$20,45^\circ \pm 6,30^\circ$
LatFlex. (sx)	$37,05^\circ \pm 6,60^\circ$	$30,55^\circ \pm 8,96^\circ$	$25,80^\circ \pm 5,83^\circ$	$22,00^\circ \pm 5,30^\circ$	$22,25^\circ \pm 4,95^\circ$	$19,15^\circ \pm 5,92^\circ$
Rotazione (dx)	$60,28^\circ \pm 12,59^\circ$	$51,85^\circ \pm 10,39^\circ$	$47,55^\circ \pm 8,35^\circ$	$45,25^\circ \pm 7,63^\circ$	$42,15^\circ \pm 7,44^\circ$	$26,00^\circ \pm 5,40^\circ$
Rotazione (sx)	$59,30^\circ \pm 11,00^\circ$	$51,55^\circ \pm 10,77^\circ$	$46,70^\circ \pm 7,81^\circ$	$44,05^\circ \pm 6,75^\circ$	$40,95^\circ \pm 8,05^\circ$	$25,85^\circ \pm 6,05^\circ$
Cifosi	$40,68^\circ \pm 8,77^\circ$	$42,05^\circ \pm 5,94^\circ$	$45,23^\circ \pm 7,66^\circ$	$54,43^\circ \pm 9,61^\circ$	$55,33^\circ \pm 11,88^\circ$	$65,73^\circ \pm 10,30^\circ$

- Si osservano riduzioni statisticamente significative tra:
 - i gruppi 22 - 29 e 30 - 39 per la flessione, l'estensione, la lateroflessione sinistra e la rotazione destra;
 - i gruppi 30 - 39 e 40 - 49 per l'estensione e la lateroflessione destra;
 - i gruppi 60 - 69 e > 70 per la rotazione destra e sinistra.
- Per quanto riguarda la cifosi si osservano riduzioni statisticamente significative tra i gruppi 40 - 49 e 50 - 59, e anche tra i gruppi 60 - 69 e > 70.
- La riduzione di movimento più marcata interessa l'estensione (- 68%), seguita dalla rotazione (- 56% sia destra che sinistra), dalla flessione (-52%) e infine dalla lateroflessione destra (-48,3%) e sinistra (-45,5%).
- La riduzione dell'estensione può essere compatibile con l'aumento della cifosi.
- Da un'analisi globale dei dati si ricava che c'è una relazione statisticamente significativa con l'invecchiamento per la riduzione del ROM in tutti e tre i piani di movimento ($p < 0,001$) e per l'aumento della cifosi toracica ($p < 0,001$).

- ❖ Hinman R. (2004) - “*Comparison of thoracic kyphosis and postural stiffness in younger and older women*” [21].

	<i>IK in posizione neutra</i>		<i>IK in posizione eretta</i>		<i>Rapporto IK</i>	
	<i>Range</i>	<i>Media (SD)</i>	<i>Range</i>	<i>Media (SD)</i>	<i>Range</i>	<i>Media (SD)</i>
Anziane	7,28 - 21,96	12,19 (3,71)	6,4 - 20,89	11,11 (3,86)	0,92 - 1,34	1,11 (0,098)
Giovani	4,49 - 13,2	10,02 (2,43)	2,6 - 10,31	7,16 (2,15)	0,98 - 2	1,45 (0,284)

IK = indice di cifosi

- Un valore di “Rapporto IK” superiore a 1 indica la capacità di ridurre attivamente la cifosi in posizione eretta e quindi di possedere un certo grado di elasticità dei tessuti.
- Entrambi i gruppi hanno fatto registrare un rapporto IK superiore a 1, anche se nelle giovani è stato maggiore (1,45 vs 1,11).

È stata ricavata anche la percentuale di cambiamento tra postura rilassata ed eretta per entrambi i gruppi.

- Il gruppo delle giovani ha fatto registrare una percentuale quasi 3 volte superiore rispetto all’altro gruppo, il che fa pensare ad una influenza dell’invecchiamento sull’elasticità dei tessuti.

- ❖ Fujimori T., et al. (2012) - “*Kinematics of the Thoracic Spine in Trunk Rotation In Vivo 3-Dimensional Analysis*” [22].

<i>Livello</i>	<i>Rotazione</i>	<i>LatFlex. associata</i>	<i>Flessoest. associata</i>	<i>Traslazione laterale associata</i>	<i>Traslazione SI associata</i>	<i>Traslazione AP associata</i>
T1 - T2	1,2°	2° (92%)	0°	-0,1°	0,1°	0,1°
T2 - T3	1,6°	1,8° (96%)	-0,1°	0°	0°	0°
T3 - T4	1,4°	1,9° (92%)	0,3°	0°	0°	0,1°
T4 - T5	1,6°	1,6° (88%)	0,7°	-0,1°	-0,1°	0,2°
T5 - T6	1,8°	1,4° (88%)	0,1°	-0,1°	0°	0°
T6 - T7	1,9°	1,1° (85%)	0,2°	0°	-0,1°	0°
T7 - T8	2,3°	0,9° (85%)	0,1°	0°	0°	0°
T8 - T9	2,5°	0,3° (54%)	0,4°	0°	-0,1°	0,1°
T9 - T10	2,7°	0,1° (54%)	0,4°	0°	0°	0,1°
T10 - T11	2,6°	0,4° (73%)	0,5°	0°	0°	0,1°
T11 - T12	1,3°	0,6° (65%)	1°	0°	0°	0,3°
T12 - L1	0,5°	-0,1° (38%)	0,9°	0,1°	-0,1°	0,3°

Valori positivi di lateroflessione indicano lateroflessione omolaterale alla rotazione. I valori tra parentesi indicano la % di lateroflessione omolaterale alla rotazione riscontrata tra i soggetti.

Valori positivi di flessoestensione indicano flessione.

Valori positivi di traslazione laterale indicano traslazione omolaterale alla rotazione.

Valori positivi di traslazione SI indicano traslazione superiore.

Valori positivi di traslazione AP indicano traslazione anteriore.

- Il valore medio della rotazione massima registrata corrisponde a $24,9^\circ \pm 4,9^\circ$ per lato, $7,6^\circ \pm 6^\circ$ per la lateroflessione omolaterale associata e $1,8^\circ \pm 12,4^\circ$ per la flessione associata.
- I valori di rotazione assiale di questo studio risultano minori rispetto a studi precedenti di Willems [30], in cui probabilmente sono sovrastimati a causa dei metodi di misurazione (sensori applicati sulla cute).
- In questo studio si sono registrati significative rotazioni maggiori nei segmenti inferiori a T6 - T7 probabilmente per la stretta correlazione con la gabbia toracica.

- In contrapposizione alla maggiore rotazione dei segmenti inferiori a T6 - T7 si assiste a una brusca riduzione per i segmenti T11 - T12 e T12 - L1 a causa del progressivo orientamento sul piano sagittale delle faccette articolari.
 - Gli autori confrontano i dati raccolti sui movimenti accoppiati con dati di altri studi già presenti in letteratura:
 - *Panjabi* [31] in uno studio su cadaveri afferma che la lateroflessione associata è sempre sinistra, sia che la rotazione sia destra o sinistra.
 - *Gercek* [26] associa la flessione alla rotazione, senza menzionare la lateroflessione.
 - Dai dati raccolti in questo studio la frequenza di lateroflessione omolaterale alla rotazione è maggiore nei segmenti superiori, e diminuisce se si considerano segmenti sempre più distali fino ad arrivare al segmento T12 - L1 in cui è più frequente l'accoppiamento controlaterale.
 - Le traslazioni laterali, superoinferiori e anteroposteriori sono scarsamente osservate.
- ❖ *Fujimori T., et al. (2014) - "Kinematics of the thoracic spine in trunk lateral bending: in vivo three-dimensional analysis" [23].*

Tratto toracico	Livello	LatFlex.	% sul Rom totale	Rotazione associata	Flesso-estensione associata	Traslazione laterale associate	Traslazione superoinferiore	Traslazione antero-posteriore
Superiore	T1 - T2	1,4°	23	0,3° (67%)	0,7°	0,4	-0,1	0,1
	T2 - T3	1,3°		0°	0,1°	0,5	0	0
	T3 - T4	1,4°		-0,3° (40%)	0,1°	0,5	0	0,1
Medio superiore	T4 - T5	0,9°	15,7	0,1° (67%)	0,4°	0,5	-0,1	0,1
	T5 - T6	0,8°		0,1° (67%)	0,3°	0,3	0	0,1
	T6 - T7	1,1°		0,5° (80%)	0,4°	0,2	-0,1	0,1
Medio Inferiore	T7 - T8	1,7°	25,4	0,4° (80%)	0,2°	0,3	0	0,1
	T8 - T9	1,3°		0,5° (80%)	0,2°	0,3	0	0,1
	T9 - T10	1,6°		0,5° (77%)	0°	0,3	0	0
Inferiore	T10 - T11	1,8°	35,9	0,7° (90%)	-0,1°	0,4	0	0
	T11 - T12	2,3°		0,5° (90%)	-0,1°	0,6	0	0
	T12 - L1	2,3°		0,2° (73%)	-0,8°	0,6	0,1	-0,2

La % in rotazione associata è riferita alla frequenza dell'accoppiamento omolaterale registrato per quel livello.

Valori positivi indicano rotazione omolaterale alla lateroflessione.

Valori positivi di flessioestensione indicano la flessione.

Valori positivi di traslazione laterale indicano una traslazione omolaterale alla lateroflessione.

Valori positivi di traslazione superoinferiore indicano traslazione superiore.

Valori positivi di traslazione anterosuperiore indicano traslazione anteriore.

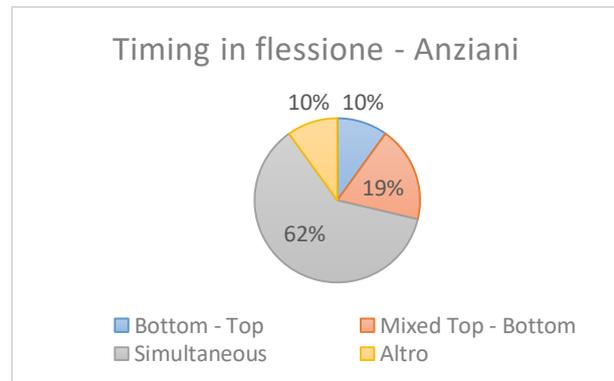
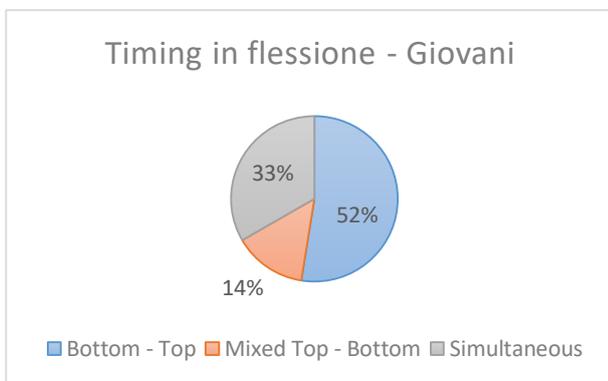
I valori di traslazione sono espressi in mm.

- La media della massima lateroflessione (T1 - L1) corrisponde a $15,6° \pm 6,3°$. Non si sono registrate differenze significative tra lateroflessione destra e sinistra.
- Sul ROM totale il maggior contributo è dato dal tratto toracico inferiore.
- Per quanto riguarda la media dei movimenti associati alla lateroflessione si è ricavato un valore di:
 - $6,2° \pm 4,8°$ per la rotazione omolaterale;
 - $0,9° \pm 2,9°$ per la flessione.

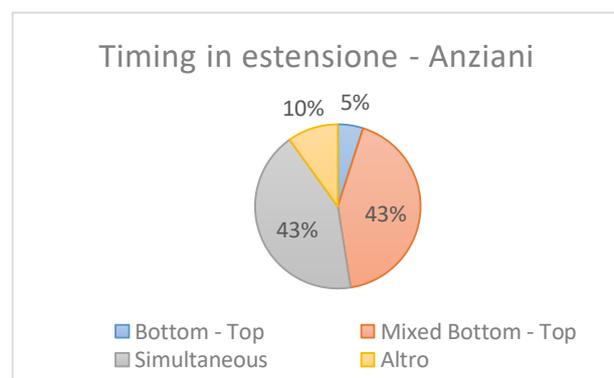
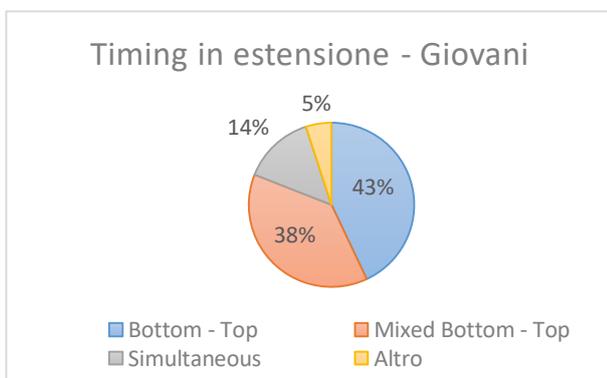
- La lateroflessione è associata a flessione nei tratti superiore e medi, mentre nel tratto inferiore all'estensione.
- Le traslazioni superoinferiori e anteroposteriori sono scarsamente rappresentate.

❖ Ignasiak D., et al. (2017) - **“Multi-segmental thoracic spine kinematics measured dynamically in the young and elderly during flexion”** [24].

- Dall'analisi del task prescelto, durante la fase di flessione:
 - il 52% dei giovani tende a flettere prima il tratto lombare e le anche, in seguito i segmenti toracici inferiori e infine i prossimali (movimento sequenziale “bottom - top”);
 - il 62% degli anziani mostra movimenti simultanei dei segmenti toracici.
 - Circa un terzo di entrambi i gruppi ha mostrato un movimento sequenziale di tipo misto - simultaneo.



- Durante l'estensione:
 - in quasi la metà dei giovani (43%) i segmenti inferiori ritornano in posizione verticale prima di quelli superiori (movimento sequenziale “bottom - top”)
 - L'estensione simultanea (43%) e mista-simultanea (43%) dei segmenti toracici sono prevalenti nel gruppo degli anziani.
 - Un solo anziano ha mostrato il movimento sequenziale “bottom-top” tipico dei giovani.



❖ Pan F., et al (2018) - “*The shape and mobility of the thoracic spine in asymptomatic adults - A systematic review of in vivo studies*” [25].

Dal full text sono stati estratti i valori medi ricavati dall’analisi dei 45 studi considerati dalla revisione sistematica per i seguenti parametri:

Cifosi	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Media in stazione eretta</u>: 34° (mezzi non radiologici) - 40° (con mezzi radiologici). - <u>In posizione seduta</u>: 39° (mezzi non radiologici). - <u>In posizione supina</u>: 33° (tra T4 - T12).
Flessione	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Media in stazione eretta</u>: 21° (con mezzi radiologici e non) → intervallo 12°- 28°. - Arjmand et al. [32, 33] afferma che il tratto toracico inferiore (T5 - T12) contribuisce maggiormente (oltre il 60%) alla flessione rispetto al tratto toracico superiore. - Altri studi, come per esempio quelli di Alqhtani et al. [34] e di Willems [30] hanno dimostrato il maggior contributo del tratto toracico inferiore anche in posizione seduta.
Estensione	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Media in stazione eretta</u>: 13° (con mezzi radiologici e non) → intervallo 11° - 17°. - <u>In posizione seduta</u>: 26° (con mezzi ad ultrasuoni). - <u>In posizione prona</u>: 7° (utilizzando un inclinometro). - Arjmand [33] afferma che in stazione eretta il maggiore contributo (65%) in estensione è dato dal tratto toracico superiore. - Willems [30] afferma che in posizione seduta il contributo del tratto superiore è di poco inferiore a quello dato dai tratti medio e inferiore che quasi si equivalgono (31% contro 35% e 34%).
LatFlex.	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Simmetria tra i valori registrati a destra e sinistra.</u> - <u>In stazione eretta</u>: 26° unilateralmente (Arjmand et al. [33]); 75° bilateralmente (Troke et al. [35]). - Il tratto inferiore (T8 - T12) è quello che dà il maggiore contributo rispetto ai tratti superiore e medio sia in stazione eretta che da seduti. (48% contro 23% e 29% → Alqhtani et al. [34] e Willems et al. [30]).
Rotazione	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Simmetria tra i valori registrati a destra e sinistra</u> - <u>In stazione eretta</u>: 40° per lato con mezzi non radiologici (Arjmand et al. [33]); 64° per entrambi i lati utilizzando CA6000 System (Troke et al. [35]). - <u>In posizione seduta</u>: 45° per lato (utilizzando un inclinometro → T1 - T12); 40° per lato (utilizzando sistemi ottici → T2 - T10). - <u>In posizione supina</u>: 25° per lato (utilizzando TC → T1 - L1). - Sia in stazione eretta che da seduti il maggior contributo alla rotazione è dato dal tratto toracico medio seguito dal tratto superiore e infine dall’inferiore.
Movimenti accoppiati	<ul style="list-style-type: none"> - Se il movimento primario è sul piano sagittale → associati piccole rotazioni o lateroflessioni (Arjmand et al. [33] - Willems et al. [30]). - Si registrano movimenti accoppiati più evidenti se il movimento primario è la lateroflessione o la rotazione (Fujimori et al. [22, 23]). - Willems et al. [30] afferma che da seduti la lateroflessione è maggiormente associata alla rotazione del tratto toracico medio (T4 - T8). - Arjmand et al. [33] ha dimostrato che in stazione eretta durante la lateroflessione e la rotazione, i movimenti accoppiati avvengono maggiormente nel tratto toracico inferiore (T5 - 12) e la direzione è variabile tra i soggetti.

In un paragrafo dell’articolo viene considerata l’età:

- Kuo [36] riporta che gli anziani (60 - 83 anni) presentano una cifosi maggiore rispetto ai giovani (17 - 27 anni) sia in stazione eretta che seduta.
- Iyer et al. [37] riporta che il tratto superiore (T2 - T5) non mostra differenze con l’avanzare dell’età, mentre si verifica un aumento della cifosi nel tratto inferiore (T5 - T12).

- O’Gorman [20] afferma che in posizione seduta il ROM toracico diminuisce di 5° ogni decennio in tutti e tre i piani.
- Ignasiak [24] ha trovato un’influenza significativa dell’età sul ROM lungo il piano sagittale nel tratto toracico inferiore, ma non nel superiore.

4.3.3 Studi sulla cinematica della giunzione toracolombare

- ❖ *Gercek E. (2008) - “Dynamic angular three-dimensional measurement of multisegmental thoracolumbar motion in vivo” [26].*

Segmento	Flesso/Estensione	Lateroflessione (unilaterale)	Rotazione (unilaterale)
T11 - T12	2,7°	3,5°	1,3°
T12 - L1	7°	5°	1°
L1 - L2	8,6°	5,6°	0,6°

- Dai dati ricavati la media del ROM totale per il tratto T11 - L2 è di: 18,7° per la flesso-estensione; 13,5° per la lateroflessione unilaterale e 1,8° per la rotazione unilaterale.
- La variabilità interindividuale è stata riscontrata maggiormente per la lateroflessione, seguita dalla flesso-estensione e infine dalla rotazione.
- Il range registrato per la flesso-estensione del tratto L1 - L2 è stato 1,9°/16,3°.
- Il range registrato per la flesso-estensione del tratto T12 - L1 è stato 3,3°/21,8°.
- Secondo l’opinione degli autori di questo studio, i dati già presenti in letteratura di (*White, 1990* e *Leferink, 2002*) sulla mobilità segmentale per la flesso-estensione e per la lateroflessione sembrano sovrastimati.
- Sono stati considerati anche i movimenti accoppiati:
 - Se la lateroflessione è il movimento primario si associa una estensione;
 - Se la rotazione è il movimento primario si associa una flessione.

In alcuni soggetti, però, si sono osservati dei pattern differenti.

4.3.4 Studi sulla cinematica del rachide toracico e lombare

- ❖ Cavanaugh T., et al. (1999) - "Kinematic characterization of standing reach: comparison of younger vs. older subjects" [27].

Valutazioni generali effettuate sul campione

	Intera coorte	Giovani (20 - 36 anni)	Anziani (60 - 76 anni)
Rotazione toracolombare	83,1° ± 18,9°	94,4° ± 16,3°	71° ± 13,1°
Rotazione assiale	244,5° ± 41,4°	273,8° ± 25,4°	213,4° ± 31,1°
Movimento lombare sagittale	43,3° ± 12,1°	49° ± 11,3°	37,2° ± 9,8°
Lateroflessione tronco (dx)	37,2° ± 8,9°	42,2° ± 7°	31,8° ± 7,6°
Cifosi toracica	35,6° ± 11,1°	31,7° ± 9,6°	39,7° ± 11,3°
Lordosi lombare	32,6° ± 9,7°	34,8° ± 8,4°	30,2° ± 10,5°

Dati durante il task motorio considerato dallo studio

	Giovani (20 - 36 anni)	Anziani (60 - 76 anni)
Flessione del tronco	55,3° ± 14,2°	47,1° ± 15°
Rotazione toracolombare	14,3° ± 7°	10,8° ± 4,6°
Rotazione toracica	9,8° ± 4,9°	6,8° ± 3,6°
Rotazione lombare	7° ± 2,9°	7,1° ± 3,3°
Lateroflessione del tronco	16° ± 8,9°	11,4° ± 5,6°

Rotazione toracolombare: corrisponde all'angolo formato sul piano trasverso tra i sensori applicati orizzontalmente su T2 - T3 e quelli su L5 - S1

Rotazione toracica: corrisponde all'angolo formato sul piano trasverso tra i sensori applicati orizzontalmente su T2 - T3 e quelli su T12 - L1

Rotazione lombare: corrisponde all'angolo formato sul piano trasverso tra i sensori applicati orizzontalmente su T12 - L1 e quelli su L5-S1

Lateroflessione tronco: corrisponde all'angolo formato sul piano frontale tra i sensori applicati orizzontalmente su T2 - T3 e quelli su L5 - S1.

- Dall'analisi dei dati emergono significative riduzioni del ROM e della lordosi lombare nel gruppo degli anziani; inoltre è presente un aumento significativo della cifosi toracica.
- Indipendentemente dal valore assoluto di rotazione toracolombare posseduto entrambi i gruppi durante il task motorio di raggiungimento hanno utilizzato circa il 30% della loro massima rotazione.
- Allo stesso modo, per quanto riguarda la lateroflessione, i giovani hanno utilizzato in media il 49,7% della loro massima lateroflessione, mentre gli anziani circa il 44%.
- Infine, tra i parametri è stato valutato anche lo spostamento del "centro di pressione":
 - Sul piano frontale si sono registrati valori simili;
 - Sul piano sagittale si è registrata uno spostamento maggiore in avanti da parte del gruppo dei giovani.

Gli anziani, avendo meno controllo sulla postura, risultano meno disposti a spostare il proprio "centro di pressione" in avanti.

- ❖ Sung P. (2016) - “**Different coordination and flexibility of the spine and pelvis during lateral bending between young and older adults**” [28].

	Giovani (23,7 anni ± 4,6)	Anziani (67,5 anni ± 3,9)
Lateroflessione toracica	57,2° ± 2,7°	55,2° ± 5,6°
Lateroflessione lombare	28,4° ± 4,4°	16,5° ± 2,9°

I rom riportati in tabella si riferiscono alla lateroflessione totale (destra + sinistra).

Non è possibile risalire alla lateroflessione unilaterale.

➤ Considerazioni sul ROM

- Viene rilevata una riduzione significativa del ROM lombare nel gruppo degli anziani.
- La riduzione del ROM toracico del gruppo degli anziani non è significativa.

➤ Considerazioni sul pattern di coordinazione

- Lo studio ha valutato anche i pattern di coordinazione tra torace e bacino, tra torace e lombare e tra lombare e bacino.
- È emerso che il gruppo di anziani durante la fase di inclinazione utilizza molto di più il rachide toracico rispetto al tratto lombare, mentre per la fase di ritorno alla posizione neutra i tratti toracico e lombare vengono utilizzati simultaneamente come avviene nel gruppo dei giovani.
- Dai dati rilevati si può affermare che i cambiamenti dovuti all'età sono più evidenti nel pattern di coordinazione durante il movimento di inclinazione.

- ❖ Kasukawa Y., et al. (2017) - “**Age-related changes in muscle strength and spinal kyphosis angles in an elderly Japanese population**” [29].

	Uomini > 50	Uomini > 60	Uomini > 70	Uomini > 80
STATICA				
Cifosi toracica	32,3° (16,5°)	33,9° (14,4°)	32,4° (13,4°)	39,8° (18,1°)
Cifosi lombare	-14,6° (8,1°)	-13,5° (10,9°)	-12,9° (11,4°)	-11,5° (13,8°)
Inclinazione	4,9° (4,2°)	3,2° (4,5°)	3,8° (4,5°)	6,4° (5,6°)
MOBILITÀ				
Toracica	27,8° (25,4°)	27,9° (24,9°)	19,3° (25,1°)	17,3° (26,4°)
Lombare	42,6° (14,1°)	43,2° (18,4°)	41,3° (14,6°)	30,5° (20,4°)
Inclinazione	103,1° (°)	115,5° (33,8°)	117,8° (27,4°)	95,8° (35,5°)

	Donne > 50	Donne > 60	Donne > 70	Donne > 80
STATICA				
Cifosi toracica	32,8° (11,6°)	32,6° (14,3°)	31,3° (15,6°)	34° (21,3°)
Cifosi lombare	-18,2° (8,3°)	-18,3° (9,3°)	-13,5° (10,6°)	-10,1° (14,3°)
Inclinazione	2,2° (4,9°)	2° (4,2°)	3,7° (4,2°)	7,5° (7,6°)
MOBILITÀ				
Toracica	23,9° (31,3°)	23,2° (34,6°)	19,8° (25,9°)	21,4° (19,1°)
Lombare	50,8° (14,8°)	48,5° (15,2°)	41° (17°)	39,4° (16,7°)
Inclinazione	123,5° (29,8°)	130,1° (29,4°)	119,1° (34,1°)	117,5° (30,9°)

La lordosi lombare in questo studio è riportata come cifosi lombare con segno negativo.

I valori riportati tra parentesi corrispondono alla deviazione standard.

L'inclinazione riportata in tabella è intesa come l'angolo che si forma tra una retta passante dal centro di T1 a S1 e una verticale che origina da S1 in posizione neutra.

Dai dati si ricava che:

- Negli uomini la cifosi toracica e l'inclinazione (in statica) aumentano significativamente con l'invecchiamento, mentre diminuiscono significativamente l'inclinazione (dinamica), la mobilità toracica e lombare.
- Nelle donne la cifosi lombare e l'inclinazione (statica) aumentano significativamente con l'invecchiamento. Inoltre si sono registrate delle diminuzioni significative nella mobilità lombare e nell'inclinazione (dinamica). Nessuna variazione significativa della cifosi toracica.

5. DISCUSSIONE

Lo scopo di questa revisione narrativa è stato quello di identificare e riassumere le evidenze scientifiche riguardanti l'osteocinematica e l'artrocinematica della regione toracica e lombare e verificarne l'eventuale relazione con l'avanzamento dell'età.

Ai fini della presente revisione narrativa sono stati selezionati diciotto articoli corrispondenti ai criteri di inclusione, di cui otto hanno valutato esclusivamente la cinematica del rachide lombare, un numero minore di articoli ha valutato la cinematica del rachide toracico (sei, di cui una revisione sistematica), un solo studio ha valutato esclusivamente la giunzione toracolombare e i restanti tre studi hanno valutato la cinematica del rachide toracico e lombare.

Non tutti gli studi hanno eseguito una raccolta dati che facesse un confronto tra diversi intervalli di età, alcuni studi hanno analizzato una sola categoria di soggetti, o anziani o giovani, ma sono comunque stati selezionati perché hanno fornito dati utili per determinate fasce di età.

5.1 RACHIDE LOMBARE

Facendo riferimento ai metodi utilizzati per la misurazione dell'escursione articolare del rachide lombare è evidente che manchi una metodologia di comune applicazione a tutti gli studi. Alcuni hanno previsto l'utilizzo di mezzi radiologici come l'RX, altri studi hanno utilizzato accelerometri 3D, Epionics Spine System, Spinal Mouse, modified CA6000 Spine Motion Analyzer, sistema computerizzato ARCON, protocollo "Helen Hayes Marker Set", riprese video con sistemi di marker cutanei e infine un solo studio tra quelli selezionati ha utilizzato dei metodi invasivi come i fili di Kirshner.

Saranno confrontati i dati relativi alla lordosi lombare e ai movimenti sul piano sagittale, frontale e trasversale.

5.1.1 Lordosi lombare

Un buon numero di studi tra quelli selezionati ha considerato la lordosi lombare, la cui riduzione in entrambi i sessi risulta correlata all'invecchiamento [16, 17, 18, 29]. Un solo studio sembra mostrare poca differenza o un risultato quasi opposto rispetto alla maggior parte degli altri studi [19].

Yukawa et al. [19] si avvale dell'utilizzo di RX ottenendo valori di lordosi lombare nettamente superiori rispetto agli altri studi in cui viene utilizzato l'Epionics Spine System o lo Spinal Mouse.

Se vengono considerati i gruppi più anziani 60 - 69 e 70 - 79 si registrano per gli uomini valori di $48,5^\circ \pm 13,1^\circ$ e $42,2^\circ \pm 14,8^\circ$, che non sono paragonabili a quelli degli studi [16, 17] in cui i gruppi più anziani (50 - 75 anni) riportano valori medi di lordosi lombare di rispettivamente di $28,8^\circ \pm 11,6^\circ$ e $28,8^\circ \pm 12,0^\circ$.

Pries et al. [16, 17, 18] utilizzando l'Epionics Spine System ha ottenuto risultati simili per le fasce di età più giovani, in ordine 20-29, 20-35 e 20-35 facendo registrare rispettivamente $36,4^\circ \pm 7,9^\circ$, $36,8^\circ \pm 7,8^\circ$ e $36,7^\circ$.

Kasukawa et al. [29], utilizzando Spinal Mouse, osserva un aumento in gradi della cifosi lombare (che va inteso come una diminuzione della lordosi lombare) correlato all'invecchiamento. I dati ottenuti, però, sono notevolmente differenti da quelli degli studi appena citati, probabilmente ciò è dovuto ai diversi metodi di

misurazione, infatti i gruppi over 70 sia maschile che femminile rispettivamente fanno registrare valori di $12,9^\circ \pm 11,4^\circ$ e $13,5^\circ \pm 10,6^\circ$.

Pries et al. [16] rileva che la lordosi non ha diminuzioni significative prima dei 39 anni; per l'uomo la riduzione è maggiore nel passaggio dalla fascia di età 30 - 39 a quella 40 - 49.

Questo dato è confermato anche dai risultati ottenuti nuovamente dallo stesso *Pries et al.* [17] in cui è evidente che la riduzione della lordosi lombare per l'uomo è maggiore fino ai 50 anni e superata questa età la riduzione è minima. Nella donna invece si assiste a una riduzione più graduale.

Quanto affermato potrebbe essere esplicativo del motivo per cui non si osserva una grande riduzione della lordosi negli studi che considerano come popolazione soggetti di età maggiore ai 40 anni, senza effettuare un confronto con fasce di età inferiori.

Un altro studio di *Pries et al.* [18] ha posto particolare attenzione alla lordosi lombare e al suo valore durante l'arco della giornata, dimostrando che in realtà il suo valore è di molto inferiore rispetto a quello che si ottiene da una immagine "istantanea radiografica" e l'invecchiamento riduce di poco il suo valore medio durante l'arco della giornata (una differenza di 3° tra gruppo giovane e anziano).

5.1.2 Piano sagittale

Da un'analisi dei dati degli studi che hanno valutato il movimento del rachide lombare sul piano sagittale si ricava che l'invecchiamento ha un importante ruolo sulla sua riduzione.

Alcuni studi sono giunti alla conclusione che la riduzione sia più importante per l'estensione rispetto alla flessione [14, 15, 16, 19], altri confermano la riduzione del movimento sul piano sagittale senza specificare quale tra flessione o estensione sia il movimento più interessato [12, 13, 18].

Infine, *Pries et al.* [17] ha considerato solamente come l'età influisca sul movimento di flessione lombare.

Dalla revisione sistematica di *Intolo et al.* [15] per gli uomini la riduzione della flessione inizia ad essere più significativa dopo i 40 anni, per le donne dopo i 50 anni; l'estensione inizia a ridursi dopo i 30 anni per l'uomo e dopo i 40 anni per la donna.

Così come è emerso dai dati relativi alla lordosi, anche per il movimento di flessione registrato da *Pries et al.* [16, 17, 18] con Epionics Spine System si sono ottenuti valori simili. Considerando la fascia più giovane degli studi appena citati (rispettivamente 20-29, 20-35 e 20-35) si ottengono valori di flessione lombare pari a $53,7^\circ \pm 9^\circ$, $54,1^\circ \pm 9,0^\circ$ e $54,4^\circ$; la fascia d'età più anziana comprende soggetti che hanno superato i 50 anni e si sono registrati valori di flessione pari a $47,5^\circ \pm 11,8^\circ$, $46,4^\circ \pm 11,0^\circ$ e $48,1^\circ$.

Anche per quanto riguarda l'estensione sono stati ottenuti dei dati simili tra gli studi che hanno utilizzato l'Epionics Spine System [16, 18], infatti per i gruppi più giovani si sono registrati valori pari a $31,1^\circ \pm 11,3^\circ$ e $29,9^\circ$, mentre per i gruppi che hanno superato i 50 anni $21,4^\circ \pm 8,8^\circ$ e $22,7^\circ$.

Pries et al. [16] afferma che la maggior riduzione del rom è dovuta al tratto lombare medio.

Hasten [13] e *Troke et al.* [14], seppur utilizzando metodi di valutazione diversi (sistema computerizzato ARCON e modified CA6000 Spine Motion Analyzer) giungono alla medesima conclusione, ovvero una riduzione del ROM lombare sul piano sagittale nei soggetti più anziani.

Una particolarità dello studio di *Hasten* [13] è stata il campione selezionato, cioè lavoratori che svolgono attività manuali pesanti. Si è registrata una riduzione dell'estensione minore rispetto ad altri studi in cui si era considerata una popolazione sedentaria.

Solamente *Pries et al.* [17] ha considerato il rapporto tra rachide lombare e cingolo pelvico durante il movimento di flessione; in contrapposizione a una riduzione della flessione lombare con l'invecchiamento si assiste, solo nell'uomo, a un aumento del contributo dato dal cingolo pelvico che porta ad una riduzione del Rapporto L/P.

5.1.3 Piano frontale

Da un'analisi dei dati degli studi [12, 13, 14, 15, 27, 28] che hanno valutato il movimento sul piano frontale si registra una diminuzione del ROM correlata all'invecchiamento.

I metodi di misurazione risultano eterogenei, infatti sono stati utilizzati modified CA6000 Spine Motion Analyzer [14], sistema computerizzato ARCON [13], un sistema automatizzato di video camere e marker cutanei [12], il protocollo Helen Hayes Marker Set [28] e infine un sistema di riprese video e piattaforme di forza [27].

Intolo et al. [15] evidenzia una riduzione nelle donne oltre i 30 anni di circa 2° ogni decade, mentre negli uomini la riduzione è asimmetrica in quanto risulta maggiore a sinistra anche se non statisticamente significativa oltre i 40 anni.

Al contrario, *Hasten* [13] utilizzando il sistema ARCON registra una riduzione maggiore a destra; considerando il gruppo più giovane (17 - 25 anni) si osserva una differenza di circa un terzo con i valori registrati da *Troke et al.* [14] per l'età di 16 anni ($20,8^\circ \pm 5^\circ$ vs 28°).

Anche il gruppo over 60 di *Vachalathiti et al.* [12], attraverso l'utilizzo un sistema di videocamere e marker cutanei, ha fatto registrare valori di lateroflessione superiori rispetto al gruppo più giovane considerato da *Hasten* [13].

Troke et al. [14] ha considerato il campione con l'intervallo di età maggiore (16 - 90) e ha evidenziato una riduzione della lateroflessione sia destra che sinistra in entrambi i sessi del 45% ($27/28^\circ \rightarrow 14/16^\circ$).

Sung [28] ha valutato i pattern di coordinazione tra rachide lombare e toracico durante la lateroflessione facendo un confronto tra giovani ed anziani. È emerso che l'invecchiamento ha effetto solo durante il movimento di inclinazione causando un maggior contributo del rachide toracico rispetto al lombare. Non sono presenti differenze nella fase di ritorno dalla lateroflessione alla posizione neutra, infatti, entrambi i gruppi hanno mostrato un contributo simultaneo del rachide toracico e lombare.

Cavanaugh et al. [27] ha affrontato l'analisi del movimento anche sul piano frontale durante il raggiungimento di un oggetto davanti a sé confrontando i dati tra giovani e anziani. È emerso che gli anziani

hanno una ridotta lateroflessione rispetto ai giovani ($31,8^\circ \pm 7,6^\circ$ vs $42,2^\circ \pm 7^\circ$) e, indipendentemente dalla lateroflessione massima, durante l'esecuzione del task motorio ne viene utilizzato il 49,7% dei giovani e il 44% dagli anziani.

5.1.4 Piano trasversale

La rotazione lombare è un movimento limitato a causa della conformazione delle faccette articolari presenti tra le vertebre e analizzando i risultati degli studi che hanno valutato la rotazione lombare [12, 14, 15, 27] emerge che questa non subisce notevoli variazioni nel corso della vita.

Dalla metanalisi di *Intolo et al.* [15] si evince che le uniche riduzioni statisticamente significative si registrano per la rotazione sinistra e considerando l'intervallo di età tra i 20 e i 70 anni si assiste a una riduzione del 15% per le donne e 11% per gli uomini.

Troke et al. [14] non registra nessuna variazione nonostante il grande intervallo di età considerato (16 - 90). In *Vachalathiti et al.* [12] attraverso un confronto tra il gruppo più giovane (20 - 35 anni) e il più anziano (over 60) si osservano riduzioni minime (circa 2°).

Analizzando i dati di *Cavanaugh et al.* [27], per la rotazione toracolombare si osserva una riduzione dell'escursione articolare correlata all'invecchiamento sia come rotazione massima che quella utilizzata durante l'esecuzione del task motorio previsto dallo studio; mentre non sono presenti variazioni tra i due gruppi per la rotazione lombare durante l'esecuzione del task.

5.1.5 Movimenti accoppiati

Solo *Vachalathiti et al.* [12] e *Gercek et al.* [26] hanno valutato la presenza di movimenti accoppiati.

Nel primo vengono analizzati in relazione all'età e alla velocità con cui viene eseguito il movimento primario. Durante il movimento di flessione non si osserva la presenza di movimenti accoppiati in nessuno dei gruppi analizzati.

Se la lateroflessione è il movimento primario sarà presente flessione e rotazione controlaterale.

Se la rotazione è il movimento primario sarà presente flessione e lateroflessione controlaterale (solo il gruppo over 60 femminile associa lateroflessione omolaterale).

Non sono presenti relazioni significative per le variazioni dei movimenti accoppiati al variare dell'età e la velocità di esecuzione non altera i pattern di movimento.

Gercek et al. [26] ha valutato la giunzione toracolombare ed è l'unico studio, tra quelli selezionati, che ha utilizzato un metodo invasivo per le misurazioni effettuate. Se il movimento primario è la lateroflessione si associa una estensione, in disaccordo con i dati di *Vachalathiti et al.* [12] ma concorde con *Fujimori* [23]; invece se il movimento primario è la rotazione si avrà una flessione, confermato da *Fujimori* [22].

5.2 RACHIDE TORACICO

Per quanto riguarda il rachide toracico sono stati analizzati meno studi rispetto al distretto lombare perché dai risultati di ricerca molti non rispettavano i criteri di inclusione.

Come è stato già detto per il rachide lombare, non è presente una metodologia di misurazione che sia comune per tutti gli studi, infatti gli studi selezionati hanno previsto l'utilizzo di inclinometro, goniometro, mezzi ad ultrasuoni, sistemi di riprese video e infine mezzi radiologici come RX, TC.

Saranno confrontati i dati relativi alla cifosi toracica e ai movimenti sul piano sagittale frontale e trasversale.

5.2.1 Cifosi toracica

Da un'analisi dei dati degli studi che hanno valutato la cifosi toracica si giunge alla conclusione che l'invecchiamento è correlato ad un suo aumento [20, 21, 25, 27, 29].

La revisione sistematica di *Pan et al.* [25] riporta valori medi di cifosi paragonabili a quelli degli altri studi e cita anche *Kuo* [36] e *Iyer et al.* [37] che sostengono che l'aumento della cifosi dipenda dall'avanzare dell'età. *O'Gorman, et al.* [20] ha valutato in che misura l'invecchiamento influisca sulla cifosi trovando una correlazione statisticamente significativa per un suo aumento ($p > 0,001$). Secondo gli autori l'aumento della cifosi potrebbe essere correlato alla riduzione dell'estensione.

Kasukawa et al. [29] è l'unico in cui non si registra nessuna variazione significativa della cifosi toracica nelle donne tra le fasce d'età considerate, mentre per l'uomo è riportato un aumento significativo correlato all'invecchiamento.

Hinman [21] fornisce informazioni sull'influenza dell'invecchiamento sulla cifosi nelle donne confrontando un gruppo di giovani con uno di anziane. Dall'analisi dei dati le donne anziane mostrano un grado di cifosi maggiore e una minore capacità di correzione della stessa, probabilmente dovuto ad una minore elasticità dei tessuti. Il dato non è fornito in gradi, quindi non è stato possibile confrontarlo con gli altri studi.

5.2.2 Piano sagittale

La revisione sistematica di *Pan et al.* [25] riporta i valori medi della flessione ed estensione specificando delle differenze tra posizione seduta ed eretta. Dagli studi di *Willems* [30] emerge che in posizione seduta in flessione il maggior contributo è dato dal tratto toracico inferiore, mentre per l'estensione i contributi dei tratti medio e inferiore si equivalgono e sono di poco superiori a quello del tratto superiore. Gli studi di *Arjmand* [32, 33] confermano che in stazione eretta: in flessione il maggior contributo è dato dal tratto toracico inferiore (T5 - T12), mentre in estensione è dato dal tratto toracico superiore.

Per quanto riguarda l'estensione *Arjmand* [33] afferma che il maggior contributo è dato dal tratto toracico superiore, mentre *Willems* [30] sostiene che il contributo dato dal tratto superiore è di poco inferiore ai tratti medio ed inferiore che quasi si equivalgono.

Solamente *O'Gorman, et al.* [20] ha valutato l'influenza dell'invecchiamento sulla quantità di movimento lungo il piano sagittale, trovando una riduzione statisticamente significativa ($p < 0,001$). La flessione ha fatto registrare una riduzione di circa il 50% confrontando il gruppo più giovane con il più anziano ($32,98^\circ \pm 9,02^\circ$

vs $15,85^\circ \pm 8,29^\circ$), mentre l'estensione una riduzione del 68% ($37,43^\circ \pm 10,52^\circ$ vs $11,85^\circ \pm 7,04^\circ$). L'unico limite di questo studio è rappresentato dal fatto che il campione è interamente costituito da donne.

Ignasiak, et al. [24] sostiene che l'invecchiamento influisce oltre che sulla quantità di movimento anche sulla sequenza con cui i segmenti toracici intervengono durante la flessione-estensione. I giovani mostrano sia in flessione che in estensione un movimento sequenziale di tipo "bottom - top", mentre gli anziani un movimento di tipo misto - simultaneo. Secondo gli autori, poiché tutti i soggetti considerati godevano di buona salute e non avevano avuto patologie alla colonna vertebrale, le differenze nella cinematica tra i gruppi di età sono probabilmente dovute a cambiamenti legati all'età nel controllo motorio o ai normali processi degenerativi che influenzano le strutture spinali.

5.2.3 Piano frontale

Tra gli studi selezionati, solo *O'Gorman* [20] ha valutato in che misura l'invecchiamento influisca sulla lateroflessione, trovando una riduzione del 48,3% a destra ($37,45^\circ \pm 8,86^\circ$ vs $20,45^\circ \pm 6,30^\circ$) e del 45,5% a sinistra ($37,05^\circ \pm 6,60^\circ$ vs $19,15^\circ \pm 5,92^\circ$) confrontando il gruppo più giovane con quello più anziano.

Lo studio di *Fujimori* [23] eseguito su un campione di uomini giovani (range di età: $32,8 \pm 1,6$) ha riportato valori medi pari $15,6^\circ \pm 6,3^\circ$ in posizione supina senza differenze significative tra destra e sinistra. Questo dato risulta inferiore rispetto a quelli riportati in posizione seduta per la stessa fascia d'età da *O'Gorman* [20] ($32,60^\circ$ a dx - $30,55^\circ$ a sx) e a quelli in stazione eretta della revisione di *Pan et al.* [25] in cui sono citati *Arjmand* (26° unilaterale) e *Troke* (75° bilateralmente).

Secondo *Fujimori* [23], il maggior contributo è dato dal tratto toracico inferiore, confermando gli studi precedenti di *Alqhtani* [34] e *Willems* [30]. La lateroflessione sembra sia associata nella maggior parte dei soggetti analizzati a rotazione omolaterale. Nei tratti superiore e medio si associa la flessione, mentre nel tratto inferiore viene associata l'estensione.

5.2.4 Piano trasversale

Come per il piano sagittale e frontale, anche per il piano trasversale un solo studio [20] ha valutato in che misura l'invecchiamento influisca sulla quantità di movimento, trovando una riduzione del 56% sia a destra ($60,28^\circ \pm 12,59^\circ$ vs $26,00^\circ \pm 5,40^\circ$) che a sinistra ($59,30^\circ \pm 11,00^\circ$ vs $25,85^\circ \pm 6,05^\circ$).

Lo studio di *Fujimori* [22], eseguito su un campione di uomini con età media di 33,2 anni ha riportato valori medi di $24,9^\circ \pm 4,9^\circ$ in posizione supina. Questo dato risulta inferiore rispetto ai dati presenti in letteratura in altre posizioni, per esempio in stazione eretta con mezzi non radiologici (40° per lato - *Arjmand et al.* [33]) o utilizzando il CA6000System (64° per entrambi i lati - *Troke et al.* [35]); anche in posizione seduta *O'Gorman* [20] per la stessa fascia d'età ha riportato valori superiori ($51,85^\circ$ a dx - $51,55^\circ$ a sx).

Secondo *Fujimori* [22], la rotazione a livello segmentale risulta maggiore nei livelli inferiori a T6 - T7 a causa dei rapporti con la gabbia toracica e subisce un brusco arresto a livello dei segmenti T11 - T12 e T12 - L1 a causa del progressivo orientamento delle faccette articolari sul piano sagittale. Nei segmenti superiori è

maggiormente presente un accoppiamento omolaterale della lateroflessione, mentre nei segmenti inferiori è sempre più frequente un accoppiamento controlaterale.

Solamente lo studio di *Cavanaugh* [27] ha confrontato la rotazione toracica tra giovani e anziani durante l'esecuzione di un task motorio, ritrovando una riduzione statisticamente significativa negli anziani.

6. CONCLUSIONI

La presente revisione narrativa ha avuto come obiettivo l'analisi dei dati relativi alla cinematica del rachide lombare e toracico e come questa sia influenzata dall'invecchiamento.

Da un'analisi complessiva degli studi che hanno risposto ai criteri di inclusione viene confermata una riduzione dell'escursione articolare correlata all'avanzare dell'età.

Relativamente al rachide lombare si assiste ad una riduzione di movimento lungo i piani sagittale e frontale. L'unico piano di movimento che sembra non subire importanti variazioni durante l'arco della vita è quello trasversale, lungo il quale avviene la rotazione.

Per quanto riguarda il rachide toracico la riduzione di movimento interessa tutti e tre i piani di movimento, nonostante un numero minore di articoli abbia fornito informazioni su un possibile confronto della cinematica tra le varie fasce d'età.

Va sottolineato che, nonostante tutti gli studi siano concordi sulla riduzione dell'escursione articolare correlata all'invecchiamento, la vasta eterogeneità dei metodi di misurazione utilizzati ha portato alla registrazione di valori medi in alcuni casi molto differenti tra uno studio e l'altro.

In concomitanza alle alterazioni della cinematica lungo i tre piani, l'invecchiamento influisce inoltre alterando i valori di cifosi toracica e lordosi lombare; la prima tendenzialmente va incontro ad un aumento, mentre la seconda subisce una riduzione.

Uno dei limiti di questa revisione narrativa corrisponde al fatto che un solo studio ha analizzato in dettaglio la cinematica relativa alla giunzione toracolombare, ricavando informazioni da un piccolo campione costituito solamente da individui di età inferiore ai 29 anni; sono pertanto necessari ulteriori studi per definire in che modo l'invecchiamento influisca su questo tratto.

Un secondo limite è stato anche lo scarso numero di studi corrispondente ai criteri di inclusione che abbia preso in considerazione i movimenti accoppiati del rachide.

Vachalathiti et al. [12] è stato l'unico studio che ha analizzato i pattern di movimento accoppiato del rachide lombare, evidenziando accoppiamenti controlaterali in assenza di differenze significative tra giovani e anziani.

Per il rachide toracico, gli studi di *Fujimori* [22, 23] hanno entrambi preso in considerazione campioni esigui composti da soli uomini giovani con un range di età inferiore ai 36 anni, rendendo impossibile il confronto dei suddetti pattern tra le varie fasce d'età. Risultano pertanto necessari ulteriori studi per poter stabilire come e in che misura l'invecchiamento possa influire su questi.

Da questi due studi, malgrado il piccolo campione analizzato, i pattern riscontrati hanno mostrato la presenza di differenze interindividuali; ciò nonostante, se il movimento primario considerato è la rotazione l'accoppiamento sarà principalmente omolaterale nei segmenti superiori e diventerà controlaterale più ci si avvicina ai segmenti vertebrali appartenenti alla giunzione toracolombare, invece se il movimento primario

è la lateroflessione l'accoppiamento sarà principalmente omolaterale abbinato a flessione nei tratti superiori e medi e ad estensione nel tratto inferiore.

Un ultimo limite è rappresentato dal fatto che non tutti gli studi considerati hanno effettuato un confronto tra fasce diverse di età.

Non è univoca la causa della riduzione del movimento lungo i tre piani, in alcuni studi si ritiene possa esserci un coinvolgimento della degenerazione delle faccette articolari, in alcuni l'azione e l'elasticità muscolare, in altri ancora si ipotizza possa esserci una correlazione con le alterazioni dell'allineamento posturale.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Benoist M. Natural history of the aging spine. *Eur Spine J.* 2003;12 (Suppl 2): S86–S89.
- [2] Garfin Sr., Herkowitz H. (1996) Lumbar disc degeneration: normal aging or a disease process? In: Wiesel SW., Weinstein JN., Herkowitz H., Dvorak J., Bell G. (eds) *The lumbar spine.* WB Saunders, Philadelphia, pp 458–473.
- [3] Ebbesen EN., Thomsen JS., Beck-Nielsen H., Nepper-Rasmussen HJ., Mosekilde L. Age- and gender-related differences in vertebral bone mass, density, and strength. *J Bone Miner Res.* 1999;14(8):1394-1403.
- [4] Samelson EJ, Christiansen BA, Demissie S, et al. QCT measures of bone strength at the thoracic and lumbar spine: The Framingham Study. *J Bone Miner Res.* 2012; 27(3):654-663.
- [5] Panjabi MM, Goel VK, Takata K (1982) Physiologic strains in the lumbar spine ligaments: in vitro biomechanical study. *Spine* 7:192–203.
- [6] Kosaka H., Sairyo K., Biyani A., Leaman D., Yeasting R., Higashino K., Sakai T., Katoh S., Sano T., Goel VK., Yasui N. (2007) Pathomechanism of loss of elasticity and hypertrophy of lumbar ligamentum flavum in elderly patients with lumbar spinal canal stenosis. *Spine* 32:2805–2811.
- [7] Cruz-Jentoft AJ., Baeyens JP., Bauer JM., et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing.* 2010; 39(4): 412–23.
- [8] Crawford RJ, Filli L, Elliott JM, et al. Age- and level-dependence of fatty infiltration in lumbar paravertebral muscles of healthy volunteers. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2016; 37(4): 742 - 8.
- [9] Dahlqvist, Julia & Vissing, Christoffer & Hedermann, Gitte & Thomsen, Carsten & Vissing, John. (2016). Fat Replacement of Paraspinal Muscles with Aging in Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 49. 1.
- [10] Sinaki M, Itoi E, Rogers JW, Bergstralh EJ, Wahner HW. Correlation of back extensor strength with thoracic kyphosis and lumbar lordosis in estrogen-deficient women. *Am J Phys Med Rehabil.* 1996; 75(5):370–374.
- [11] Neumann, Donald A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation.* St. Louis, Mo.: Mosby/Elsevier.
- [12] Vachalathiti R, Crosbie J, Smith R. Effects of age, gender and speed on three dimensional lumbar spine kinematics. *Australian Journal of Physiotherapy,* 1995; Volume 41 - Issue 4: 245–253.
- [13] Hasten, Deborah L., Lea, Randall D., Johnston, Allen F., Lumbar Range of Motion in Male Heavy Laborers on the Applied Rehabilitation Concepts (ARCON) System, *Spine:* October 1, 1996 - Volume 21 - Issue 19 - p 2230-2234.
- [14] Troke M, Moore AP, Maillardet FJ, Cheek E. A normative database of lumbar spine ranges of motion. *Man Ther.* 2005 Aug;10(3):198–206.

- [15] Intolo P, Milosavljevic S, Baxter DG, Carman AB, Pal P, Munn J, Intolo P, Milosavljevic S, Baxter DG, Carman AB, et al. The effect of age on lumbar range of motion: a systematic review. *Manual Ther.* 2009;14(6):596–604.
- [16] Dreischarf, M., Albiol, L., Rohlmann, A., Pries, E., Bashkuev, M., Zander, T., Duda, G., Druschel, C., Strube, P., Putzier, M., & Schmidt, H. (2014). Age-related loss of lumbar spinal lordosis and mobility--a study of 323 asymptomatic volunteers. *PloS one*, 9(12), e116186.
- [17] Pries E., Dreischarf M., Bashkuev M., Putzier M., Schmidt H. The effects of age and gender on the lumbopelvic rhythm in the sagittal plane in 309 subjects. *J. Biomech.* 2015; 48: 3080-3087.
- [18] Dreischarf M., Pries E., Bashkuev M., Putzier M., Schmidt H. Differences between clinical “snap-shot” and “real-life” assessments of lumbar spine alignment and motion – What is the “real” lumbar lordosis of a human being? *J. Biomech.* 2016;49:638–644.
- [19] Yukawa, Y., Matsumoto, T., Kollor, H., Minamide, A., Hashizume, H., Yamada, H., & Kato, F. (2019). Local Sagittal Alignment of the Lumbar Spine and Range of Motion in 627 Asymptomatic Subjects: Age-Related Changes and Sex-Based Differences. *Asian spine journal*, 13(4), 663–671.
- [20] Helen O'gorman & Gwendolen Jull (1987) Thoracic kyphosis and mobility: the effect of age, *Physiotherapy Practice*, 3:4, 154-162.
- [21] Hinman MR: Comparison of thoracic kyphosis and postural stiffness in younger and older women. *Spine J*, 2004, 4: 413–417.
- [22] Fujimori T., Iwasaki M., Nagamoto Y., Ishii T., Kashii M., Murase T., et al. Kinematics of the thoracic spine in trunk rotation: in vivo 3-dimensional analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(21):E1318–28.
- [23] Fujimori T., Iwasaki M., Nagamoto Y., Matsuo Y., Ishii T., Sugiura T., et al. (2014). Kinematics of the thoracic spine in trunk lateral bending: in vivo three-dimensional analysis. *Spine J.* 14 1991–1999.
- [24] Ignasiak D., Rueger A., Ferguson SJ., 2017. Multi-segmental thoracic spine kinematics measured dynamically in the young and elderly during flexion. *Hum Mov Sci* 54, 230–239.
- [25] Pan F., Firouzabadi A., Reitmaier S., Zander T., Schmidt H. The shape and mobility of the thoracic spine in asymptomatic adults - a systematic review of in vivo studies. *J Biomech.* 2018; 78:21–35.
- [26] Gercek E., Hartmann F., Kuhn S., Degreif J., Rommens PM., Rudig L. (2008) Dynamic angular three-dimensional measurement of multisegmental thoracolumbar motion in vivo. *Spine* 33(21): 2326–2333.
- [27] Cavanaugh JT, et al. Kinematic characterization of standing reach: comparison of younger vs. older subjects. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1999;14(4):271–9.
- [28] Sung PS. Different coordination and flexibility of the spine and pelvis during lateral bending between young and older adults. *Hum Mov Sci.* 2016; 46:229–238.
- [29] Kasukawa, Y., Miyakoshi, N., Hongo, M., Ishikawa, Y., Kudo, D., Suzuki, M., Mizutani, T., Kimura, R., Ono, Y., & Shimada, Y. (2017). Age-related changes in muscle strength and spinal kyphosis angles in an elderly Japanese population. *Clinical interventions in aging*, 12, 413–420.

- [30] Willems, J.M., Jull, G.A., J, K.F., 1996. An in vivo study of the primary and coupled rotations of the thoracic spine. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* 11, 311-316.
- [31] Panjabi MM., Brand RA Jr., White AA III. Mechanical properties of the human thoracic spine as shown by three-dimensional load displacement curves. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58: 642-52.
- [32] Arjmand N., Hajibozorgi M. 2016. Sagittal range of motion of the thoracic spine using inertial tracking device and effect of measurement errors on model predictions. *Journal of biomechanics* 49, 913-918.
- [33] Arjmand N., Narimani M. 2018. Three-dimensional primary and coupled range of motions and movement coordination of the pelvis, lumbar and thoracic spine in standing posture using inertial tracking device. *Journal of biomechanics* 69, 169-174.
- [34] Alqhtani, R.S., Jones, M.D., Theobald, P.S., Williams, J.M., 2015. Reliability of an accelerometer-based system for quantifying multiregional spinal range of motion. *Journal of manipulative and physiological therapeutics* 38, 275-281.
- [35] Troke, M., Moore, A.P., Cheek, E., 1998. Reliability of the OSI CA 6000 Spine Motion Analyzer with a new skin fixation system when used on the thoracic spine. *Manual therapy* 3, 27-33.
- [36] Kuo Y.L., Tully E.A., Galea M.P., 2009. Video analysis of sagittal spinal posture in healthy young and older adults. *Journal of manipulative and physiological therapeutics* 32, 210-215.
- [37] Iyer, S., Lenke, L.G., Nemani, V.M., Albert, T.J., Sides, B.A., Metz, L.N., Cunningham, M.E., Kim, H.J., 2016. Variations in Sagittal Alignment Parameters Based on Age: A Prospective Study of Asymptomatic Volunteers Using Full-Body Radiographs. *Spine* 41, 1826-1836.