

Colonna vertebrale nel piano sagittale – Parte II

Cifosi dorsale, lordosi dorso-lombo-sacrale e compensi sistemici

Dott. Mauro Lastrico – dott.ssa Laura Manni

Nota editoriale

Questo articolo rappresenta la **Parte II** del capitolo dedicato alla colonna vertebrale nel piano sagittale e costituisce la prosecuzione diretta della Parte I.

La lettura di questo contenuto presuppone la conoscenza dei principi biomeccanici sviluppati nella prima parte.

3 Cifosi dorsale (D4-D6)

3.1 Caratteristiche geometriche e funzionali

La cifosi dorsale rappresenta geometricamente la congiunzione con convessità posteriore delle due convessità anteriori delle lordosi cervico-dorsale e dorso-lombare.

Si estende dai processi spinosi da D4 a D6, con apice fisiologico a D5.

Riferimento anatomico: quando è in andamento fisiologico, l'apice della spinosa D5 è in allineamento col margine mediale delle scapole e queste ultime si trovano ai lati della gabbia toracica.

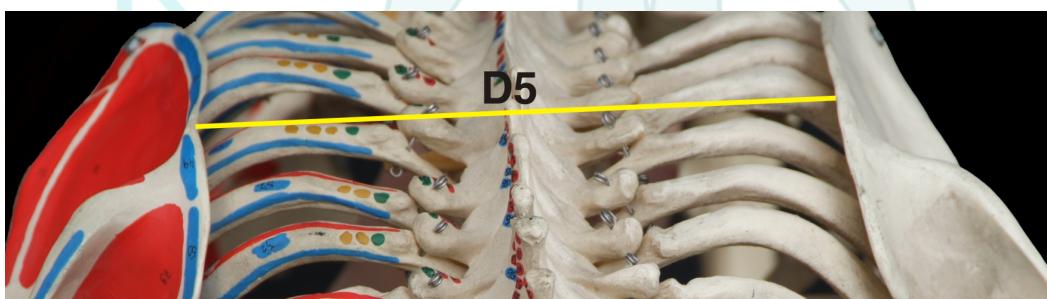


Figura 24: Cifosi fisiologica - l'apice del processo spinoso di D5 si trova sulla stessa linea del bordo mediale delle scapole.

3.2 I muscoli agenti sul tratto cifotico

I muscoli che hanno direttamente un effetto sul tratto di colonna sono tutti posteriori:

- Paravertebrali (con linee di forza longitudinali).
- Romboidi (con linee di forza oblique).
- Fasci medi e inferiori del trapezio (con linee di forza oblique).

Sia i paravertebrali che i romboidi e i fasci medi e inferiori del trapezio diminuiscono la fisiologica cifosi dorsale ad apice D5.

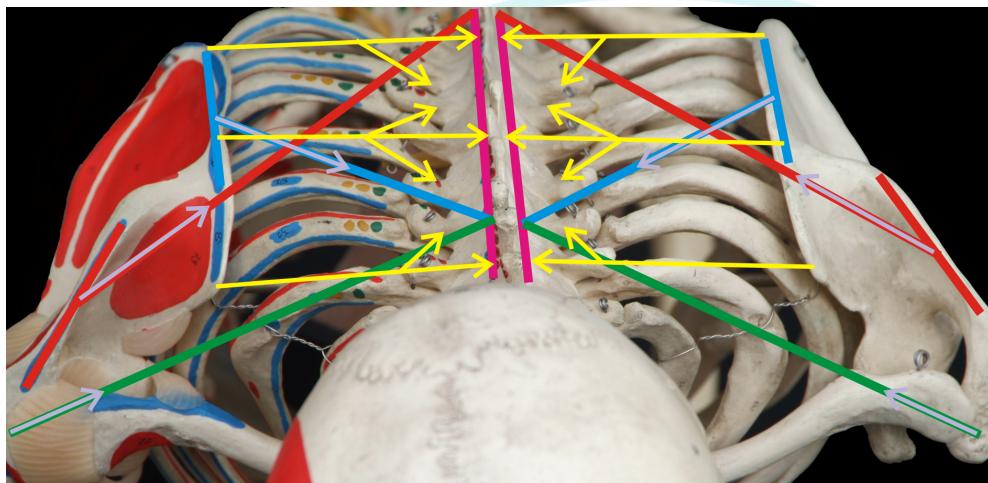


Figura 25: Muscoli rappresentati - inserzione vertebrale romboidi, fasci medi e inferiori trapezio: magenta; romboidi: blu; fasci medi trapezio: verde; fasci inferiori trapezio: rosso; direzione vettori muscolari (colonna vertebrale come punto fisso): frecce viola chiaro; risultanti scheletriche azioni muscolari: adduzione scapole e infossamento vertebrale con conseguente diminuzione della cifosi fisiologica ad apice D5: frecce gialle

3.3 Il meccanismo dell'ipocifosi dorsale

L'adduzione scapolare come causa primaria

Come già osservato, l'ipocifosi dorsale determinata dai fasci medi e inferiori del trapezio e dai romboidi, avviene per adduzione scapolare. Questo è un concetto importante per comprendere la biomeccanica del tratto dorsale.

Squilibrio vettoriale tra adduttori e abduttori

Il bilanciamento all'adduzione scapolare è determinato dal dentato anteriore il quale ha, però, una potenzialità vettoriale inferiore e risulta sottodominante.

Tale inferiorità vettoriale diventa ancora più consistente se si considera che anche il fascio superiore del trapezio e l'elevatore della scapola partecipano all'adduzione delle scapole.

La forza traente degli adduttori scapolari prevale su quella di coesione della scapola alla gabbia toracica operata dal dentato anteriore.

Non sono quindi le scapole che "escono", ma la colonna che "entra", comprimendo i dischi intervertebrali.

Deformazione della gabbia toracica

Il gran dentato, nel tentativo di bilanciare gli adduttori (per lui la scapola diviene punto fisso e le coste punto mobile), determinerà:

1. Aumento della dimensione latero-laterale del torace
2. Diminuzione della dimensione antero-posteriore tra sterno e colonna, per l'effetto della proiezione anteriore delle vertebre infra-scapolari determinata dagli adduttori.

Il torace perde la sua fisiologica "rotondità", ovalizzandosi.

L'ovalizzazione impedirà alle scapole di posizionarsi ai lati della gabbia toracica come vorrebbe la fisiologia scheletrica.

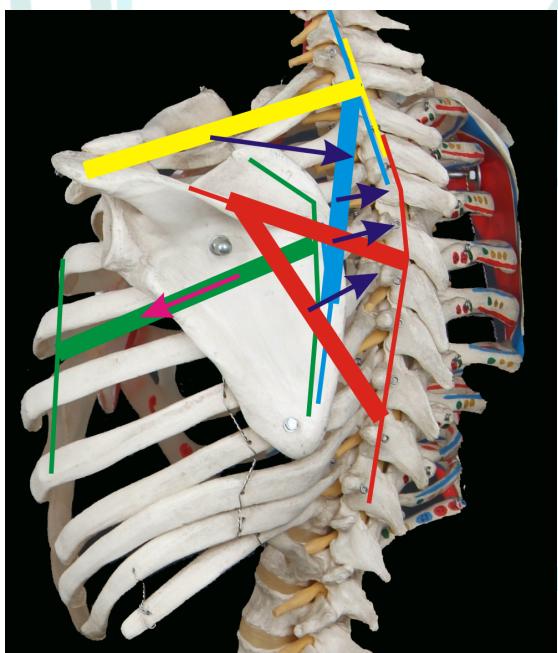
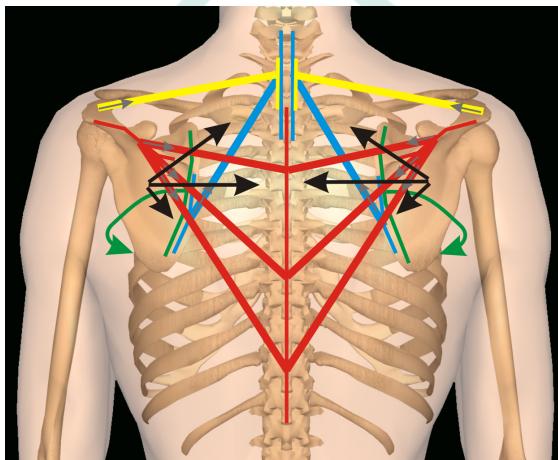


Figure 26 e 27: Le componenti vettoriali orizzontali degli adduttori della scapola sono tali da non poter essere efficacemente bilanciate dal vettore del dentato anteriore. Di conseguenza, l'accorciamento di fasci medi e inferiori del trapezio e quello dei romboidi determina l'adduzione delle scapole e l'infossamento del tratto vertebrale compreso tra D4 e D6.

- Fasci medi trapezio: giallo;
- romboidi: blu;
- fasci inferiori trapezio: rosso;
- dentato anteriore: verde

Analisi vettoriale quantitativa

Utilizzando la regola del parallelogramma è possibile calcolare il rapporto di forze tra adduttori e abduttori scapolari.

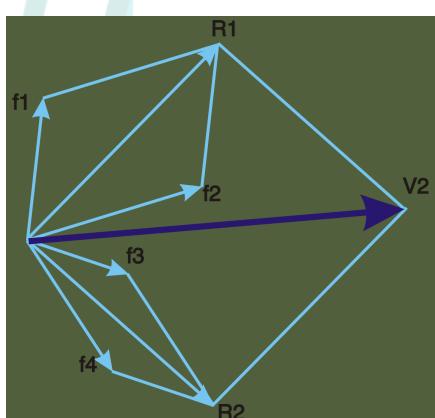
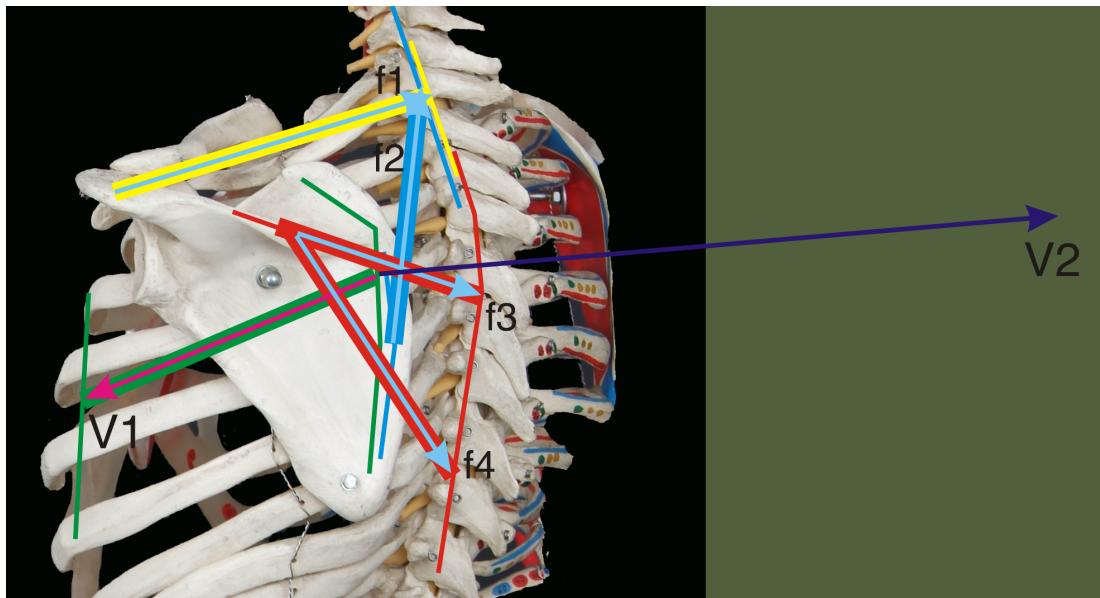


Figure 28 e 29: Utilizzando la regola del parallelogramma è possibile calcolare il vettore V_2 potenzialmente esprimibile dalle forze associate di romboidi f_2 e fasci medi f_1 e inferiori del trapezio f_3 e f_4 (frecce celesti). Dal calcolo risulta che il vettore V_2 (frecchia blu) è lungo più del doppio del vettore V_1 potenzialmente esprimibile dal dentato anteriore (frecchia magenta). Ciò significa che per equilibrare una forza adduttrice sulla scapola espressa da romboidi e fasci medi e inferiori del trapezio, il gran dentato deve utilizzare una forza di trazione di oltre il doppio. Il calcolo non è preciso - bisognerebbe farlo sulla lunghezza reale dei muscoli - però fornisce un'idea del reciproco rapporto di forza. Fasci medi trapezio: giallo; fasci inferiori trapezio: rosso; romboidi: azzurro; dentato anteriore: verde

L'azione muscolare dominante sulla porzione infra-scapolare è quindi in rettificazione (ipo-cifosi) del tratto di colonna D4-D6.

Manifestazioni cliniche dell'ipocifosi



Figure 30 e 31: Nelle foto, le scapole hanno perso la loro posizione fisiologica ai lati della gabbia toracica, adducendosi verso la colonna. Per l'azione degli adduttori scapolari in accorciamento, la colonna rimane all'interno del piano scapolare, cioè in ipocifosi ad apice D5 con conseguente compressione dei dischi intervertebrali. Il dentato anteriore, non riuscendo a bilanciare l'adduzione delle scapole, manifesta il suo accorciamento esercitando una trazione sulla parete laterale toracica deformandola. La gabbia toracica aumenta il diametro latero-laterale per l'effetto del gran dentato e diminuisce il diametro antero-posteriore per l'effetto degli adduttori scapolari che proiettano le vertebre in direzione dello sterno.

5.3.4 Il quadro dell'ipercefosi: un'apparente contraddizione

La vera natura dell'ipercefosi

Nei quadri ipercifotici si verifica un fenomeno apparentemente contraddittorio ma biomeccanicamente dimostrabile:

- D5 è comunque in infossamento per l'azione degli adduttori scapolari;
- l'apice cifotico è spostato caudalmente tra D7 e D12 per l'azione dei muscoli dorso-lombari;
- si determina un'inversione di curva.

L'ipercefosi è dunque apparente.

La vera ipercifosi anatomica è quella ad apice D5: in quel tratto, però, la dominanza vettoriale è in diminuzione della cifosi.

Quando l'apice della cifosi è al di sotto o al di sopra di D5 si dovrebbe più correttamente parlare di inversione di curva.

Meccanismo di sviluppo dell'ipercefosi apparente

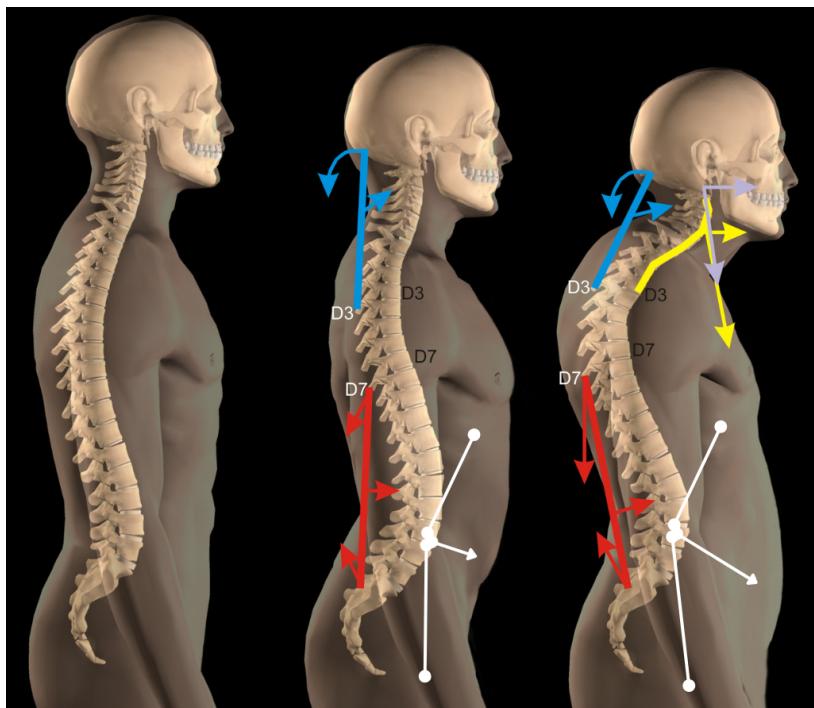


Figura 32: In figura è rappresentato un esempio di progressiva insorgenza di un quadro ipercifotico: i muscoli della lordosi cervico-dorsale aumentano la lordosi e proiettano anteriormente il capo per il mantenimento dell'orizzontalità degli occhi; il tratto cifotico fisiologico D4-D6 si rettifica per l'azione degli adduttori scapolari; la coppia diaframma-psoas trazione anteriormente la colonna lombare; i muscoli della lordosi dorso-lombare (in particolare il gran dorsale grazie alle sue inserzioni vertebrali fino a D7), oltre ad aumentare la lordosi stessa, proiettano posteriormente e verso il terreno le ultime vertebre dorsali che divengono così l'apice della cifosi apparente andando in inversione di curva. Linee di forza dei muscoli vettorialmente dominanti agenti su cranio, rachide, bacino - muscoli dorsali: rosso; muscoli cranio-cervico-scapolari: blu; muscoli paravertebrali anteriori e scaleni: giallo; muscoli sterno-cleido-mastoidei: viola chiaro; muscoli diaframma e psoas: bianco

Sequenza di compensazioni sistemiche

Riepilogando:

1. Muscoli cervico-dorsali: Aumentano la lordosi e proiettano anteriormente il capo.
2. Adduttori scapolari: Rettificano il tratto D4-D6 (vera cifosi fisiologica).
3. Coppia diaframma-psoas: trazione anteriormente la colonna lombare.
4. Muscoli dorso-lombari: Proiettano posteriormente le vertebre D7-D12 creando l'apice cifotico apparente.

Esempio clinico di inversione di curva: a seguito di un infossamento di C4, nella clinica si rileva spesso una inversione di curva a livello C6-D2, con C7/D1 che creano un apice, solo apparente, di cifosi. Le vertebre naturalmente non sono in cifosi, ma in inversione di curva.

3.5 Caso clinico: trattamento dell'ipercefosi.

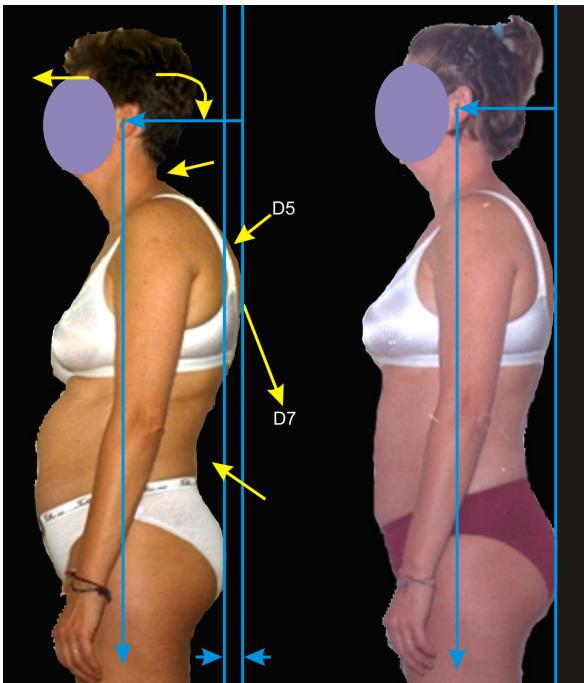


Figura 33: foto a sinistra: prima visita, foto a destra fine trattamento. Esempio di trattamento di quadro "iper-cifotico". L'ipercifosi è sostenuta dall'aumento della lordosi dorso lombare con proiezione posteriore di D7 e cervico-dorsale con anteriorizzazione e flessione posteriore del cranio. Il tratto dorsale ad apice D5 risulta rettilinizzato ed obliquo. Il calo ponderale è solo apparente, il peso della paziente è rimasto invariato. La sensazione di "dimagrimento" è data dal cambiamento della sinusoida vertebrale che ha permesso una miglior distribuzione dei volumi scheletrici

Strategia terapeutica

Il trattamento terapeutico è stato impostato con l'obiettivo di:

1. Diminuire le lordosi cervico-dorsale e dorso-lombare;
2. Diminuire l'ipocifosi ad apice D5 per riottenere l'andamento cifotico fisiologico, attraverso il riallungamento analitico e sistematico dei muscoli agenti.

Risultati biomeccanici

Il miglioramento dell'andamento sinusoidale della colonna ha permesso:

- Alle componenti g ed r di ridistribuirsi in modo più uniforme;
- Di ridurre le compressioni meccaniche sui dischi intervertebrali;
- Al sistema di diminuire la rigidità e recuperare capacità dinamiche avvicinandosi ai “margini del caos”.

5.3.6 Considerazioni diagnostiche

Per una corretta diagnosi è importante distinguere tra:

1. Vera ipocifosi (diminuzione della cifosi fisiologica D4-D6).
2. Ipercifosi apparente (inversione di curva con apice spostato).

L'obiettivo comune è sempre il recupero dell'andamento cifotico fisiologico a D5.

I mezzi terapeutici sono comuni (riallungamento muscolare analitico e sistematico), ma cambiano i muscoli target:

- nell'ipocifosi: riallungamento degli adduttori scapolari (romboidi, fasci medi e inferiori del trapezio) per permettere alla cifosi fisiologica di riesprimersi.
- nell'ipercafosi apparente: riallungamento dei muscoli delle lordosi cervico-dorsale e dorso-lombare per diminuire le compensazioni che creano l'inversione di curva.

La comprensione che la vera cifosi fisiologica ha sede a D5 e che la dominanza vettoriale su questo tratto è sempre in diminuzione della cifosi permette di orientare correttamente sia la diagnosi che il trattamento.

4 Lordosi Dorso-Lombo-Sacrata (D7-S1)

4.1 Vettori dominanti

A livello lombare i vettori dominanti con inserzione diretta in colonna sono:

Posteriormente:

- Paravertebrali
- Quadrati dei lombi
- Gran dorsali

Anteriormente:

- Diaframma (pilastri)
- Ileopsoas

La lordosi lombare viene prolungata dalle inserzioni vertebrali dei gran dorsali fino a D7, creando un'unità funzionale continua.

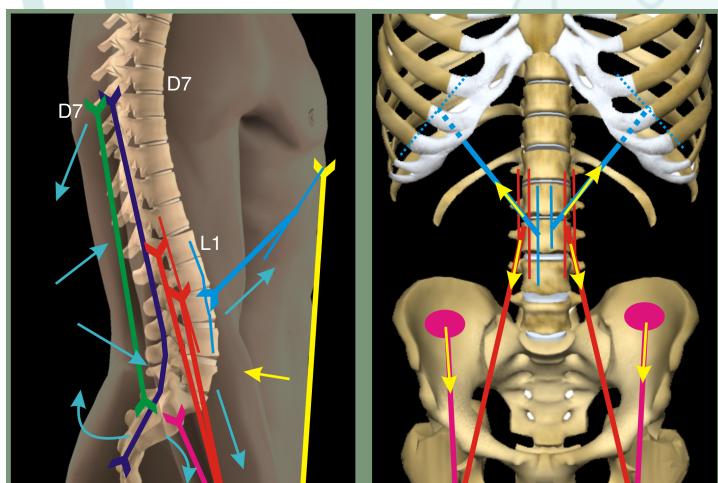


Figura 5.34 - Muscoli agenti sulla lordosi dorso-lombare:

- *gran dorsali: verde;*
- *paravertebrali: blu*
- *psoas: ross*
- *iliaci: magenta*
- *diaframma: azzurro;*
- *retti addominali: giallo.*

I paravertebrali compresi tra D7 e sacro aumentano direttamente la lordosi e antivertono il bacino. I fasci del gran dorsale compresi tra vertebre toraciche (D7-D12) e creste iliache proiettano posteriormente e verso il suolo le vertebre toraciche e antivertono il bacino determinando l'aumento della lordosi lombare. I pilastri del diaframma trazionano anteriormente in direzione del torace le vertebre lombari tra L1 e L4. Gli psoas trazionano anteriormente, in direzione del femore, le vertebre comprese tra D12 e L4. Gli iliaci portano in antiversione il bacino. Nel loro insieme, tutti questi muscoli aumentano la lordosi dorso-lombare e antivertono il bacino. Gli unici antagonisti sono rappresentati dai retti addominali che, non avendo inserzione diretta sulla colonna, risultano sottodominanti.

Tutti i muscoli agenti con inserzione sulla colonna sono co-agonisti nell'aumentare la lordosi dorso-lombare.

Gli unici antagonisti sono i retti addominali che però, non avendo inserzione diretta in colonna ed essendo vettorialmente inferiori, risultano sottodominanti.

Analisi delle linee di forza

I retti addominali hanno una linea di forza verticale che produce vettori orizzontali poco significativi.

La loro possibilità di contenimento della lordosi lombare è legata alla capacità di irrigidire la parete addominale.

I muscoli con inserzione vertebrale hanno linee di forza sia oblique che verticali.

Producendo vettori che anche con un piccolo aumento del tono basale sono in grado di modificare l'andamento della colonna.

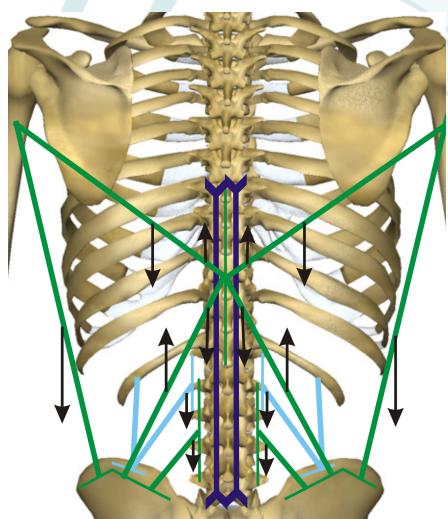


Figura 5.35 - Le frecce nere indicano le componenti vettoriali longitudinali di gran dorsale e quadrato dei lombi che, sommate a quelle dei paravertebrali, oltre a irrigidire la colonna e proiettare anteriormente le vertebre, determinano la compressione dei dischi intervertebrali.

- *Gran dorsali: verde;*
- *paravertebrali: blu;*
- *quadrato dei lombi: celeste*

4.3 Conseguenze biomeccaniche

Le linee di forza oblique possiedono componenti vettoriali verticali che, sommandosi a quelle dei paravertebrali:

- Aumentano la lordosi
- Determinano l'irrigidimento della colonna
- Causano la compressione dei dischi intervertebrali

Gran dorsale, paravertebrali e iliaci creano un momento di forza che può provocare l'antiversione del bacino.

L'equilibrio è molto instabile: anche un modesto accorciamento dei muscoli agenti direttamente in colonna determina la modifica della curva dorso-lombare.

4.4 Distribuzione delle forze sui dischi

A lordosi aumentata, le singole forze G ed R applicate a ogni corpo vertebrale determinano, con le loro componenti g ed r, compressioni ai dischi intervertebrali.

Le forze complessive G ed R possono non incontrarsi su un disco e, se la loro congiunzione avviene sulle faccette articolari, si possono creare compressioni meccaniche potenzialmente degenerabili in fratture delle faccette stesse.

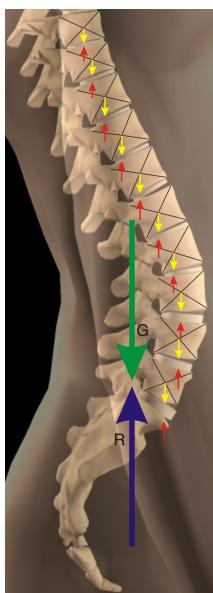


Figura 5.36 - Lordosi dorso-lombare aumentata. Le singole forze G (frecce gialle) sono equilibrate dalle singole forze R uguali e contrarie (frecce rosse). Le loro componenti g ed r, maggiormente concentrate sul punto di incontro delle singole forze G ed R, determinano compressioni meccaniche ai dischi intervertebrali. Le forze complessive G ed R, anziché "ammortizzarsi" sui dischi, vanno a gravare sulle faccette articolari dell'articolazione lombosacrale.

4.5 Rettificazione lombare

In alcuni quadri radiografici si evidenzia una rettificazione del tratto lombare. Poiché localmente i muscoli agiscono tutti in aumento di lordosi, la verticalizzazione può essere la risultante di:

- Antiversione estrema del bacino.
- Diminuzione della cifosi dorsale.

Meccanismo Geometrico

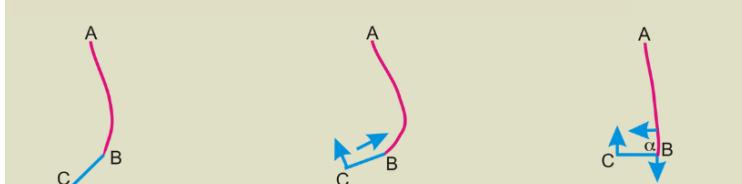


Figura 5.37 - Analisi geometrica - gran dorsali: magenta; iliaci: blu; simulazione andamento progressivo della colonna vertebrale: giallo; simulazione andamento progressivo sacro: verde. Tratto AB (magenta): andamento progressivo della colonna vertebrale; tratto BC (blu): andamento progressivo sacro. Geometricamente, se il punto A è fisso e il punto C si muove verso l'orizzontale di B, il tratto AB aumenta la sua curvatura. Ma se l'orizzontalizzazione del tratto BC è determinato dalla risalita del punto C e dalla discesa del punto B, il tratto AB progressivamente diventa una retta. All'intersezione delle due rette si crea l'angolo α.

Sequenza Biomeccanica

1. Gran dorsali e paravertebrali portano in antiversione il bacino. Se l'antiversione viene aumentata dall'ulteriore trazione di gran dorsali e iliaci, per poter rimanere in stazione eretta senza cadere in avanti, D7 funzionerebbe da punto fisso.
2. Il tratto di curva lombo-sacrale verrà quindi trasformato in due tratti rettilinei con apice angolare sulla quinta vertebra lombare.

La diminuzione della lordosi lombare è quindi il prodotto dell'esasperazione delle forze di trazione che determinano l'aumento della lordosi, con particolare interessamento della coppia gran dorsali-iliaci.

Con l'orizzontalizzazione del sacro si determina un momento di forza anche tra sacro e quinta lombare.

Tale momento, proiettando anteriormente la quinta lombare, può creare una listesi.

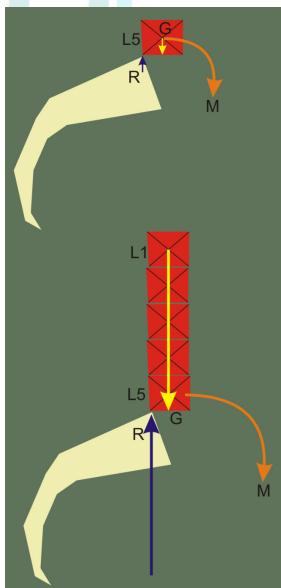


Figura 5.38 - La forza G applicata al baricentro di L5 crea un momento di forza M con la forza R applicata al sacro. Tanto più la lordosi dorso-lombare risulta verticale, tanto più aumenterà la forza complessiva G applicata alla 5° lombare. Di conseguenza aumenterà di intensità la forza R applicata al sacro e il momento M, incrementando le possibilità che si determini una listesi tra L5 e sacro.

4.6 Rettificazione da diminuzione della cifosi dorsale

La colonna lombare può essere in diminuzione di lordosi anche per effetto della diminuzione della cifosi dorsale, causata dagli adduttori scapolari e dai paravertebrali dorsali.

In questo caso la diminuzione di lordosi non riguarda solo il tratto dorso-lombare, ma anche quello cervico-dorsale per risultante geometrica.

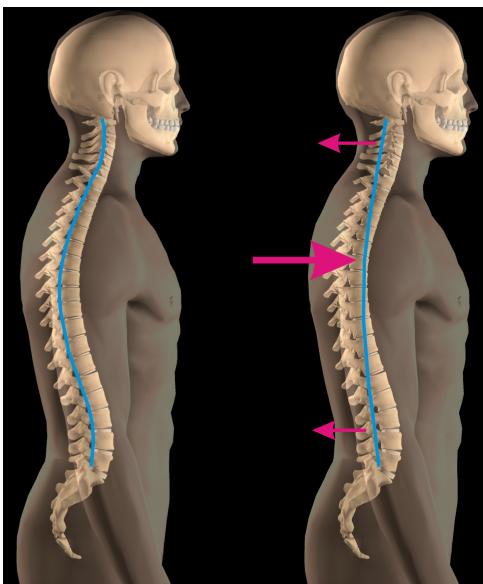


Figura 5.39 - Simulazione andamento colonna vertebrata da fisiologica a verticale: blu; accorciamento importante degli adduttori scapolari: freccia magenta spessa; diminuzione meccanica delle lordosi: frecce magenta sottili. Se a livello dorso-lombare e cervico-dorsale non sono presenti significativi accorciamenti, la rettilinizzazione in toto della colonna vertebrale può essere determinata (escludendo specifiche patologie come la spondilite anchilosante) da un'importante diminuzione della cifosi dorsale ad opera degli adduttori scapolari. In questo caso, recuperando l'andamento cifotico ad apice D5, ricompariranno le fisiologiche lordosi sopra e sottostante.

4.7 Bacino

In stazione eretta, la stabilità antero-posteriore del bacino è determinata da due gruppi antagonisti:

Antiversione:

- Gran dorsali
- Paravertebrali
- Iliaci
- Retti femorali

Retroversione:

- Ischio-crurali
- Retti addominali

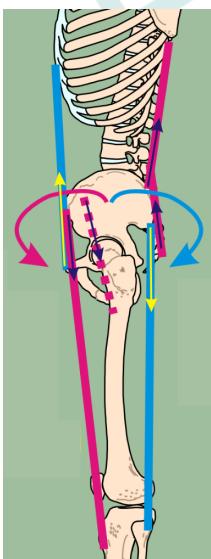


Figura 5.40 - Gruppi muscolari –

- *antiversione: gran dorsali, iliaci, paravertebrali, retti femorali (magenta);*
- *retroversione: ischio-crurali, retti addominali (blu)*

La dominanza di forza vettoriale è a favore dell'antiversione, principalmente per la grande forza di trazione esprimibile dai gran dorsali.

Quadri Clinici Più Frequenti

1. Eccesso ad ampio raggio della lordosi dorso-lombare con antiversione del bacino
2. Verticalizzazione del tratto lombare associata all'orizzontalizzazione del sacro con fulcro angolare sulla quinta/quarta vertebra lombare

Più rari i quadri in cui, sempre in stazione eretta, i vettori dominanti siano i muscoli che determinano la retroversione del bacino.

In questo caso:

- Il bacino sarà retroverso e spesso le ginocchia flesse;
- La colonna lombare potrà risultare rettilinea per l'effetto della spinta meccanica indotta dalla retroversione del bacino;
- Oppure in iperlordosi per l'effetto trazionante della coppia diaframma/psoas.

In quest'ultimo caso la colonna sarà sottoposta all'azione di una coppia di forze opposte.

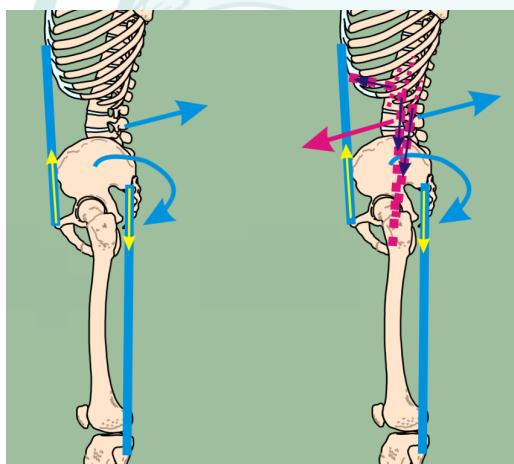


Figura 5.41 - Gruppi muscolari -
ischio-crurali, retti addominali: blu;
diaframma, psoas: magenta

5 Conclusioni

5.1 Sintesi delle Azioni Muscolari Sagittali

In stazione eretta i muscoli che agiscono direttamente sulla sinusoide cranio-sacrale sul piano sagittale possono determinare:

Cranio

- **Flessione anteriore:** per l'azione degli sternocleidomastoidei.
- **Flessione posteriore:** per l'azione dei fasci superiori dei trapezi e dei paravertebrali crano-vertebrali. Se il cranio si trova in flessione posteriore gli sternocleidomastoidei invertono la loro azione diventando co-agonisti dei flessori posteriori.

- **Anteriorizzazione:** per l'azione degli scaleni. Una volta anteriorizzato il cranio, partecipano all'azione i muscoli anteriori del collo e gli sternocleidomastoidei.
- **Posteriorizzazione:** per l'azione dei fasci superiori dei trapezi e, se la flessione posteriore del capo è associata all'aumento della lordosi cervicale, per l'azione degli elevatori della scapola e dei paravertebrali.

Lordosi Cervico-Dorsale

- **Rettificazione:** attraverso l'azione degli scaleni e dei muscoli anteriori del collo la colonna cervicale viene proiettata in avanti divenendo rettilinea e obliqua. La rettificazione può essere anche provocata indirettamente dalla diminuzione della cifosi dorsale: in questo caso la colonna avrà un andamento rettilineo e verticale.
- **Iperlordosi:** per l'azione diretta di scaleni, elevatori della scapola, paravertebrali e sovraioidei; indiretta, per flessione posteriore del capo, su azione dei fasci superiori del trapezio.
- **Cifosi ad apice C7/D1:** come risultante meccanica della proiezione anteriore del cranio o come conseguenza dell'infossamento delle vertebre C3-C4

Cifosi Dorsale ad Apice D5

- **Rettilinizzazione:** per l'azione dei fasci medi e inferiori del trapezio, dei romboidi, dei paravertebrali dorsali.

Cifosi Dorsale con Apice Compreso tra D6 e L1

- **Accentuazione:** dovuta all'azione dei gran dorsali (inserzioni sui processi spinosi da D7 a D12) che proiettano posteriormente e verso terra le vertebre, determinando l'inversione di curva rispetto all'assetto fisiologico.

Lordosi Dorso-Lombare

- **Rettificazione:** come conseguenza dell'orizzontalizzazione del sacro per l'azione dei gran dorsali, degli iliaci e dei retti femorali. D7, per il mantenimento della stazione eretta, fa da punto fisso. Il tratto di curva lombo-sacrale viene trasformato in due segmenti rettilinei determinando la formazione di un angolo al passaggio lombo-sacrale. La rettificazione può anche essere la risultante meccanica determinata dalla retroversione del bacino o dalla diminuzione della cifosi dorsale ad apice D5.
- **Iperlordosi:** per l'azione diretta di gran dorsali, paravertebrali, psoas, diaframma, quadrato dei lombi.

Bacino

- **Antiversione:** per l'azione di gran dorsali, paravertebrali, iliaci, retti femorali.
- **Retroversione:** per l'azione degli ischio-crurali e dei retti addominali.

5.2 Principi Interpretativi

Non tutti i quadri hanno la stessa probabilità di manifestarsi. Applicando l'analisi vettoriale sui muscoli agenti, risultano delle dominanze che indicano le possibilità di azione più frequenti.

Qualunque modifica su un tratto di colonna, determinando la variazione del baricentro, necessita il coinvolgimento e la modificazione delle altre porzioni.

5.3 Rappresentazione delle Dominanze

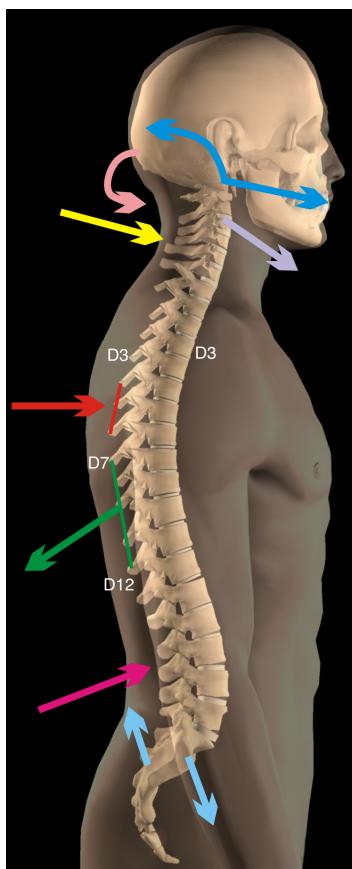
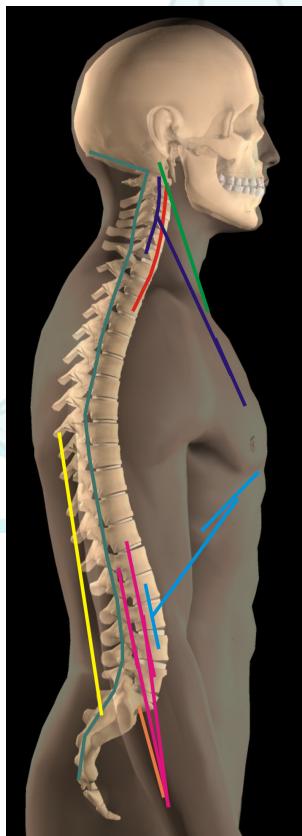
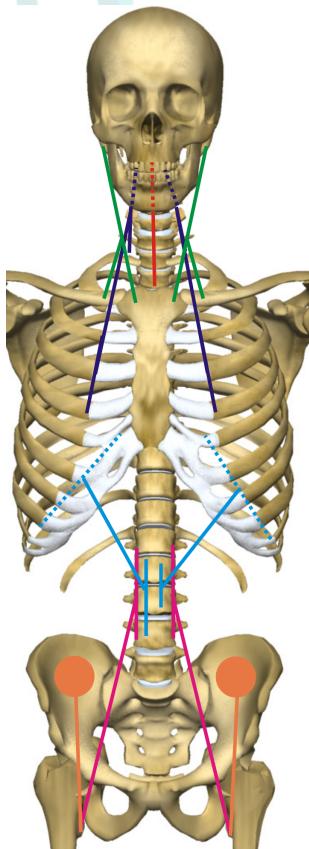


Figura 5.42 - Dominanze vettoriali muscolari agenti su cranio, rachide, bacino –

- anteriorizzazione in flessione posteriore del cranio: sternocleidomastoidei (frecce blu);
- flessione posteriore del cranio: paravertebrali, fasci superiori trapezi (freccia rosa);
- rettilinizzazione con andamento obliquo colonna C1-D3: scaleni, muscoli anteriori del collo (freccia viola chiaro);
- iperlordosi C1-D3: paravertebrali, elevatori della scapola, scaleni, muscoli anteriori del collo, sovra-ioidei (freccia gialla);
- rettilinizzazione D4-D6: romboidi, fasci medi e inferiori trapezi, paravertebrali (freccia rossa);
- cifosi D7-D12: gran dorsali (freccia verde);
- iperlordosi D7-L5: gran dorsali, paravertebrali, diaframma, psoas, quadrato dei lombi (freccia magenta);
- antiversione bacino: gran dorsali, iliaci, paravertebrali (frecce celesti)



*fig. 43 e 44
Linee di forza dei muscoli vettorialmente dominanti, agenti su cranio, sinusode vertebrale, bacino.*

- sternocleidomastoideo: verde
- anteriori del collo: rosso
- paravertebrali: verde scuro
- diaframma: azzurro
- psoas: magenta
- iliaci: arancione
- gran dorsale: giallo
- scaleni: blu scuro

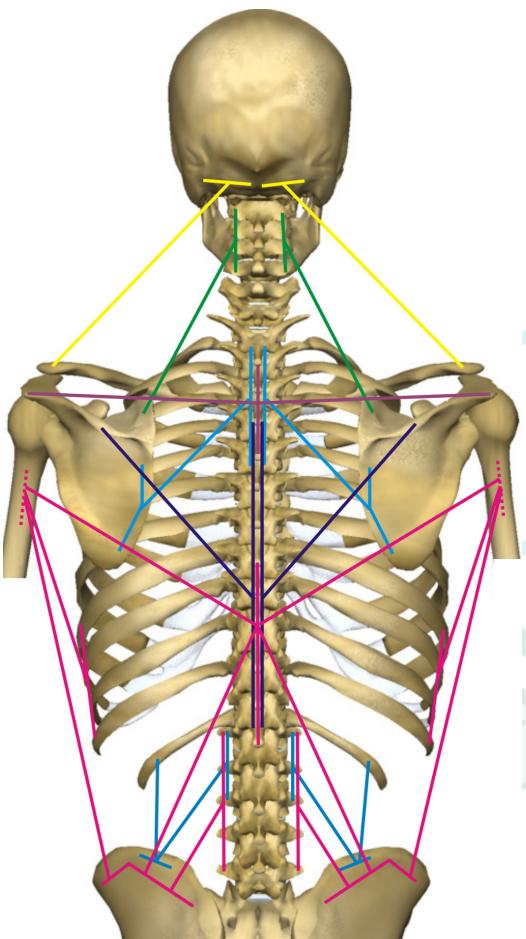


fig. 45

Linee di forza dei muscoli vettorialmente dominanti, agenti su cranio, sinusoide vertebrale, bacino. Veduta posteriore

- fasci superiori trapezio: giallo
- elevatore della scapola: verde
- fasci medi trapezio: viola
- romboidi: celeste
- fasci inferiori trapezio: blu scuro
- gran dorsale: magenta
- quadrato dei lombi: blu

5.4 Considerazioni Cliniche

La comprensione delle dominanze vettoriali e dei meccanismi di compensazione sistemica rappresenta la base per:

1. Effettuare la diagnosi differenziale tra cause primarie e compensazioni secondarie.
2. Scegliere le strategie terapeutiche mirate ai muscoli responsabili delle alterazioni.
3. Poder prevedere l'evoluzione dei quadri clinici.
4. Monitorare l'efficacia degli interventi terapeutici.

L'approccio vettoriale al piano sagittale della colonna vertebrale fornisce, quindi, gli strumenti interpretativi per trasformare l'osservazione clinica in diagnosi biomeccanica precisa e le **considerazioni fin qui esposte non rappresentano la conclusione di un capitolo, ma l'inizio di un diverso livello di lettura**: ogni dato clinico, infatti, diviene espressione visibile di relazioni fisiche che governano l'intero sistema.

L'osservazione delle modificazioni sagittali mostra come ogni variazione morfologica della colonna rifletta un diverso equilibrio tra vettori muscolari e forze resistenti.

Le curve fisiologiche non rappresentano configurazioni fisse, ma adattamenti dinamici che si generano dal continuo bilanciamento tra forze G e R, momenti M e proprietà elastiche dei tessuti.

In tale prospettiva, la forma della colonna non è un dato anatomico rigido, ma il risultato di un sistema vettoriale in equilibrio instabile.

6 Concetti Chiave

Suddivisione mio-funzionale affiancata a quella anatomica

La colonna si divide funzionalmente in: lordosi cranio-cervico-dorsale (C0-D3), cifosi dorsale (D4-D6), lordosi dorso-lombo-sacrale (D7-S1). Le inserzioni muscolari non rispettano i confini anatomici tradizionali.

Caratteristica unica del tratto cranio-cervico-dorsale

Unico segmento con muscoli paravertebrali a doppia inserzione anteriore e posteriore. I muscoli posteriori sono sempre lordosizzanti; gli anteriori possono invertire la loro azione in base alla posizione del cranio.

Inversione d'azione dei muscoli anteriori cervicali

Sternocleidomastoidei e muscoli anteriori del collo: in lordosi fisiologica riducono la curva; in iperlordosi la linea di forza passa posteriormente facendoli diventare co-agonisti dei posteriori nell'aumentare la lordosi.

Proiezione anteriore del cranio per l'orizzontalità dello sguardo

In stazione eretta, quando i muscoli posteriori creano iperlordosi con flessione posteriore del capo, gli anteriori proiettano il cranio in avanti per recuperare l'orientamento orizzontale dello sguardo.

Dominanza vettoriale degli adduttori scapolari

Romboidi e fasci medi-inferiori del trapezio sono dominanti sul dentato anteriore. Non sono le scapole che "escono" ma la colonna che "entra" creando ipocifosi D4-D6.

La vera cifosi fisiologica ha apice a D5

Rappresenta la congiunzione posteriore delle due lordosi funzionali. La dominanza vettoriale su questo tratto è sempre in diminuzione della cifosi.

Tutti i muscoli lombari con inserzione vertebrale sono co-agonisti

In assenza di patologie, gran dorsali, paravertebrali, psoas, diaframma, quadrati dei lombi aumentano tutti la lordosi. Solo i retti addominali, senza inserzione vertebrale diretta, sono antagonisti ma sottodominanti.

La rettificazione lombare paradossale

Risultato dell'esasperazione delle forze lordosizzanti: l'orizzontalizzazione del sacro trasforma la curva in due segmenti rettilinei con apice angolare su L4-L5.

Principio sistematico delle compensazioni

Ogni modifica in un'unità funzionale richiede adattamenti nelle altre per mantenere l'equilibrio dei baricentri segmentari.

Compressione discale da somma vettoriale

L'accorciamento bilaterale dei muscoli simmetrici (anteriori o posteriori) modifica le curve

fisiologiche. Le componenti verticali delle loro forze si sommano, generando compressioni meccaniche sui dischi intervertebrali, variamente distribuite secondo la direzione dei vettori agenti.

