



Dr. Saverio Colonna

Anno 1984 Laurea in Medicina e Chirurgia presso l'Università degli Studi di Bologna. Anno 1988 Diploma di Specializzazione in Medicina dello Sport presso l'Università degli Studi di Siena. Anno 1993 Diploma di Specializzazione in Ortopedia presso l'Università degli Studi di Siena. Anno 2001 Diploma di Specializzazione in Medicina Manuale Osteopatica presso l'Università di Parigi Nord - Francia. Dal 1991 al 2008 Docente a Contratto Presso la Scuola di Specializzazione in Medicina dello Sport Università degli Studi di Siena. Dal 1997 Direttore del Centro Studi delle Metodologie Manuali - Pieve di Cento. Dal 1998 al 2004 Direttore della Scuola Multidisciplinare di Posturologia Clinica - Pieve di Cento. Dal 2002 Presidente AMOI (Associazione Medici Osteopati Italiani). Dal 1988 al 1997 Medico della Commissione Medica della Federazione Italiana Pallavolo (FIPAV). È autore di alcuni volumi e numerosi articoli su riviste italiane e straniere del settore ed è relatore di corsi e conferenze in congressi in Italia ed all'estero.



ISBN 978 88-7572-000-0

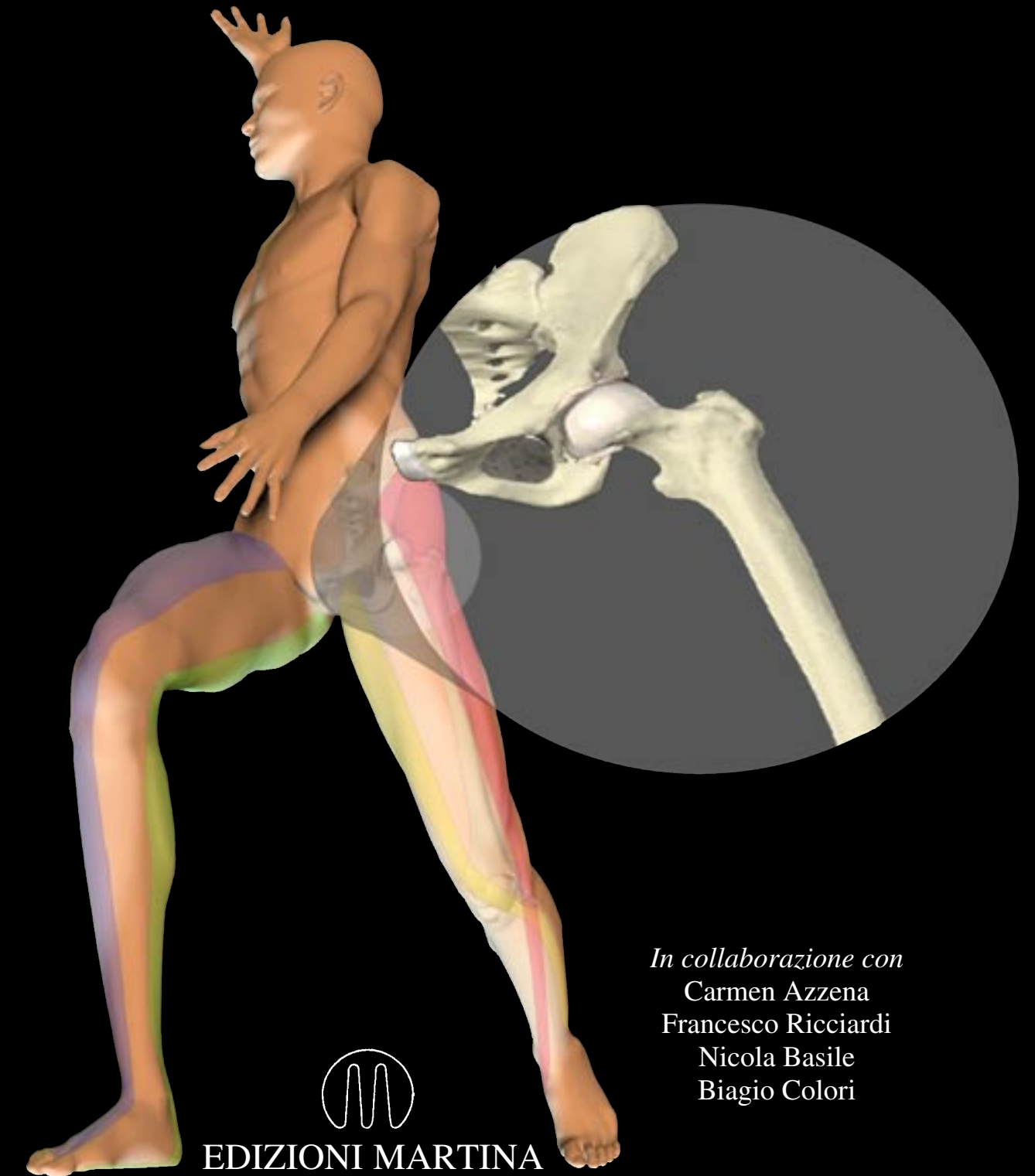
LE CATENE MIOFASCIALI in MEDICINA MANUALE

Arto inferiore: Anca

SAVERIO
COLONNA

SAVERIO COLONNA

LE CATENE MIOFASCIALI
in
MEDICINA MANUALE
Arto inferiore: Anca



In collaborazione con
Carmen Azzena
Francesco Ricciardi
Nicola Basile
Biagio Colori



EDIZIONI MARTINA

3.3.3 PATOLOGIA CORRELATA

In questo capitolo tratteremo le patologie che sono strettamente collegate da un punto di vista meccanico ed eziopatogenetico all'articolazione dell'anca.

La disfunzione della coxofemorale può innescare un disequilibrio meccanico che può manifestarsi a monte e/o a valle.

Per le disfunzioni a valle, bisogna sottolineare soprattutto la patologia legamentosa del ginocchio e della caviglia. Per chi volesse approfondire questi argomenti rimandiamo ai capitoli specifici.

Di seguito, invece, verrà trattata la correlazione con le patologie a monte, cioè quelle che coinvolgono la sacro-iliaca e le vertebre del rachide

3.3.3.1 BIOMECCANICA DEL CINGOLO PELVICO E RACHIDE LOMBARE

Come abbiamo avuto modo di vedere nell'introduzione anatomica, le pelvi trovano l'equilibrio sull'anca. La testa del femore rappresenta il punto fisso, quando l'anca viene utilizzata in catena cinetica chiusa, l'iliaco ha così modo di compiere diversi movimenti su più piani dello spazio. Tali movimenti andranno a condizionare l'articolazione sacro-iliaca e il rachide lombare e dorsale.

Nella filogenesi, cioè nel corso dell'evoluzione, della razza umana, a partire dagli ominidi, il passaggio dalla posizione quadrupede alla stazione eretta bipede, ha provocato dapprima il raddrizzamento del bacino e successivamente l'inversione della curvatura lombare, inizialmente concava in avanti. L'angolo di raddrizzamento del tronco, in effetti, non è stato completamente assorbito dalla retroversione del bacino; persiste un certo angolo che deve essere annullato dalla curvatura del rachide lombare. Così si spiega la lordosi lombare, variabile a seconda degli individui, in rapporto al grado di inclinazione sacrale legato anche al grado di antiversione o di retroversione del bacino e di conseguenza all'attività dei muscoli dell'anca.

Durante l'ontogenesi, cioè durante lo sviluppo dell'individuo, assistiamo alla stessa evoluzione a livello del rachide lombare.

Come riporta Kapandji (1996) ad un giorno di età il rachide lombare è concavo anteriormente, a cinque mesi la curvatura è sempre concava ma con un grado minore; è soltanto a tredici mesi che il rachide lombare diviene rettilineo. A partire dai tre anni compare una leggera lordosi lombare che si accentuerà verso gli otto anni, assumendo la sua curvatura definitiva all'età circa di dieci anni.

Lo sviluppo dell'individuo sarebbe quindi parallelo a quello evolutivo della specie.

Delmashadimostrato l'esistenza di una corrispondenza fra il tipo del rachide e la morfologia e posizione spaziale del sacro e delle sue faccette auricolari (Kapandji 1996). Purtroppo la correlazione non è stata allargata al bacino.

Karovessis et al. (1998), con la valutazione radiografica del piano sagittale di 90 soggetti sani, riscontra: la cifosi dorsale aumenta con l'età, mentre la lordosi lombare si riduce con l'incremento della cifosi dorsale; l'inclinazione sacrale è strettamente correlata alla lordosi e alla cifosi; la versione pelvica è strettamente correlata alla lordosi lombare, ma non con la cifosi e con l'età;

Nella popolazione in assenza di patologia, non esiste un valore standard dei parametri riferiti all'equilibrio delle curve, sul piano sagittale, delle pelvi e del rachide pur essendo essi correlati (Korovessis et al. 1998; Stagnara et al. 1982).

Importante è avere una congruenza ottimale tra le pelvi e i parametri vertebrali in modo da raggiungere una postura ergonomica che allinei l'asse di gravità in una posizione fisiologica (Kobayashi et al. 2004; Legaye et al. 1993; Legaye et al. 1998).

L'accentuazione dell'estensione delle vertebre lombari (iperlordosi) non sarebbe altro che un compenso ad un'accentuata inclinazione sacrale e/o antiversione pelvica, nella ricerca della verticalità.

3.3.3.2 INDICI VALUTATIVI

L'indice che classicamente viene considerato come indicatore della antiversione pelvica (pelvic tilt) è l'angolo compreso tra linea orizzontale di riferimento e la linea che congiunge il punto medio della SIPS e della SIAS (fig. 3.3.3.1) (Norkin e Levangie 1992 pp 313-314). Tale metodica è possibile applicarla sia con dei radiogrammi, che clinicamente, utilizzando un compasso collegato con un inclinometro (Walker et al. 1987).

È stato riportato un altro indice del tilt pelvico (ATP), attualmente più utilizzato in letteratura (Hresko et al. 2007), che consiste nell'angolo compreso tra la verticale di riferimento e la linea che congiunge il punto medio della base sacrale, al centro della testa femorale (asse bi-coxo femorale) (fig. 3.3.3.2). Questo secondo indice considera solidale il sacro al bacino e, a differenza del precedente, un angolo elevato è indice di una retroversione pelvica, mentre un ridotto angolo è indice di una antiversione.

L'angolo d'inclinazione sacrale (AIS), in letteratura riportato anche come angolo di Ferguson (Ferguson 1934) o Sacral Slope, è un indice della posizione spaziale del sacro in termini assoluti, infatti, è l'angolo compreso tra la linea passante per la base sacrale e l'orizzontale

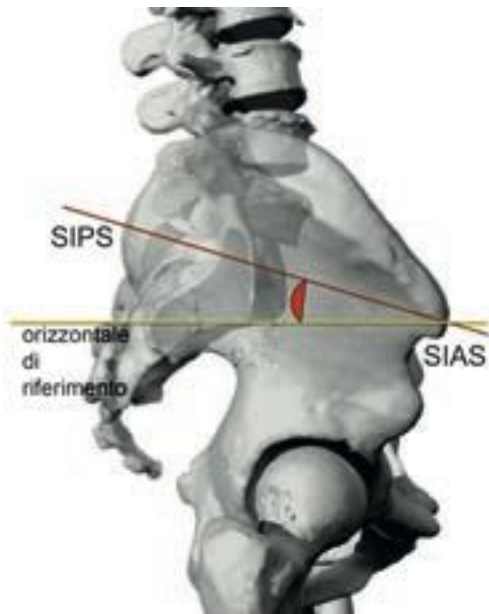


Fig. 3.3.3.1 • Valutazione della versione pelvica attraverso angolo formato dalla linea orizzontale di riferimento e l'asse che congiunge la Spina Iliaca Antero Superiore (SIAS) alla Spina Iliaca Postero Superiore (SIPS).

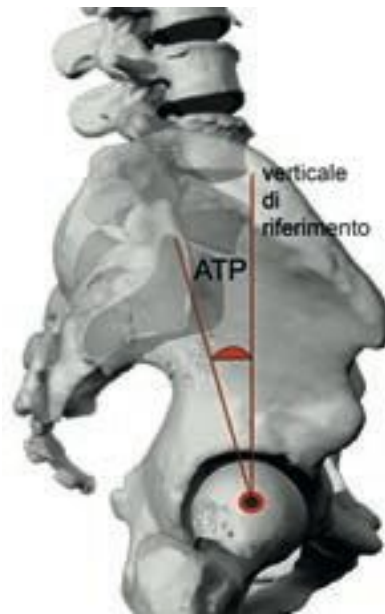


Fig. 3.3.3.2 • Valutazione della versione pelvica attraverso l'Angolo del Tilt Pelvico (ATP), angolo formato dalla linea verticale di riferimento e l'asse che congiunge il punto medio della base sacrale al centro della testa femorale.

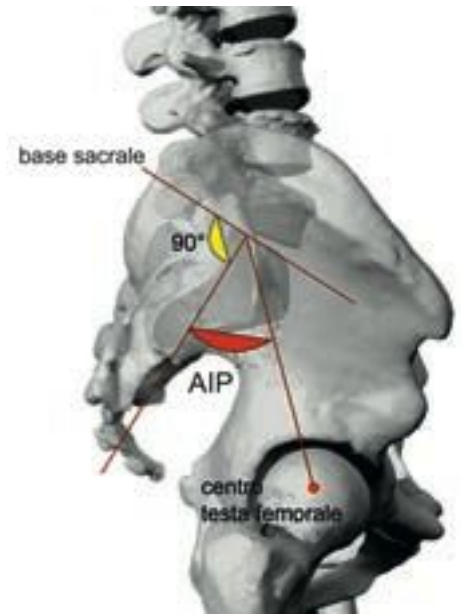


Fig. 3.3.3.3 • Schematizzazione dell'Angolo di Incidenza Pelvica (AIP), rappresentato dall'angolo che sottende l'incrocio della perpendicolare al punto medio della base sacrale e la linea che congiunge il punto medio della base sacrale al centro della testa femorale.

di riferimento (fig. 3.3.3.3). Questi ultimi due angoli sono inversamente collegati; all'aumentare della retroversione iliaca l'AIS diminuisce mentre l'ATP aumenta; l'opposto avviene nell'antiversione.

L'indice che tiene conto della posizione del sacro all'interno delle pelvi, invece, è l'angolo di incidenza pelvica (AIP) (Pelvic Incidence) proposto da Lagaye et al. (1998).

Tale indice è definito come l'angolo che sottende l'incrocio della perpendicolare al punto medio della base sacrale e la linea che congiunge il punto medio della base sacrale al centro della testa femorale (fig. 3.3.3.3).

Questo indice, in letteratura, sta acquisendo sempre più importanza nella valutazione sagittale del rachide, perché sembra strettamente collegato alla posizione del sacro, alla lordosi lombare e alla cifosi dorsale.

Fig. 3.3.3.4 • Schema rappresentante l'AIP, l'AIS e l'ATP.

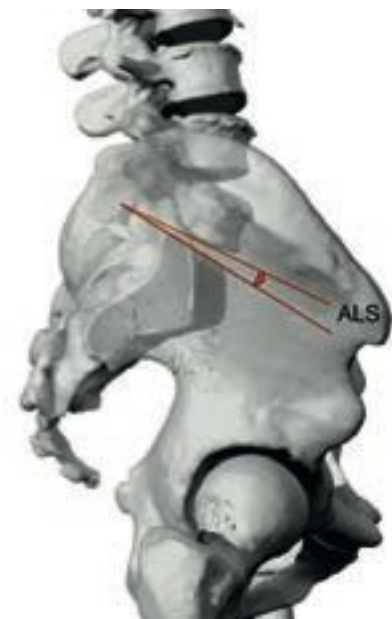


Tale angolo può crescere durante l'infanzia fino all'età di circa 10 anni ma dopo rimane costante nell'adulto (Vaz et al. 2002).

Gli indici AIP, AIS e ATP sono strettamente collegati, infatti, l'ampiezza dell'AIP è data dalla somma aritmetica dell'APT e AIS (fig. 3.3.3.4).

L'indice che tiene conto del rapporto tra sacro e L5 è definito angolo lombosacrale (ALS) ed è sotteso tra la linea passante per la base sacrale e la linea passante per il piatto inferiore del corpo vertebrale di L5 (fig. 3.3.3.5).

Fig. 3.3.3.5 • Angolo lombosacrale (ALS).



Ci sono diversi modi per la valutazione della curva lombare e dorsale su dei radiogrammi sagittali del rachide. Uno di questi (angolo di Cobb) misura, per la lordosi lombare, l'angolo sotteso tra la linea passante per il piatto superiore di L1 e il piatto inferiore di L5 o superiore di S1 (Trojanovich et al. 1997); per la cifosi dorsale, l'angolo tra la linea passante per il piatto superiore di T4 e l'inferiore di T12 (Vialle et al. 2007) (fig. 3.3.3.6).

A volte è difficile individuare i punti precisi dei piatti vertebrali, per tale motivo è stato proposto il calcolo computerizzato della miglior curva passante (best-fit arcs) per il bordo anteriore dei corpi vertebrali (Berthonnaud et al. 2005).

Un indice che sembra tener conto del risultato della maggior parte di questi parametri, è l'angolo tra la linea che

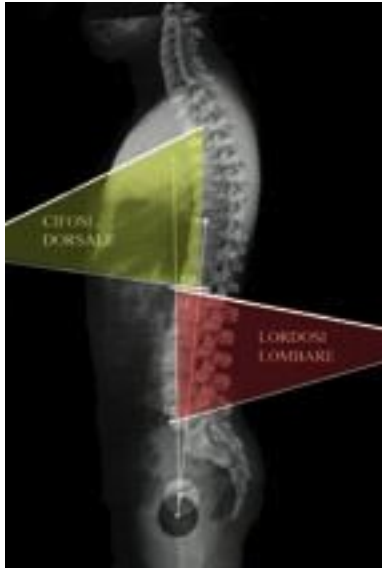


Fig. 3.3.3.6 • Valutazione della lordosi lombare e cifosi dorsale mediante metodo di Cobb; T9 sagittal offset.

congiunge il centro dell'acetabolo o testa femorale al centro del soma di T9 e la verticale di riferimento (T9 sagittal offset) (fig. 3.3.3.6) (Vialle et al. 2005).

In letteratura è presente un accordo unanime sulla maggiore quantità di gradi, per quanto riguarda l' AIS e l' ALS, nelle donne rispetto agli uomini in età adulta (Fernand e Fox 1985; Amonoo-kuofi HS 1992; Ericksen MF 1978, Evcik e Yücel 2003); negli adolescenti in crescita, invece, non sembra che ci sia differenza tra i due sessi (Mac-Thiong et al. 2004). Nell'ultimo studio citato gli Autori hanno valutato 180 soggetti sani, di età compresa tra i 4 e 18 anni, in posizione eretta neutra e riscontrano, di media, i seguenti angoli: cifosi dorsale 43.0°; lordosi lombare 48.5°; AIS 41.2°, ATP 7.2°; AIP 48.4.

L'AIP e l' AIS tendono ad aumentare con l'età fino a stabilizzarsi in età adulta. L'Angolo di lordosi lombare e l'ATP incrementano il loro valore con l'età per evitare un eccessivo sbilanciamento anteriore del centro di gravità. Nei giovani l'incremento con l'età della lordosi lombare e della cifosi dorsale è stato riscontrato in un altro lavoro (Cile et al. 2005) con un gruppi di bambini/e di età compresi tra i 3 e i 15 anni.

Vialle et al. (2005), valutando radiograficamente 300 soggetti adulti sani, sempre nella posizione di

riferimento, riporta i seguenti valori: lordosi lombare 60°; AIS 41°; ATP 13°; AIP 55°; T9 sagittal offset 10.3°. Molto simili a questi valori, sono quelli riportati da un altro studio (Guigui et al. 2003) in cui sono stati valutati 250 soggetti sani. Gli Autori di entrambi i lavori riscontrano una notevole correlazione nella maggior parte dei parametri.

Siamo fermamente convinti che esiste una stretta correlazione tra la posizione dell'iliaco sul femore, dettata dai muscoli dell'anca, la disposizione spaziale del sacro e la lordosi lombare. Questa connessione è presente sia in condizione eretta neutra sia durante i movimenti quotidiani di flessione/estensione rotazione ed inclinazione del tronco.

Alcuni lavori (Gardocki et al. 2002; During et al. 1985) hanno evidenziato una stretta correlazione tra posizione del sacro, la curva lombopelvica e la curva dorsale; altri (Labelle et al. 2004; Labelle et al. 2005; Roussouly et al. 2005; During et al. 1985; Legaye et al. 1998; Vaz et al. 2002; Berthonnaud et al. 2005; Guigui 2003; Korovessis et al. 1998) hanno riscontrato una stretta correlazione tra l'AIP, l' AIS, la curva lombare e dorsale.

Un sacro molto orizzontale, con un angolo sacrale ben più ampio dei 30-40° proposti come fisiologici (Kapandji 1996), può avere un'accentuata inclinazione anteriore all'interno delle pelvi oppure essere correlato ad un bacino in antiversione per delle trazioni anteriori a livello dell'anca. Trazioni che sono di solito fasciali, o capsulo-legamentose o muscolo-connettivali. Per essere corretti dovremmo dire che è presente uno squilibrio tensionale a favore della componente anteriore, ciò permette di non escludere che la reale causa possa essere una ridotta tensione posteriore. Questo sbilanciamento a favore della componente anteriore comporta un tilt anteriore dell'iliaco con una limitazione della retroversione dinamica e una riduzione dell'estensione dell'anca. Come il rachide lombare si adatta ad un'eccessiva orizzontalizzazione del sacro è cosa a noi ancora sconosciuta. Spesso il recupero della verticalità avviene con una graduale distribuzione di estensione su tutte le vertebre lombari (iperlordosi), alcune volte, tutto il carico viene portato alla cerniera lombosacrale (L5-S1), e la restante parte si rettilinizza (fig. 3.3.3.7).

In un campione di 28 soggetti, i gradi della curva lombare valutati tra L1-S1, erano sostenuti al 75% da L4-S1 di cui il 47% solo tra L5-S1 (Gardocki et al. 2002).

Uno squilibrio tensionale a favore del sistema fasciale posteriore indurrà una retroversione del bacino (aumentato ATP) con un sacro verticale (ridotto AIS) e la tendenza all'appiattimento della curva lombare.

Tale correlazione non è universalmente accettata (Heino et al. 1990; Youdas et al. 1996). Nel lavoro di Youdas et al. (1996), ad esempio, non viene dimostrata una stretta

correlazione tra la flessibilità dei flessori d'anca, valutati con il metodo di Kendall et al. (1996) e l'angolo d'inclinazione pelvica (AIP) valutato con un inclinometro. Questo lavoro a nostro avviso ha utilizzato dei sistemi di valutazione alquanto imprecisi, sia per il test di dei flessori d'anca che per la collocazione spaziale delle pelvi. Su



Fig. 3.3.3.7 • Valutazione RMN sagittale di rachide rettilinizzato con sacro flessso.

queste valutazioni utilizzata dal Youdas et al. (1996), è presente una scarsa affidabilità, se confrontata al golden standard che è quello radiografico, sia per il test di Thomas (Bar-On et al. 1992), che per il tilt pelvico (Burdett et al. 1986).

La posizione del sacro rispetto all'iliaco non è considerata dipendente dalla posizione spaziale del bacino. Sappiamo che fisiologicamente sono presenti dei piccoli movimenti a livello dell'articolazione sacro-iliaca, ma sono così ridotti che non sono valutabili con le radiografie standard, quindi viene considerato fisso il rapporto sacro - iliaco.

L'angolo d'incidenza pelvica (AIP) è stato proposto come indice per valutare tale rapporto; questo angolo dovrebbe essere influenzato da quelli che vengono considerati in osteopatia i movimenti del sacro in flessione ed in estensione, ma come già detto, sono movimenti minimi che solo attraverso valutazioni di laboratorio, si possono realmente quantificare (vedi pag. 100 volume Il Tronco).

Con il soggetto in posizione eretta l'accentuata lordosi lombare per diversi Autori (Kendall et al. 1996; Cailliet 1995; Kisner e Colby 1996; Jull e Janda 1987 pp 253-278) è stata collegata ad una debolezza degli addominali. Queste supposizioni cliniche sono state avanzate solo su concetti biomeccanici, senza nessun substrato scientifico.

La relazione tra forza degli addominali e lordosi, non è stata mai confermata da studi scientifici. Ad esempio Walker et al. (1987) non riscontrano delle significative correlazione tra la forza degli addominali, valutata con il test di Kendall et al. (1996) (vedi pagina 38 volume sul Tronco) sia con il tilt anteriore del bacino sia con

l'angolo di lordosi lombare. Alle stesse conclusioni giungono altri Autori, valutando sia soggetti sani (Heino et al. 1990; Youdas et al. 1996) che soggetti con LBP (Youdas et al. 2000). Un protocollo di 8 settimane di esercitazioni per il rinforzo degli addominali, inoltre, non sembra modifichi il tilt pelvico e la curva lordotica lombare (Levine et al. 1997).

Questo è abbastanza scontato se il problema dell'equilibrio del bacino viene affrontato attraverso l'ottica delle catene. Una contrazione degli addominali cerca di avvicinare i due punti inserzionali, ma lo spostamento sarà proporzionale alla massa. Nella postura eretta la massa peso e l'equilibrio che ha il bacino è nettamente superiore a quella del torace. La manovra di retroversione del bacino appiattisce la lordosi lombare e contemporaneamente accentua la cifosi dorsale per la flessione del tronco dovuta ai retti addominali. È logico che se viene richiesta, non una contrazione degli addominali, ma un tilt posteriore del bacino, la flessione del tronco risulta limitata (Day et al. 1984). Per rendere efficace il movimento isolato del bacino, infatti, si attivano i muscoli estensori del tronco (catena retta posteriore) per dare un solido aggancio prossimale ai retti addominali.

Se gli addominali retratti producessero uno spostamento, questo sarebbe soprattutto a carico del torace. Analizzando l'effetto della retrazione degli addominali con il soggetto disteso la situazione è diversa. In questa posizione, i due segmenti corporei si avvicinano come massa peso, le inserzioni, toracica e pelvica, si spostano circa di eguale misura.

Sempre a riguardo del rapporto tra addominali e lordosi, Youdas et al. (1996) riscontrano una correlazione ma riferita alla flessibilità dei muscoli. Precisamente una maggiore lordosi era positivamente correlata alla maggiore flessibilità dei muscoli lombari determinata dalla maggiore estensione del tronco.

Nella postura eretta rilassata l'attività elettromiografica degli addominali e paravertebrali è minima (Floyd e Silver. 1955; Asmussen e Klausen 1962).

È vero, però, che la contrazione volontaria dei retti addominali, in stazione eretta, induce una retroversione del bacino (Walters e Partridge 1957) con appiattimento della curva lordotica (Day et al. 1984). Tale movimento vertebrale sembra che avvenga soprattutto a carico di L4-L5 (Lindh 1980; Delisle et al. 1997) e L5-S1 (Lindh 1980). In questo caso alla contrazione degli addominali si associa la contrazione dei glutei, i quali coadiuvano alla retroversione del bacino (Day et al. 1984). Quanto l'appiattimento del rachide lombare sia dovuto agli addominali e quanto alla retroversione, determinata dai glutei, è difficile stabilirlo.

Se, attivando gli addominali, è possibile influire sulla

posizione del bacino e conformazione della curva lordotica, non avviene la stessa cosa nella postura eretta in condizione neutra, perchè come già riportato sopra, tali muscoli non sono attivati.

È possibile, ovviamente, che possano essere retratti, ma un'abnorme rigidità, porterebbe il torace in avanti e in basso determinando una ipercifosi dorsale più che un innalzamento del pube.

Levine e Whittle (1996) riscontrano che durante la postura eretta di riferimento, una manovra di massima retroversione del bacino, modifica di circa 8.7° di media il tilt delle pelvi, rispetto all'orizzontale, riducendo la lordosi lombare di 9° di media; una manovra di antiversione massima cambia il rapporto delle pelvi rispetto all'orizzontale di circa 11.4° di media, mentre il rachide lombare aumenta la sua curvatura di circa 10.8°.

La manovra di retroversione del bacino eseguita con le ginocchia flesse di 10° non incrementa la quantità di movimento posteriore dell'iliaco (Day et al. 1984).

Quanto si muova il bacino durante le manovre di retro-anteversione è possibile studiarlo attraverso dei radiogrammi o attraverso valutazione cliniche. Gajdosik et al. (1985) hanno proposto la valutazione attraverso il prelievo dell'altezza da terra della SIPS e SIAS e la distanza tra le due spine.

L'angolo del tilt pelvico veniva calcolato attraverso la formula trigonometrica del seno dell'angolo α (fig. 3.3.3.8).

La postura della colonna lombare del soggetto adulto, in condizione eretta, biomeccanicamente può essere condizionata dai muscoli dell'anca che gestiscono la posizione spaziale del bacino (McGregor e Hukins 2009).

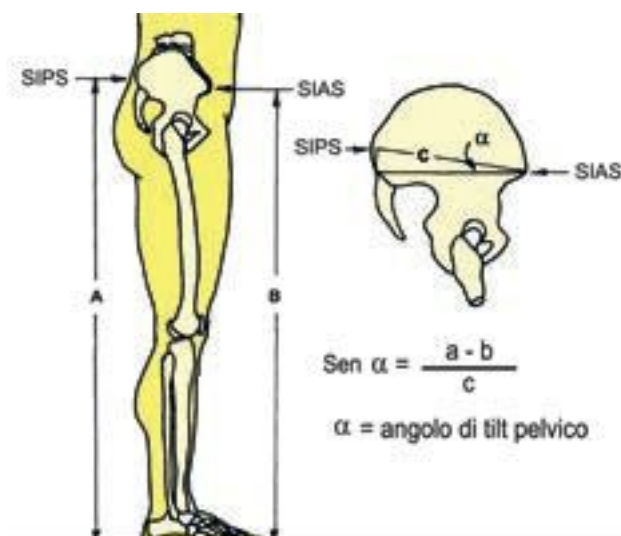


Fig. 3.3.3.8 • Calcolo dell'angolo del tilt pelvico mediante la valutazione dell'altezza della SIPS, SIAS e la distanza tra le due spine (da Gajdosik et al. 1985 modificata).

Un accorciamento dei flessori d'anca e dell'ereettore spinale, comporta un accentuato tilt anteriore (antiversione) dell'iliaco e di conseguenza un aumento della lordosi (Moore 1985; Jackson et al. 1998).

Se una retrazione delle concatenazione muscolari determina una modifica della postura eretta ancor di più condiziona la dinamica. L'anziano, infatti, pur non presentando, rispetto al giovane, delle notevoli differenze per l'anca e il bacino in postura eretta, durante la deambulazione evidenzia una notevole diminuzione dell'estensione d'anca compensata dall'antiversione pelvica (Lee et al. 2005). Tale limitazione sembra rispondere bene ad un programma di 2 sedute alla settimana per 10 settimane di allungamento dei flessori d'anca (Kerrigan et al. 2003). Gli Autori concludono che l'abnorme passo dell'anziano è da attribuirsi di più alla limitazione della flessibilità dei flessori d'anca che al controllo dinamico. Ma la ridotta flessibilità dei flessori d'anca valutata staticamente con il test di Thomas non ha correlazione con la ridotta flessibilità dei flessori d'anca valutata dinamicamente durante la deambulazione (Lee et al. 1997).

La deambulazione e la corsa utilizzano quasi lo stesso livello di estensione articolare d'anca (Franz et al. 2009). È stato riportato che l'incremento della velocità tra la deambulazione e la corsa è accoppiato all'aumento della lunghezza del passo, del tilt pelvico e della lordosi lombare (Crosbie et al. 1997; Saunders et al. 2005; Levine et al. 2007); mentre l'aumento dell'estensione dell'anca è assente (Franz et al. 2009) o minimo ($< 5^\circ$) (Sykes 1975; Nilsson et al. 1985).

Per alcuni Autori (Mann et al. 1986) gli sprinter utilizzano una minore estensione d'anca alla massima velocità rispetto ad un corsa a velocità moderata.

3.3.3.3 Low Back Pain

Una limitata estensione d'anca, dovuta alle strutture articolari e/o alla retrazione dei flessori d'anca è stata proposta come causa in diverse patologie (Lee LW et al. 1997; Lee e Kerrigan 2004; Kerrigan e Ehrerenthal 1996; Kerrigan et al. 2001). Ingber (1989) riscontra in alcuni pazienti sofferenti di LBP, refrattari alle comuni terapie, una ridotta estensione dell'anca dovuta soprattutto all'ileopsoas, sede di contratture con trigger point che rispondono bene alla terapia. Tali contratture possono avere diverse origini; non vanno trascurare le possibili insorgenze viscerali e da riflessi viscerosomatici che coinvolgono il livello di T12-L4 (Grgi 2009).

Nei podisti una limitazione dell'estensione d'anca viene compensata, durante la ricerca di una maggiore velocità con incremento della lunghezza del passo, da una maggiore richiesta di antiversione iliaca (Lee e Kerrigan 2004; Franz et al. 2009) e lordosi lombare (Levine et al. 2007). Ciò può comportare un sovraccarico posteriore della

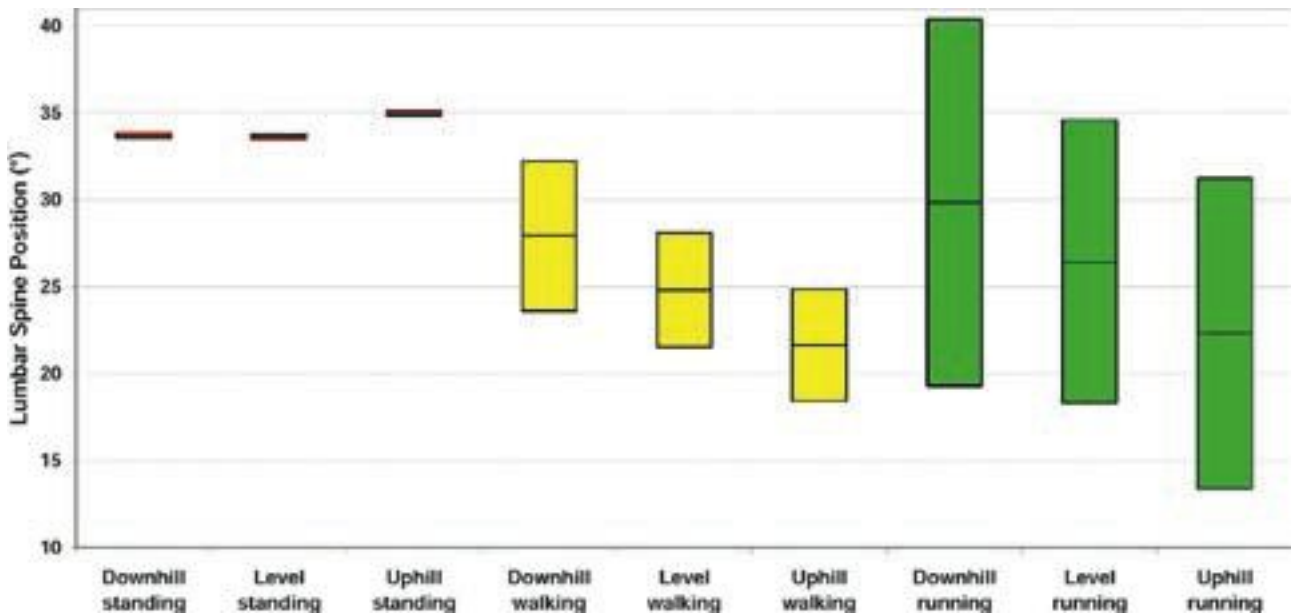


Grafico 3.3.3.1 • Valutazione della curva lombare durante la postura eretta, cammino e corsa in piano, salita e discesa (Levine et al. 2007 modificato). Nella deambulazione e la corsa il margine superiore ed inferiore rappresenta il valore massimo e minimo; la linea centrale, invece, la media.

colonna che può dare origine ad una sindrome delle faccette articolari (Slocum e James 1968; Jackson e Sutker 1982).

Per alcuni Autori i podisti più bassi sono più predisposti ad avere del low back pain perché esasperano maggiormente la falcata accentuando l'antiversione pelvica e la lordosi lombare (Guten 1981; Alexander 1985).

Nei soggetti che presentano questa patologia, inquadrabile con una sindrome estensoria, lamentano dolore durante la corsa soprattutto durante la discesa e meno in salita. Questo è dovuto al differente comportamento del rachide lombare durante le modifiche della superficie su cui si corre. Nel grafico 1 si può notare come la superficie di appoggio condizioni la lordosi lombare sia stando in posizione eretta statica che camminando o correndo (Levine et al. 2007). La discesa aumenta la richiesta di lavoro della colonna lombare in estensione (lordosi). Nella postura eretta statica i dati sono discordi ma ciò può essere dovuto alla capacità di compenso della caviglia.

I podisti a cui è stata diagnosticata una condizione lombare che peggiora, oltre alla sindrome delle faccette articolari, con l'incremento della lordosi (spondilolisi, spondilolistesi, stenosi del canale spinale o stenosi foraminale) (Cole et al. 1995) devono limitare la corsa in discesa. In antitesi i soggetti che soffrono di patologie lombari, quali l'ernia discale, possono trarre beneficio eliminando o limitando la corsa in salita e correndo in pianura o in discesa (Levine et al. 2007).

In base alle alterate posizioni del bacino, dovute ad un abnorme equilibrio dei muscoli dell'anca, quindi, abbiamo la tendenza ad essere predisposti ad alcune

patologie specifiche a livello sacroiliaco e lombare.

A livello dell'articolazione sacroiliaca (ASI), per noi, un'eccessiva retrazione delle catene posteriori (spirale e retta) a livello dell'anca induce una torsione sacrale anteriore. Per le torsioni posteriori, invece, entrano in causa le catene anteriori. Per approfondire quali sono i meccanismi che portano ad instaurarsi questa disfunzione articolare rimandiamo a pp 100-106 del precedente volume sul Tronco).

È nostra convinzione che per l'asimmetria "fisiologica" del corpo (vedi volume sul Tronco pp 47-48) le due ASI abbiano la tendenza ad avere disfunzioni differenti. Questo tipo di asimmetria sembra coinvolgere, non solo dei sistemi muscolo-connettivali, ma la conformazione strutturale delle pelvi. Boulay et al. (2006) hanno riscontrato, in reperti cadaverici, delle standardizzabili asimmetrie ossee. L'asimmetria coinvolge l'iliaco destro e sinistro e sembra seguire una conformazione a spirale, ruotando in senso orario nella porzione superiore delle ali iliache, e nella porzione inferiore e il pube in senso antiorario (fig. 3.3.3.9). Un'asimmetria tra destra e sinistra è stata riscontrata anche a livello metafisario femorale (Samaha et al. 2008).

È risaputo che ciascun segmento osseo del nostro corpo sottostà a degli stress statici e dinamici. In base a tali carichi si struttura la conformazione esterna e la morfologia interna della struttura ossea del femore (Auerbach e Ruff 2006; Livshits et al. 1998; Bass et al. 2002).

Nella nostra esperienza è frequente che l'ASI di sinistra sia più soggetta ad essere interessata da una sindrome estensoria, mentre la destra ad una flessoria. Questo



Fig. 3.3.3.9 • Schema della torsione strutturale del bacino (da Boulay et al. 2006 modificato).

comportamento, forse, è attribuibile alla maggiore attivazione della catena spirale anteriore a sinistra e la posteriore a destra, sempre nell'ottica di una postura asimmetrica neutra di riferimento più frequentemente da noi riscontrata. Le cause di questa asimmetria dal nostro punto di vista potrebbero essere attribuite alla dominanza manuale, più frequente destra, o alla posizione viscerale addominale, asimmetrica con masse come il fegato, ad esempio, collocato soprattutto a destra. Un'altra, ancora più affascinante, ipotesi potrebbe essere collegata ad una componente della forza di gravità di tipo spiraliforme. Lo scarico dell'acqua nel lavello in cucina o del bagno, assume un moto vorticoso sempre destrorso in questo emisfero terrestre. Tale componente rotatoria gravitazionale potrebbe richiedere al corpo umano una contro rotazione per mantenere l'equilibrio, contro rotazione gestita soprattutto dalle catene spirali.

Cibulka et al. (1998) analizzando 100 soggetti con LBP riscontra che le problematiche sacroiliache erano maggiormente collegate ad una maggiore extrarotazione unilaterale, dal lato dove era presente una maggiore retroversione iliaca, rispetto alle problematiche lombari dove la riduzione dell'intrarotazione era bilaterale. Come una minore intrarotazione dell'anca, determinata da una maggiore retrazione degli extrarotatori, possa influire sulle problematiche sacroiliache non è ancora chiaro. Nel volume sul tronco (pag. 102) abbiamo avanzato l'ipotesi di come una retrazione o iperattività asimmetrica del grande gluteo, il maggiore extrarotatore d'anca, possa condizionare l'apertura dell'iliaco e determinare un'obliquità dell'asse sacrale durante i movimenti di flessione. L'asse sacrale obliquo è alla base delle torsioni sacrali anteriori.

Sempre Cibulka (1992) riporta il caso di un paziente affetto da sacroileite dx, in cui era presente una evidente

asimmetria della rotazione dell'anca (arto destro, intra 25° e extra 65°; arto sinistro, intra 50° e extra 45°). Trattato con una manipolazione della sacroiliaca e con allungamento degli extrarotatori dell'anca destra in modo assistito in studio e autonomamente a domicilio, il paziente aveva ottenuto un ottimo risultato nel giro di una settimana. A distanza di tre mesi il paziente era completamente asintomatico e l'anca destra presenta una intrarotazione di 45° ed extra di 50°.

Harris-Hayes et al. (2009) confrontando due gruppi di sportivi (uno con cronico LBP e un altro asintomatico di controllo) praticanti sport con rotazioni frequenti, riscontrano una limitazione totale della rotazione dell'anca nei soggetti patologici (54.1° rispetto 61.2°), inoltre i soggetti patologici dimostrano una maggiore asimmetria tra l'arto destro e sinistro.

Oltre alle problematiche dell'ASI collegate all'equilibrio del cingolo pelvico, altre patologie vertebrali hanno origine dal disequilibrio dell'anca. Negli ultimi anni è avvenuto un progressivo fiorire di ricerche sulla correlazione tra mal di schiena (LBP) e l'anca e tale correlazione è così stretta che è stato coniato il termine di Hip-Spine Syndrome (HSS) (Offierski e MacNab 1983).

Le correlazioni studiate sono tra LBP e; 1) l'arco di movimento dell'anca (Fairbank et al. 1984; Ellison et al. 1990; Mellin 1990; Chesworth et al. 1994; Cibulka et al. 1998; Childs et al. 2004; Flynn et al. 2002; Cibulka 1999; Van Dillen et al. 2008; Harris-Hayes et al. 2009; Sjölie 2004; Vad et al. 2004); 2) forza dei muscoli dell'anca (Nadler et al. 2000; Nadler et al. 2001; Nadler et al. 2002; Kankaanpää et al. 1998); 3) la coordinazione temporale tra l'anca, le pelvi e il rachide lombare in movimenti semplici come flettersi (Esola et al. 1996; Porter e Wilkinson 1997) o più complessi come alzarsi da seduto (Shum et al. 2007; Shum et al. 2005).

L'assunto base di questi studi, sulla relazione tra anca e LBP, è che una funzione non ottimale dell'anca può condizionare un alterato meccanismo della regione lombopelvica. Per esempio una limitata rotazione dell'anca come conseguenza di muscoli corti, rigidità capsulare o anormalità ossee possono contribuire alla richiesta di un movimento di compenso nella regione lombopelvica. La maggior parte degli studi che correlano la LBP alle limitazioni di ROM, riportano una limitazione delle rotazione dell'anca bilateralmente. Tale compenso adottato sia per gestualità quotidiane che per gesti sportivi (swing del golf o il rovescio del tennis) può risultare eccessivo sia per i gradi di mobilità richiesta, che per il carico di ripetizioni.

Shum et al. (2005 a; 2005 b) studiando il gesto di mettersi le calze, riscontrano in un gruppo di LBP, rispetto al gruppo di controllo, un maggiore carico rotazionale a livello lombare rispetto all'anca, nei soggetti patologici in confronto ai soggetti sani.

Un'alterata coordinazione può condizionare un incremento di movimento a livello lombo-pelvico anche se il ROM dell'anca non è limitato (Saharmann 2002).

Per Scholtes et al. (2009), valutando soggetti con LBP e sani, sostiene che la problematica è da attribuirsi soprattutto alla mancata coordinazione tra l'anca e le pelvi. Utilizzando un test di rotazione attiva dell'anca con soggetto prono, gli Autori riscontrano che, nei patologici era presente un'anticipata rotazione lombare rispetto ai soggetti non patologici

Possiamo affermare con un buon margine di certezza che esiste una correlazione tra versione del bacino, determinata dai sistemi muscolo-connettivali dell'anca, e il tipo di patologia lombare. Condividiamo completamente il punto di vista della Sahrman (2002) la quale ritiene che la valutazione delle rotazioni e torsioni dell'anca dovrebbero divenire una prassi nella valutazione, non solo del paziente con dolore alle anche ma anche di quello che soffre di schiena.

3.3.3.4 SPONDILOLISI E SPONDILOLISTESI

Come sottolineato da Barrey et al. (2007), un eccessivo angolo di inclinazione pelvica è spesso collegato alla spondilolistesi (SL), invece un ridotto angolo è spesso collegato alla patologia discale.

Il collegamento tra inclinazione pelvica e aumento lineare dell'incidenza delle spondilolisi e spondilolistesi è spesso associato ad una iperlordosi (Rajnic et al. 2002; Labelle et al. 2004; Labelle et al. 2005; Vialle et al. 2007).

Labelle (Labelle et al. 2004; Labelle et al. 2005) riscontra una correlazione lineare tra l'AIP, l'ATP, l' AIS, la lordosi lombare e la gravità della spondilolistesi in 214 pazienti confrontati con 160 soggetti sani.

Nei soggetti che sviluppano una SL gli angoli della curva lombare, l'AIP e l' AIS sono aumentati, mentre quelli della curva dorsale sono ridotti rispetto ai soggetti sani (Vialle et al. 2007; Labelle et al. 2005).

Nelle SL è ancora abbastanza controverso se operare, stabilizzando con dei mezzi di sintesi le vertebre che stanno scivolando, o non operare.

Vialle et al. (2007) suddividono i gradi di SL in 5 gruppi: nei primi tre è presente una tendenza all'orizzontalizzazione del sacro con un AIS superiore al fisiologico; nel IV e V gruppo è presente una retroversione del bacino con un ridotto AIS (fig. 3.3.3.10).

Un recente articolo (Hresko et al. 2007) suddivide le SL gravi in due categorie; in equilibrio (balance) e in non equilibrio (unbalance). Queste due gruppi differivano per la posizione del bacino.

Nel caso di SL stabili, la posizione spaziale del bacino non era molto differente dai soggetti normali (simili ATP e AIS); invece, nei casi instabili, quelli in cui è

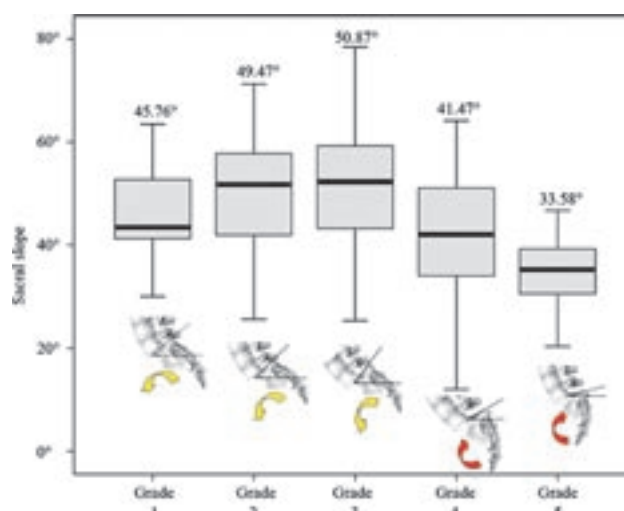


Fig. 3.3.3.10 • Suddivisione della spondilolistesi in 5 gruppi con relativi angoli di AIS (da Vialle et al. 2007 modificato).

indispensabile un intervento chirurgico, presentavano un maggiore grado di retroversione pelvica, indicato da un ATP maggiore della norma (fig. 3.3.3.11). Se permane una fisiologica interdipendenza delle curve vertebrali nella SL, pur se è di un grado elevato, non risulta pericolosa e quindi non necessita di stabilizzazioni chirurgiche.

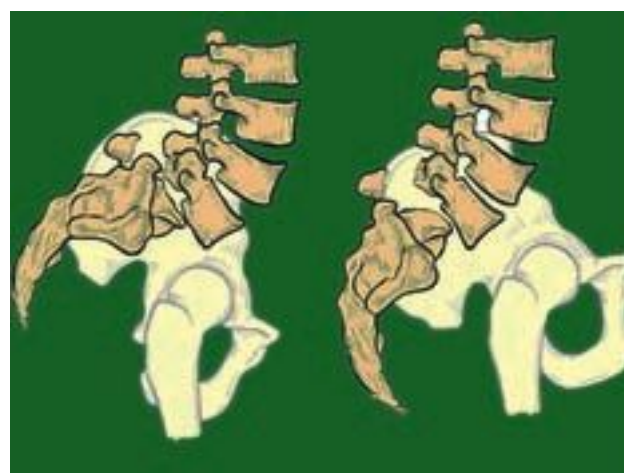


Fig. 3.3.3.11 • Schematizzazione del rapporto sacro-bacino nei gradi estremi della spondilolistesi (grado 4 e 5).

Nel caso, quindi, che in una SL si perda questo equilibrio, cioè alla lordosi lombare non corrisponda una contro curva sacrale ("cifosi sacrale") è indicata un stabilizzazione chirurgica (Mac-Thiong et al. 2008).

Questo nuovo concetto sull'indicazione chirurgica si basa sulla modifica dell'atteggiamento reattivo pelvico e non solo sui gradi di scivolamento anteriore, gradi III, IV e V della classificazione di Meyerding (1956) come proposto in alcuni lavori (Marchetti et al. 1994). Dopo l'intervento di stabilizzazione, in soggetti che

presentavano una SL non in equilibrio (Labelle et al. 2008), è stata evidenziata la tendenza a ristabilire l'armonia delle curve rachidee riducendo l'ATP e aumentando l' AIS (fig. 3.3.3.12).

Il comportamento del bacino che ruota in retroversione nei pazienti con una SL non in equilibrio è di difficile interpretazione. Un AIS accentuato determina un maggiore piano inclinato per L5 con un

incremento del vettore di forza anteriore. La retroversione potrebbe essere un adattamento del corpo a ridurre il pericolo della posizione instabile di L5. Tale adattamento, dopo la stabilizzazione si potrebbe ridurre per una riduzione del pericolo di lesione. Il dubbio che sorge è: nei casi di grave SL instabile che tipo di lavoro conservativo bisogna impostare? Gli Autori sopra citati considerano la retroversione come un elemento aggravante e come tale da limitare. In questo caso bisognerà allungare le catene rette e spirali posteriori e potenziare le anteriori. Ma se consideriamo la retroversione come un compenso del corpo per limitare i danni, tale direzione del bacino andrebbe incrementata potenziando le catene posteriori ed allungando le anteriori.

Il dubbio sul comportamento da adottare è dovuto soprattutto alla difficoltà di capire quale sia l'elemento che innesca la patologia. Le attuali tendenze, focalizzate sull'AIP, portano a considerare la posizione spaziale del sacro rispetto all'ileo il primum movens. Tale posizione tende a modificarsi nei primi 10-14 anni di vita. In tale periodo è come se il sacro si portasse in esagerata flessione e si fissasse in questa abnorme posizione, innescando il compenso a livello lombare (iperlordosi) e a livello dorsale (ipocifosi). Se questa posizione sia dettata dalla conformazione delle faccete articolari o dalla struttura legamentosa è ancora sconosciuto.

La maggior parte dei lavori che hanno affrontato in questa ottica la SL sono molto recenti. Sicuramente

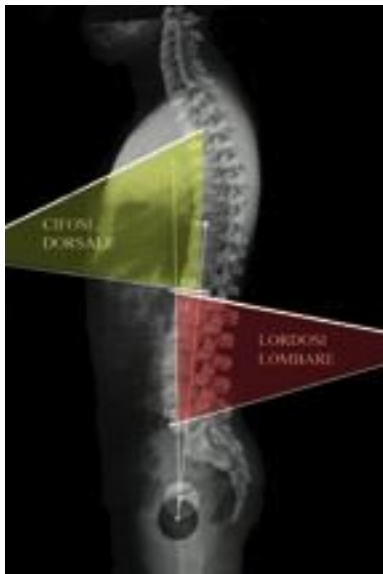


Fig. 3.3.3.12 • Radiogrammi pre e post-operatorio di soggetto operato di stabilizzazione in cui si evidenzia come dopo l'intervento c'è la tendenza a ristabilire una più equilibrata armonia delle curve con una riduzione dell'ATP (PT) e un aumento dell' AIS (SS) (da Labelle et al. 2008).

ci vorranno degli altri studi per permetterci di arrivare a delle conclusioni su come inquadrare la SL sia dal punto eziopatogenetico che terapeutico

3.3.3.5 PATOLOGIA DISCALE

Nell'utilizzo degli indici valutativi dell'equilibrio del bacino e colonna, l'AIP, l' AIS e l'ATP e un appiattimento della lordosi lombare sono stati collegati alle patologie discali (Barrey et al. 2007; Rajnics et al. 2002). Anche in questo caso, come per la SL, l'abnorme verticalità del sacro può innescare un compenso a livello lombare, il quale potrebbe sottoporre i dischi ad anomale pressioni. In questo caso il compenso dell'ileo sull'anca sarà gestito dai muscoli della catena di flessione, retta e spirale anteriore.

È stata riscontrata una correlazione tra appiattimento della lordosi lombare, un incremento dell'ATP e una riduzione di copertura della testa femorale da parte dell'acetabolo (Watanabe et al. 2002). Come abbiamo visto nel capitolo 3.1 una riduzione della copertura acetabolare predispone all'artrosi d'anca.

BIBLIOGRAFIA PATOLOGIA CORRELATA

- Alexander MJL: Biomechanical aspects of lumbar spine injuries in athletes: a review. *Can J Appl Sport Sci.* 1985;10:1-20.
- Amonoo-Kuofi HS: Changes in the lumbosacral angle, sacral inclination and the curvature of the lumbar spine during aging. *Acta Anat (Basel).* 1992;145(4):373-7.
- Asmussen E, Klausen K: Form and function of the erect human spine. *Clin Orthop.* 1962;25:55-63.
- Auerbach BM, Ruff CB: Limb bone bilateral asymmetry: Variability and commonality among modern humans. *J Hum Evol* 2006, 50:203-218.
- Bar-On E, Malkin C, Eilert RE, Luckey D: Hip flexion contracture in cerebral palsy. The association between clinical and radiologic measurement methods. *Clin Orthop Relat Res.* 1992 Aug;(281):97-100.
- Barrey C, Jund J, Noseda O, Roussouly P: Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J.* 2007 Sep;16(9):1459-67.
- Bass SL, Saxon L, Daly RM, Turner CH, Robling AG, Semaan E, Stuckey S: The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri-, and postpubertal girls: A study tennis players. *J Bone Miner Res* 2002, 17:2274-2280.
- Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H; Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *J Spinal Disord Tech.* 2005 Feb;18(1):40-7.
- Boulay C, Tardieu C, Bénaim C, Hecquet J, Marty C, Prat-Pradal D, Legaye J, Duval-Beaupère G, Pélissier J: Three-dimensional study of pelvic asymmetry on anatomical specimens and its clinical perspectives. *J Anat.* 2006 Jan;208(1):21-33.
- Bullock-Saxton J: Postural alignment in standing: A repeatability study. *Aust J Physiother* 1993;39:25-29.
- Burdett RG, Brown KE, Fall MP: Reliability and validity of four instruments for measuring lumbar spine and pelvic positions. *Phys Ther.* 1986; 66(5):677-84.
- Cailliet R: *Low Back Pain Syndrome.* 5th ed. Philadelphia, Pa: FA Davis Co 1995.
- Chesworth BM, Padfield BJ, Helewa A, Stitt LW: A comparison of hip mobility in patients with low back pain matched healthy subjects. *Physiother Can* 1994; 70 (90): 537-41.
- Childs JD, Fritz JM, Flynn TW, et al.: A clinical prediction rule to identify patients with low back pain most likely to benefit from spinal manipulation: a validation study. *Ann Intern Med* 2004;141(12):920-928.
- Cibulka MT, Sinacore DR, Cromer GS, Delitto A: Unilateral hip rotation range of motion asymmetry in patients with sacroiliac joint regional pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998 May 1;23(9):1009-15.
- Cibulka MT: Low back pain and its relation to the hip and foot. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999;29(10):595-601.
- Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, Acaroglu RE, Surat A: The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine* 2005 Jan 1;30(1):93-100.
- Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing.
- Cole AJ, Herring SA, Stratton SA, et al.: Spine injuries in runners: a functional approach. *J Back Musculoskel Rehabil.* 1995;5:317.
- Crosbie J, Vachalathiti R, Smith R: Age, gender, and speed effects on spinal kinematics during walking. *Gait Posture.* 1997;5:13-20.
- Day JW, Smidt GL, Lehmann T: Effect of pelvic tilt on standing posture. *Phys Ther.* 1984 Apr;64(4):510-6.
- Delisle A, Gagnon M, Sicard C: Effect of pelvic tilt on lumbar spine geometry. *IEEE Trans Rehabil Eng.* 1997 Dec;5(4):360-6.
- During J, Goudfrootij H, Keessen W, Beeker TW, Crowe A: Towards standards for posture. Postural characteristics of the lower back system in normal and pathologic conditions. *Spine* 1985;10:83-87.
- Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P: A barycentric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the condition require for a n economic standing position. *Annal Biomed Eng* 1992; 20: 451-462.
- Ellison JB, Rose SJ, Sahrman SA: Patterns of hip rotation range of motion: a comparison between healthy subjects and patients with low back pain. *Phys Ther.* 1990 Sep;70(9):537-41.
- Erickson MF: Aging in the lumbar spine. III. L5. *Am J Phys Anthropol.* 1978;48(2):247-50.
- Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S: Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine* 1996;21(1):71-78.
- Evciik D, Yücel A: Lumbar lordosis in acute and chronic low back pain patients. *Rheumatol Int.* 2003 Jul;23(4):163-5.
- Fairbank JC, Pynsent PB, Van Poortvliet JA, Phillips H: Influence of anthropometric factors and joint laxity in the incidence of adolescent back pain. *Spine* 1984;9(5):461-464.
- Ferguson A B: "The clinical and roentgenographic interpretation of lumbosacral anomalies." *Radiology* 1934; 22:548.
- Fernand R, Fox DE: Evaluation of lumbar lordosis. A prospective and retrospective study. *Spine* 1985;10(9):799-803.
- Floyd WF, Silver PH: The function of the erectors spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol.* 1955 Jul 28;129(1):184-203.
- Flynn T, Fritz J, Whitman J, Wainner R, Magel J, Rendeiro D, Butler B, Garber, M, Allison S: A clinical prediction rule for classifying patients with low back pain who demonstrate short-term improvement with spinal manipulation. *Spine* 2002;27(24):2835-2843.
- Franz JR, Paylo KW, Dicharry J, Riley PO, Kerrigan DC: Changes in the coordination of hip and pelvis kinematics with mode of locomotion. *Gait Posture.* 2009 Apr;29(3):494-8.
- Gardocki RJ, Watkins RG, Williams LA: Measurements of lumbopelvic lordosis using the pelvic radius technique as it correlates with sagittal spinal balance and sacral translation. *Spine J.* 2002 Nov-Dec;2(6):421-9.
- Grgi V: Iliopsoas muscle syndrome. Functional disorders: shortening, spasm and weakness of a structurally unchanged muscle. *Lijec Vjesn.* 2009 Mar-Apr;131(3-4):81-6.
- Guigui P, Levassor N, Rillardon L, Wodecki P, Cardinne L: Physiological value of pelvic and spinal parameters of sagittal balance: analysis of 250 healthy volunteers-*Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2003 Oct;89(6):496-506.
- Guten G: Herniated lumbar disk associated with running: a review of 10 cases. *Am J Sports Med.* 1981;9:155-159.
- Harris-Hayes M, Sahrman SA, Van Dillen LR: Relationship between the hip and low back pain in athletes who participate in rotation-related sports. *J Sport Rehabil.* 2009 Feb;18(1):60-75.
- Heino JG, Godes JJ, Carter CL: Relationship between Hip Extension Range of Motion and Postural Alignment. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1990;12(6):243-7.
- Hresko MT, Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E: Classification of high-grade spondylolistheses based on pelvic version and spine balance: possible rationale for reduction. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007 Sep 15;32(20):2208-13.
- Ingber RS: Iliopsoas myofascial dysfunction: a treatable cause of "failed" low back syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 1989 May;70(5):382-6.
- Jackson DW, Sutker AN: Low back problems in runners. In: Mack RP, ed. *American Academy of Orthopaedic Surgeons symposium on the foot and leg in running sports.* St Louis:

- CV Mosby Co, 1982:123–34.
- Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, Hale: Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Aug 15;23(16):1750-67.
- Jull GA, Janda V: Muscles and motor control in low-back pain: assessment and management. In: Twomey LT, Taylor JR, eds. *Physical Therapy of the Low Back*. New York, NY: Churchill Livingstone Inc; 1987:253–278.
- Kankaanpää M, Taimela S, Laaksonen D, Hänninen O, Airaksinen O: Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain patients and controls. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79(4):412-7.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance P: *Muscles, Testing and Function: With Posture and Pain*. 4th ed. Baltimore, Md: Williams & Wilkins; 1993.
- Kendall FP, McCreary EK: *Muscles, Testing and Function*. 3rd ed. Williams and Wilkins, Baltimore 1983.
- Kerrigan DC, Ehrerenthal SA: A maladaptive gait abnormality in patients with lumbosacral spinal stenosis. *J Back Musculoskel Rehabil* 1996; 7: 53-57.
- Kerrigan DC, Lee LW, Collins JJ, Riley PO, Lipsitz LA: Reduced hip extension during walking: healthy elderly and fallers versus young adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001 Jan;82(1):26-30.
- Kerrigan DC, Xenopoulos-Oddsson A, Sullivan MJ, Lelas JJ, Riley PO: Effect of a hip flexor-stretching program on gait in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003 Jan;84(1):1-6.
- Kisner C, Colby LA: *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques*. 3rd ed. Philadelphia, Pa: FA Davis Co; 1996.
- Kobayashi T, Atsuta Y, Matsuno T, Takeda N: A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. *Spine* 2004; 29:671–676.
- Korovessis PG, Stamatakis MV, Baikousis AG: Reciprocal angulation of vertebral bodies in the sagittal plane in a asymptomatic greek population. *Spine* 1998; 23:700–704.
- Krawiec CJ, Denegar CR, Hertel J, Salvaterra GF, Buckley WE: Static innominate asymmetry and leg length discrepancy in asymptomatic collegiate athletes. *Man Ther* 2003; 8: 207–213.
- Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J, O'Brien M: The importance of spino-pelvic balance in L5-s1 developmental spondylolisthesis: a review of pertinent radiologic measurements. *Spine* 2005; 15;30(6 Suppl):S27-34.
- Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Transfeldt E, O'Brien M, Chopin D, Hresko T, Dimnet J: Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study. *Spine* 2004; 15;29(18):2049-54.
- Labelle H, Roussouly P, Chopin D, Berthonnaud E, Hresko T, O'Brien M: Spino-pelvic alignment after surgical correction for developmental spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2008 Sep;17(9):1170-6.
- Lee LW, Kerrigan DC, Della Croce U: Dynamic implications of hip flexion contractures. *Am J Phys Med Rehabil*. 1997 Nov-Dec;76(6):502-8.
- Lee LW, Kerrigan DC: Dynamic hip flexion contractures. *Am J Phys Med Rehabil*. 2004 Aug;83(8):658.
- Lee LW, Zavarei K, Evans J, Lelas JJ, Riley PO, Kerrigan DC: Reduced hip extension in the elderly: dynamic or postural? *Arch Phys Med Rehabil*. 2005 Sep;86(9):1851-4.
- Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C: Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998; 7:99–103.
- Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C: Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998; 7:99–103.
- Legaye J, Hecquet J, Marty C, Duval-Beaupère G: Equilibre sagittal du rachis. Relations entre bassin et courbures rachidiennes sagittales en position debout. *Rachis* 1993; 5:215–226.
- Levine D, Colston MA, Whittle MW, Pharo EC, Marcellin-Little DJ: Sagittal lumbar spine position during standing, walking, and running at various gradients. *J Athl Train*. 2007 Jan-Mar;42(1):29-34.
- Levine DJ, Randy Walker JR, Tillman LJ: The effect of abdominal muscle strengthening on pelvic tilt and lumbar lordosis. *Physiotherapy Theory and Practice* 1997;13 (3): 217-226.
- Levine D, Whittle MW: The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1996;24(3):130-5.
- Lindh M: The effect of sagittal curve changes on the brace correction of idiopathic scoliosis. *Spine* 1980; 5:26-36.
- Livshits G, Yakovenko K, Kletselman L, Karasik D, Kobylansky E: Fluctuating asymmetry and morphometric variation of hand bones. *Am J Phys Anthropol* 1998, 107:125-136.
- Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR 2nd, Betz RR, Labelle H: Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine* 2004 1;29(15):1642-7.
- Mac-Thiong JM, Wang Z, de Guise JA, Labelle H: Postural model of sagittal spino-pelvic alignment and its relevance for lumbosacral developmental spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 1;33(21):2316-25.
- Mann R, Moran G, Dougheriy S: Comparative electromyography of the lower extremity in jogging, running and sprinting. *Am J Sports Med* 1986; 14(6) 501-510.
- Marchetti PG, Binazzi R, Briccoli A, Vaccari V, Borelli P, De Zerbi M, Manca A, Landi S: The surgical treatment of spondylolisthesis. *Chir Organi Mov*. 1994 Jan-Mar;79(1):85-91.
- Marty C, Boisauvert B, Descamps H, Montigny JP, Hecquet J, Legaye J: The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients. *Eur Spine J* 2002; 11:119–125.
- McGregor AH, Hukins DW: Lower limb involvement in spinal function and low back pain. *J Back Musculoskeletal Rehabil*. 2009;22(4):219-22.
- Mellin G: Decreased joint and spinal mobility associated with low back pain in young adults. *J Spinal Disord* 1990;3(3):238–243.
- Meyerding HWJ: Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *Int Coll Surg*. 1956 Nov;26(5 Part 1):566-91.
- Moore KL: *Clinically Oriented Anatomy*. 2nd ed. Williams & Wilkins; Baltimore, Md 1985.
- Nadler SF, Malanga GA, Bartoli LA, Feinberg JH, Prybicien M, DePrince M: Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc*. 2002 Jan;34(1):9-16.
- Nadler SF, Malanga GA, DePrince M, Stitik TP, Feinberg JH: The relationship between lower extremity injury, low back pain, and hip muscle strength in male and female collegiate athletes. *Clin J Sport Med*. 2000 Apr;10(2):89-97.
- Nadler SF, Malanga GA, Feinberg JH, Prybicien M, Stitik TP, DePrince M: Relationship between hip muscle imbalance and occurrence of low back pain in collegiate athletes: a prospective study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001 Aug;80(8):572-7.
- Nilsson J, Thorstensson A, Halbertsma J: Changes in leg movements and muscle activity with speed of locomotion and mode of progression in humans. *Acta Physiol Scand* 1985; 123 (4): 457-475.
- Norkin CC, Levangie P: *Joint structure and function: A comprehensive analysis (2nd Ed)* Philadelphia: F.A. Davis Company 1992.
- Offierski CM, MacNab I: Hip-spine syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983 Apr;8(3):316-21.
- Porter JL, Wilkinson A: Lumbar-hip flexion motion. a comparative study between asymptomatic and chronic low back pain in 18-to 36-year-old men. *Spine* 1997;22(13):1508–1513.

- Preece SJ, Willan P, Nester CJ, Graham-Smith P, Herrington L, Bowker P: Variation in pelvic morphology may prevent the identification of anterior pelvic tilt. *J Man Manip Ther.* 2008;16(2):113-7.
- Rajnic P, Templier A, Skalli W, Lavaste F, Illes T: The importance of spinopelvic parameters in patients with lumbar disc lesions. *Int Orthop.* 2002;26(2):104-8.
- Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet R: Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005 Feb 1;30(3):346-53.
- Sahrmann SA: *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes.* Mosby, St. Louis, 2002.
- Samaha AA, Ivanov AV, Haddad JJ, Kolesnik AI, Baydoun S, Arabi MR, Yashina IN, Samaha RA, Ivanov DA: Asymmetry and structural system analysis of the proximal femur meta-epiphysis: osteoarticular anatomical pathology. *J Orthop Surg Res.* 2008 Feb 27;3:11.
- Saunders SW, Schache A, Rath D, Hodges PW: Changes in three dimensional lumbo-pelvic kinematics and trunk muscle activity with speed and mode of locomotion. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005 Oct;20(8):784-93.
- Shum GL, Crosbie J, Lee RY: Effect of low back pain on the kinematics and joint coordination of the lumbar spine and hip during sit-to-stand and stand-to-sit. *Spine* 2005;30(17):1998-2004.
- Shum GL, Crosbie J, Lee RY: Three-dimensional kinetics of the lumbar spine and hips in low back pain patients during sit-to-stand and stand-to-sit. *Spine* 2007;32(7):E211-E219.
- Sinnatamby CS: *Last's Anatomy: Regional and Applied.* 10th ed. London, UK: Churchill Livingstone, 1999.
- Sjolie AN: Low-back pain in adolescents is associated with poor hip mobility and high body mass index. *Scand J Med Sci Sports.* 2004;14(3):168-75.
- Slocum DB, James SL: Biomechanics of running. *JAMA* 1968;205:721-8.
- Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon G, Costanzo G, Dimnet J, Pasquet A: Reciprocal angulation of vertebralbodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine* 1982; 7:335-342.
- Sykes K: Technique and observation of angular gait patterns in running. *Br J Sports Med* 1975; 9: 181-186.
- Troyanovich SJ, Cailliet R, Janik TJ, Harrison DD, Harrison DE: Radiographic mensuration characteristics of the sagittal lumbar spine from a normal population with a method to synthesize prior studies of lordosis. *J Spinal Disord.* 1997 Oct;10(5):380-6.
- Vad VB, Bhat AL, Basrai D, Gebeh A, Aspergren DD, Andrews JR: Low back pain in professional golfers: the role of associated hip and low back range-of-motion deficits. *Am J Sports Med.* 2004 Mar;32(2):494-7.
- Van Dillen LR, Bloom NJ, Gombatto SP, Susco TM: Hip rotation range of motion in people with and without low back pain who participate in rotation-related sports. *Phys Ther Sport.* 2008 May;9(2):72-81.
- Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J: Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J* 2002; 11:80-87.
- Vialle R, Ilharreborde B, Dauzac C, Lenoir T, Rillardon L, Guigui P: Is there a sagittal imbalance of the spine in isthmic spondylolisthesis? correlation study. *Eur Spine J.* 2007 Oct;16(10):1641-9.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P: Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am.* 2005 Feb;87(2):260-7.
- Walker ML, Rothstein JM, Finucane SD, Lamb RL: Relationships between lumbar lordosis, pelvic tilt, and abdominal muscle performance. *Phys Ther.* 1987 Apr;67(4):512-6.
- Walters E, Partridge MJ: Study of the differential action of the abdominal muscles during exercise. *Am J Phys Med* 1957; 36:259-268.
- Watanabe W, Sato K, Itoi E, Yang K, Watanabe H: Posterior pelvic tilt in patients with decreased lumbar lordosis decreases acetabular femoral head covering. *Orthopedics.* 2002;25(3):321-4.
- Youdas JW, Garrett TR, Egan KS, Therneau TM: Lumbar lordosis and pelvic inclination in adults with chronic low back pain. *Phys Ther.* 2000;80(3):261-75.
- Youdas JW, Garrett TR, Harmsen S, Suman VJ, Carey JR: Lumbar lordosis and pelvic inclination of asymptomatic adults. *Phys Ther.* 1996 Oct;76(10):1066-81.