

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in fisioterapia

*Interdipendenza regionale: un nuovo modello
valutativo/interpretativo. Le relazioni tra anca e
cingolo pelvico---revisione sistematica della
letteratura*

Tesi di Laurea in chinesologia

Presentata da:

Relatore:

Chiar.mo prof.

Mattioli Miceli Veronica Giovanna

Villani Giovanni

Sessione I

Anno Accademico 2021/2022

ABSTRACT

Obiettivo: valutare nella popolazione generale l'effetto del tilt pelvico rispetto all'antiversione del collo femorale, all'antiversione dell'acetabolo e all'adattamento dell'anca nei tre piani dello spazio (orizzontale, frontale e sagittale) secondo il concetto dell'interdipendenza regionale.

Metodi: la ricerca delle fonti è avvenuta da maggio ad ottobre 2022 nelle principali banche dati elettroniche biomediche: Pubmed, Cochrane Library, PEDro e CINAHL. Si sono scelti gli studi conformi con il P.E.O di ricerca: **Popolazione** = tutti (adulto e adolescente), **Esposizione** = modificazioni del tilt pelvico, **Outcome** = aumento/diminuzione dell'antiversione dell'acetabolo e del collo femorale; aumento/diminuzione del rom dell'anca nei tre piani dello spazio. Il rischio di bias è stato valutato tramite due scale: la Minors Scale Modificata per gli studi prospettici e cross-sectional e la PEDro Scale per l'RCT.

Risultati: otto studi sono stati suddivisi in tre gruppi:

Il primo gruppo di studi permette di osservare l'effetto del tilt pelvico (o dei parametri ad esso associati) rispetto all'antiversione dell'acetabolo e alla mobilità dell'anca, facendo emergere che la retroversione del bacino aumenta l'antiversione acetabolare e l'estensione dell'anca.

Nel secondo gruppo di studi è stato evidenziato che l'aumento dell'antiversione femorale porta ad una rotazione interna dell'anca più pronunciata durante il cammino, ad una diminuzione dei bracci di leva abduttivi e ad un aumento delle forze di contatto. I pazienti reclutati in questo studio presentavano un aumento del rom in rotazione interna dell'anca di 13° (95%CI: 7°-19°), una diminuzione del rom in rotazione esterna di 19° (CI: 13°,25°), un aumento del rom in abduzione di 11° (95% CI: 6°, 16°) e un aumento del rom in estensione di ginocchio di 4° (95% CI:2°, 6°) rispetto ai soggetti di controllo.

Il terzo gruppo di studio non ha riportato nessuna relazione tra antiversione femorale e acetabolare nei soggetti affetti da coxartrosi. D'altro canto, è possibile che la correlazione ricercata non sia stata trovata proprio perché il campione esaminato in questo studio presentava coxartrosi, elemento che potrebbe essere espressione di un non corretto adattamento tra anca e bacino. Dunque, questo ragionamento porta a non escludere una relazione lineare tra antiversione/retroversione del bacino, torsione del femore e grado di mobilità dell'anca nei tre piani dello spazio.

Conclusioni: la retroversione del bacino aumenta l'antiversione acetabolare e l'estensione dell'anca; l'aumento dell'antiversione del collo femorale è comunemente associato ad una maggiore rotazione interna dell'anca sia in stazione eretta che durante l'andatura, agendo come strategia compensativa per la diminuzione dei bracci di leva dei muscoli abduuttori dell'anca. Non ci sono elementi per trarre conclusioni sulla relazione tra il grado di versione del bacino, l'antiversione del collo femorale e la mobilità dell'anca nel piano orizzontale e frontale.

ABSTRACT

Objectives: evaluate in the general population the effect of pelvic tilt with respect to anteversion of the femoral neck, anteversion of the acetabulum and adaptation of the hip in the three planes of space (horizontal, frontal, and sagittal) according to the concept of regional interdependence.

Methods: the search for sources took place from May to October 2022 in the main biomedical electronic databases: Pubmed, Cochrane Library, PEDro and CINAHL. Studies compliant with the research P.E.O were chosen **Population** = all (adult and adolescent), **Exposure** = changes pelvic tilt, **Outcome:** increase / decrease of the anteversion of the acetabulum and of the femoral neck; increase / decrease in the rom of the hip in the three planes of space. The risk of bias was assessed using two scales: the Modified Minors Scale for prospective and cross-sectional studies and the PEDro Scale for RCT.

Results: eight studies were divided into three groups:

The first group of studies allows us to observe the effect of pelvic tilt (or the parameters associated with it) with respect to acetabular anteversion and hip mobility, showing that pelvic retroversion increases acetabular anteversion and hip extension.

In the second group of studies it was found that the increase in femoral anteversion leads to a more pronounced internal rotation of the hip during walking, a decrease in the abductive lever arms and an increase in contact forces. Patients recruited in this study had an increase in rom in internal rotation of the hip of 13 ° (95% CI: 7 °, 19 °), a decrease in rom in external rotation of 19 ° (CI: 13 °, 25 °) an increase in rom abduction of 11 ° (95% CI: 6 °, 16 °) and an increase in rom in knee extension of 4 ° (95% CI: 2 °, 6 °) compared to control subjects.

The third study group did not report any relationship between femoral and acetabular anteversion in subjects affected by coxarthrosis. On the other hand, it is possible that the correlation sought was not found precisely because the sample examined in this study presented coxarthrosis, an element that could be an expression of an incorrect adaptation between hip and

pelvis. Therefore, this reasoning leads not to exclude a linear relationship between anteversion/retroversion of the pelvis, torsion of the femur and degree of mobility of the hip in the three planes of space.

Conclusions: retroversion of the pelvis increases acetabular anteversion and hip extension; increased anteversion of the femoral neck is commonly associated with greater internal rotation of the hip both in standing position and during gait, acting as a compensatory strategy for the decrease in the lever arms of the hip abductor muscles. There are no elements to draw conclusions on the relationship between the degree of version of the pelvis, the anteversion of the femoral neck and the mobility of the hip in the horizontal and frontal plane.

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	6
2. MATERIALI E METODI	10
2.1. Criteri di eleggibilità	11
2.2. Fonti d'informazione	11
2.3. Strategie di ricerca	11
2.4. Processo di selezione	12
2.5. Processo di raccolta dati.....	12
2.6. Valutazione del rischio di bias	12
2.7. Analisi e sintesi dei dati	13
3. RISULTATI	14
3.1. Selezione degli studi	14
3.2. Caratteristiche degli studi	16
3.2.1 Articolo 1.....	16
3.2.2 Articolo 2.....	21
3.2.3 Articolo 3	25
3.2.4 Articolo 4.....	30
3.2.5 Articolo 5.....	37
3.2.6 Articolo 6.....	44
3.2.7 Articolo 7	48
3.2.8 Articolo 8	50
3.3 Tabella sinottica	54
3.4 Rischio di bias degli studi.....	56
4. DISCUSSIONE	58
4.1 Interpretazione dei risultati.....	58
5. CONCLUSIONI	60
6. BIBLIOGRAFIA	62
7. ALLEGATI	64
8. APPENDICI	66
8.1. Appendice 1: strategia di ricerca PubMed	66
8.2. Appendice 2: strategia di ricerca Cochrane Library	66
8.3. Appendice 3: strategia di ricerca PEDro	67
8.4. Appendice 4: strategia di ricerca CINAHL	67

INTRODUZIONE

Il termine "interdipendenza regionale" (RI) è relativamente nuovo e la letteratura con riferimento diretto al suo utilizzo è alquanto limitata. Nel 1955 Steindler descrive il corpo come una serie di articolazioni interconnesse in cui il movimento di una influisce direttamente sul movimento dell'articolazione posta sopra e sotto. Il suo modello si basa principalmente sulla relazione biomeccanica tra le regioni del corpo ^[1], ovvero valutando ad esempio la pelvi, è possibile riscontrare alterazioni biomeccaniche in aree diverse come l'anca e il ginocchio ^[1]. Il modello RI ha le sue radici nella pratica clinica ed è stato utilizzato principalmente per supportare il processo decisionale clinico. Infatti, Vaughn ha evidenziato l'importanza dell'esame regionale nella valutazione dell'utente, illustrando il concetto di interdipendenza regionale, in cui diverse strutture, apparentemente non correlate e localizzate a distanza, possono contribuire o essere associate al disturbo principale del paziente ^[2]. A sostegno dell'importanza dell'interdipendenza regionale nella valutazione, lo studio di Daniel W. Vaughn ^[3] dimostra come un problema clinico apparentemente comune, come il dolore al ginocchio aspecifico, sia dovuto in questo caso ad una disfunzione della sacroiliaca.

In ambito clinico, in funzione dell'anamnesi e dell'esame obiettivo, la conoscenza delle componenti anatomiche e del loro contributo all'architettura e alla stabilità del bacino e dell'articolazione dell'anca, risulta indispensabile per una corretta valutazione funzionale ^[4]. Innanzitutto, il bacino è formato dall'osso sacro, dal coccige e da due os coxae composte da tre parti: l'ischio, l'ileo e il pube. Le articolazioni all'interno della pelvi sono: inferiormente tra l'osso sacro e il coccige (sinfisi sacrococcigea), posteriormente tra l'osso sacro e ciascun ileo (articolazione sacroiliaca) e anteriormente tra i corpi pubici (sinfisi pubica) ^[5]. La pelvi agisce come un'unità versatile sia nel segmento spinale che nell'articolazione dell'anca, collegando contemporaneamente la colonna vertebrale e le anche. Quest'ultima struttura anatomica è responsabile del trasferimento del peso corporeo dallo scheletro assiale agli arti inferiori e agisce come un'articolazione sferica multi-assiale ^[6], consentendo i movimenti all'interno del piano sagittale, frontale e trasversale. L'articolazione dell'anca è costituita dall'acetabolo, che presenta una cartilagine articolare a forma di ferro di cavallo e dalla testa del femore, che si articola con l'os coxae ^[5]. L'orientamento normale dell'acetabolo è descritto sul piano frontale come ruotato di circa 20°–40° rispetto alla verticale e di 20°–30° anteriormente, per fornire la massima stabilità medialmente, superiormente e posteriormente all'articolazione. Oltre alla stabilità ossea, altre strutture tra cui il labbro acetabolare, i legamenti e la capsula articolare, nonché i muscoli (come, ad esempio, piccolo e medio gluteo, ileopsoas e rotatori esterni profondi) forniscono stabilità anteriormente e lateralmente all'articolazione femoro-acetabolare ^[5]. Variazioni specifiche nella struttura dell'acetabolo, che si notano più spesso nel genere femminile rispetto a quello maschile, possono contribuire ad alterare i movimenti pelvici oltre che all'insorgenza di dolore ^[5]. Infatti, l'orientamento acetabolare è una caratteristica morfologica chiave sia per le funzioni che per i sintomi relativi all'articolazione dell'anca legati ad una patologia articolare nativa o a complicanze delle articolazioni artificiali ^[7]. Presenta variabilità intra-individuale e potrebbe subire variazioni a seconda dell'orientamento pelvico ^[7].

L'adattamento dell'acetabolo al collo e alla testa del femore influenza la biomeccanica dell'anca. Numerosi ricercatori si sono occupati dell'antiversione femorale tralasciando quella acetabolare ^[8].

Uno studio preliminare di S. Zilber et al. ^[9] afferma che l'acetabolo è solitamente anteverso, quando è orientato lateralmente e in avanti e retroverso se è orientato lateralmente e all'indietro. La misurazione dell'antiversione acetabolare è stata semplificata con lo sviluppo della tomografia computerizzata ma i valori disponibili in letteratura non sono sempre accompagnati da misurazioni dell'inclinazione dorso-ventrale del bacino, che dipende dalla postura del soggetto.

La definizione di tilt pelvico (TP), attualmente più utilizzata in letteratura (Hresko et al. 2007), 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). Un angolo elevato è indice di una retroversione pelvica, mentre un ridotto angolo è indice di antiversione ^[6-10]. L'angolo d'inclinazione sacrale (IS), in letteratura riportato anche come angolo di 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 di riferimento ^[6-10] (vedi allegato I). L'incidenza pelvica (IP) è un importante parametro morfologico che influenza sia i fattori posizionali della colonna vertebrale e dell'anca, sia l'equilibrio sagittale e i sintomi clinici, come, ad esempio, il dolore lombare ^[11]. L'IP dipende dalla posizione del sacro rispetto all'articolazione coxo-femorale ed è strettamente collegata all'IS e TP, infatti, l'ampiezza dell'IP è data dalla somma aritmetica del TP più l'IS. Questi ultimi due sono parametri posizionali inversamente correlati, infatti al crescere di uno si riduce l'altro ^[6-10]. Soggetti con un basso angolo di IP presentano un ridotto diametro antero-posteriore, che porta allo sviluppo prettamente verticale della pelvi, invece, i soggetti con un elevato angolo IP presentano uno sviluppo prettamente orizzontale della pelvi ^[6-10]. La possibilità di rotazione delle pelvi sulle teste femorali è uno dei migliori meccanismi di regolazione dell'equilibrio sagittale. Idealmente nei soggetti non patologici il limite massimo dell'angolo TP deve essere minore del 50% dell'angolo IP (Mac-Thiong et al. 2010); allo stesso modo, il valore ideale dell'angolo IS deve essere maggiore del 50% dell'angolo IP ^[10].

Forze intra-articolari aumentate o anormali possono portare a danni strutturali della cartilagine articolare, perdita di integrità articolare e degenerazione dei tessuti, quindi ad osteoartrosi dell'anca (OA). Le forze meccaniche alterate in aree localizzate della cartilagine sono spesso determinate sia da un carico complessivamente eccessivo, dovuto ad esempio all'obesità, sia da anomalie morfologiche nelle strutture articolari dell'anca come, ad esempio, la displasia dell'anca e la sindrome da conflitto femoro-acetabolare (FAI). Tuttavia, altre caratteristiche morfologiche, come la torsione femorale, possono contribuire all'insorgenza dell'OA dell'anca, poiché può esacerbare o compensare gli effetti di una deformità cam/pincer della FAI sul carico cartilagineo dell'anca e del femore prossimale ^[11]. L'antiversione del collo femorale (FNA), detta anche torsione femorale o versione femorale, è l'angolo compreso tra la proiezione di due linee nel piano assiale perpendicolare alla diafisi femorale; una linea passa attraverso la regione prossimale del collo del femore e l'altra attraverso la regione condilare distale, che indica il grado di "torsione" del femore ^[12-13] (vedi allegato 3). La FNA anormale modifica la

biomeccanica dell'anca, alterando i bracci di leva muscolari, le forze di contatto dell'anca e le forze di taglio del collo del femore, che possono contribuire allo sviluppo di un'ampia gamma di disturbi scheletrici (come riportato precedentemente l'osteoartrosi dell'anca) e alterare la cinematica degli arti inferiori ^[13]. La combinazione di cinematica alterata e della geometria ossea porta ad una maggiore produzione di forza da parte dei muscoli dell'anca, con un aumento significativo delle due componenti della forza: quella di compressione e quella di taglio ^[14]. L'aumento della torsione femorale è stato anche associato a complicazioni nelle articolazioni adiacenti; infatti l'incremento del carico sull'articolazione femoro-rotulea medio laterale, combinata ad una lassità legamentosa, può spiegare l'insorgenza di dolore al ginocchio e l'instabilità rotulea nei soggetti che presentano tali condizioni ^[11-14].

L'FNA cresce in linea con la cartilagine di accrescimento, la quale sembra adattarsi alle forze meccaniche che agiscono sul femore prossimale durante il movimento, aumentando in questo modo l'FNA durante la gestazione a più di 30° e successivamente diminuendolo costantemente (15°) fino al completamento della crescita ^[13]. Questa diminuzione è meno pronunciata o assente negli individui con condizioni che causano disturbi neuromuscolari e motori come, ad esempio, la paralisi cerebrale. Infatti, diversi studi ^[11-14] hanno riportato la relazione tra deformità torsionali, disturbi dell'andatura e dolori articolari nei bambini con paralisi cerebrale. L'aumento dell'antiversione del collo femorale associata all'aumento della torsione tibiale esterna è comunemente indicata come sindrome da disallineamento rispetto all'asse del tronco. Questo disallineamento permette di mantenere le relazioni geometriche tra bacino e femore prossimale ed è generalmente sintomatico ^[16]. Il trattamento è solitamente l'osteotomia derotazionale del femore e della tibia, suggerita solo in caso di condizioni disabilitanti ^[13]. Tuttavia, nei soggetti con torsione idiopatica, il disallineamento torsionale viene valutato solo come un problema estetico.

Le caratteristiche biomeccaniche dell'anca da tenere in considerazione sono la mobilità e la simmetria dell'anca stessa. La rigidità dell'anca è associata allo sviluppo successivo di lesioni croniche all'inguine e può essere un fattore di rischio per lo sviluppo di patologie future. Oltretutto, la mobilità anormale dell'anca può anche compromettere la normale biomeccanica di altre parti del corpo, come, ad esempio, nel caso dei lanciatori di baseball ^[17] l'articolazione gleno-omeroale. Ciò può aumentare il potenziale rischio di lesioni nel quarto superiore, perché durante il momento del lancio della palla, l'alterato range di rotazione esterna dell'anca ha un effetto diretto sul range di adduzione orizzontale della spalla. Inoltre, McCulloch et al. ^[17] hanno scoperto che la rotazione dell'anca, nei lanciatori professionisti, può essere asimmetrica, il che può contribuire allo sviluppo di adattamenti specifici per lo sport che possono perpetuare ulteriormente l'irritazione dei tessuti circostanti dell'anca e della parte bassa della schiena, soprattutto nei soggetti con uno scarso controllo lombo-pelvico. Van Dillen et al. ^[17] hanno anche scoperto che gli individui con lombalgia spesso hanno una rotazione passiva dell'anca limitata e asimmetrica. La stretta vicinanza dell'anca alla regione lombo-pelvica può predisporre la zona lombare a forze di rotazione eccessive quando le regioni più prossimali devono compensare la rotazione limitata delle anche.

Negli ultimi tempi, si è riconosciuta maggiormente l'importanza clinica dei parametri di allineamento spino-pelvico sagittale e posturale, soprattutto in caso di deformità spinale dell'adulto (ASD) ^[18]. La considerazione dell'allineamento sagittale nella pianificazione del trattamento di tale patologia si è rivelata cruciale, poiché ha un effetto significativo sulla cinematica e sulla cinetica dell'andatura e di conseguenza, il suo ripristino è stato correlato con una migliore prognosi e una migliore qualità di vita del soggetto ^[18]. Studi recenti si sono concentrati sull'instabilità dell'artroplastica totale dell'anca in pazienti con patologie sia della colonna lombare che dell'anca ^[7]. Sono stati proposti due meccanismi patologici riguardanti il modo in cui il disallineamento della colonna vertebrale aumenta il rischio di lussazione dopo l'artroplastica dell'anca. In primo luogo, la patologia o la fusione spinale impediscono al bacino, nel passaggio dalla posizione eretta alla posizione seduta, di inclinarsi abbastanza da liberare il labbro anteriore della coppa acetabolare ^[7]. In secondo luogo, la posizione anormale del bacino (inclinazione pelvica anormale) causa un mal posizionamento della coppa acetabolare nell'artroplastica totale dell'anca, anche se i componenti sono posizionati correttamente secondo la "zona sicura" proposta da Lewinnek ^[7].

Pertanto, alla luce delle considerazioni fino ad ora esposte risulta evidente che, ai fini clinici, è di fondamentale importanza studiare in maniera sistematica le correlazioni meccanico/funzionali tra il cingolo pelvico e l'articolazione dell'anca. Quindi seguendo i principi dell'interdipendenza regionale, questa revisione sistematica si pone come obiettivo quello di analizzare la relazione tra la modifica del tilt pelvico (o i parametri ad esso associati) e una serie di caratteristiche biomeccaniche dell'anca: antiversione del collo femorale, antiversione dell'acetabolo e mobilità dell'anca sui diversi piani dello spazio (orizzontale, frontale e sagittale).

2 MATERIALI E METODI

Quesito in forma esplicita: *“Nella popolazione generale, come variano l’orientamento dell’acetabolo, la torsione femorale e l’articolari  dell’anca nei tre piani dello spazio al variare del tilt pelvico (o dei parametri ad esso associati)?”*

P.E.O in forma esplicita in italiano

Popolazione	Tutti (adulto e adolescente)
Esposizione	Modificazioni del tilt pelvico (o dei parametri ad esso associati)
Outcome	-Aumento/diminuzione dell’antiversione dell’acetabolo e del collo femorale. -Aumento/diminuzione del rom dell’anca nei tre piani dello spazio

P.E.O in forma esplicita in inglese

P	All (adult and adolescent)
E	Changes pelvic tilt (or the parameters associated with it)
O	-Increase / decrease of the anteversion of the acetabulum and of the femoral neck. -Increase / decrease of the rom of the hip in the three planes of space

2.1 CRITERI DI ELEGGIBILITA' DEGLI STUDI

<i>CRITERI DI INCLUSIONE</i>	<i>CRITERI DI ESCLUSIONE</i>
Cross-sectional	Studi sperimentali, quasi-sperimentali e osservazionali (descrittivi e analitici)
Lingua inglese	Studi scritti non in lingua inglese
Età: 10-80 anni	Età <10 anni e >80 anni
-Studi in cui si osserva l'effetto della modifica del tilt pelvico (o dei parametri ad esso associati) rispetto all'antiversione del collo femorale, l'antiversione dell'acetabolo e l'adattamento dell'anca nei tre piani dello spazio.	Persone con pregressi interventi chirurgici

2.2 FONTI D'INFORMAZIONE

La ricerca delle fonti è avvenuta da maggio a settembre 2022 nelle principali banche dati elettroniche biomediche: Pubmed, Cochrane Library, PEDro e CINAHL. Per accedere a tutti i full-text delle risorse elettroniche ad accesso riservato si è utilizzato EZproxy dell'Università di Bologna. I termini MeSH sono stati cercati nel MeSH Database o Thesaurus all'interno della banca dati Pubmed e della Cochrane Library. Sono stati consultati i dizionari online WordReference e Dictionary Cambridge per tradurre i termini del PEO in inglese e per la ricerca dei sinonimi.

2.3 STRATEGIE DI RICERCA

Si è cercato il più possibile di condurre una ricerca sensibile e specifica per trovare gli articoli più pertinenti all'argomento trattato. La stringa di ricerca è stata strutturata seguendo un approccio di tipo PEO con keyword e MeSH terms in lingua inglese utilizzando: parentesi, operatori booleani ("AND" e "OR"), virgolette e troncamenti. Per trovare l'iniziale stringa, nella ricerca semplice, sono state utilizzate queste parole chiave:

- "anteversion", "functional anteversion"
- "Hip anatomy", "hip", "hip mobility"
- "pelvic", "pelvis", "pelvic tilt"
- "posture", "attitude", "gait analysis"
- "femoral neck", "neck of the femur", "femoral torsion", "proximal femoral rotation"
- "acetabulum", "acetabular orientation"
- "regional interdependence", "lumbo-pelvic motion"

MESH TERMS:

- “bone anteversion”
- “hip joint”
- “pelvic bones”, “pelvic incidence”
- “acetabulum”, “acetabulofemoral joint”

Le stringhe di ricerca complete sono riportate in appendice 1, appendice 2, appendice 3 ed appendice 4.

2.4 PROCESSO DI SELEZIONE

Il processo di selezione degli articoli è avvenuto secondo tre fasi: identification, screening (lettura titolo/abstract e rimozione dei duplicati) e included (lettura full-text). La selezione degli studi è stata effettuata in modo indipendente da un singolo revisore. Tutti gli studi inclusi sono stati trovati in full text grazie al servizio bibliotecario dell'Università di Bologna.

2.5 PROCESSO DI RACCOLTA DEI DATI

Una volta selezionati gli studi da includere nella revisione, sono stati estratti i dati usando un foglio di estrazione con le seguenti annotazioni: autore e anno di pubblicazione, disegno dello studio, popolazione (la numerosità del campione, il sesso, l'età, le caratteristiche e i fattori prognostici di rilievo), l'esposizione proposta nello studio, gli obiettivi e i vari risultati.

2.6 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI BIAS

In questa revisione sistematica si è scelto di utilizzare come strumento di valutazione del Risk Of Bias degli studi inclusi la Minors Scale modificata, per gli studi prospettici e i cross-sectional e la scala PEDro per l'RCT.

La Minors Scale modificata è composta da sei items:

- 1) Obiettivo dichiarato chiaramente
- 2) I pazienti idonei sono stati inclusi.
- 3) I dati sono stati raccolti seguendo un protocollo stabilito prima dell'inizio dello studio.
- 4) Endpoint adeguati allo scopo dello studio.
- 5) Valutazione in cieco dell'endpoint dello studio.
- 6) Calcolo prospettico della dimensione dello studio.

Il punteggio totale va sempre da un minimo di 0 a un massimo di 12. Qualora un item venga riportato nello studio in modo adeguato gli viene assegnato un punteggio di 2. Se viene riportato in maniera inadeguata gli viene assegnato un punteggio di 1. Infine, se un item non viene riportato si assegna un punteggio di 0.

La PEDro Scale è una scala che attribuisce un punteggio numerico di rischio di bias da 0 a 10 composta da undici item: il punto viene attribuito solo se il criterio è chiaramente soddisfatto e il criterio 1 non viene calcolato ai fini del punteggio finale. Il criterio 1 esamina la validità esterna, dal 2 al 9 la validità interna e il 10 e l'11 la rilevanza clinica.

2.7 ANALISI E SINTESI DEI DATI

La sintesi dei dati è stata effettuata solo in forma qualitativa, attraverso il reporting dei risultati dei singoli studi nel testo, senza effettuare una sintesi quantitativa/ metanalisi e senza valutazione statistica del grado di eterogeneità tra gli studi.

3 RISULTATI

3.1 SELEZIONE DEGLI STUDI

Il processo di selezione degli studi è stato riportato nel diagramma di flusso seguente (tabella I), creato secondo il modello delle linee guida PRISMA Statement 2020^[19].

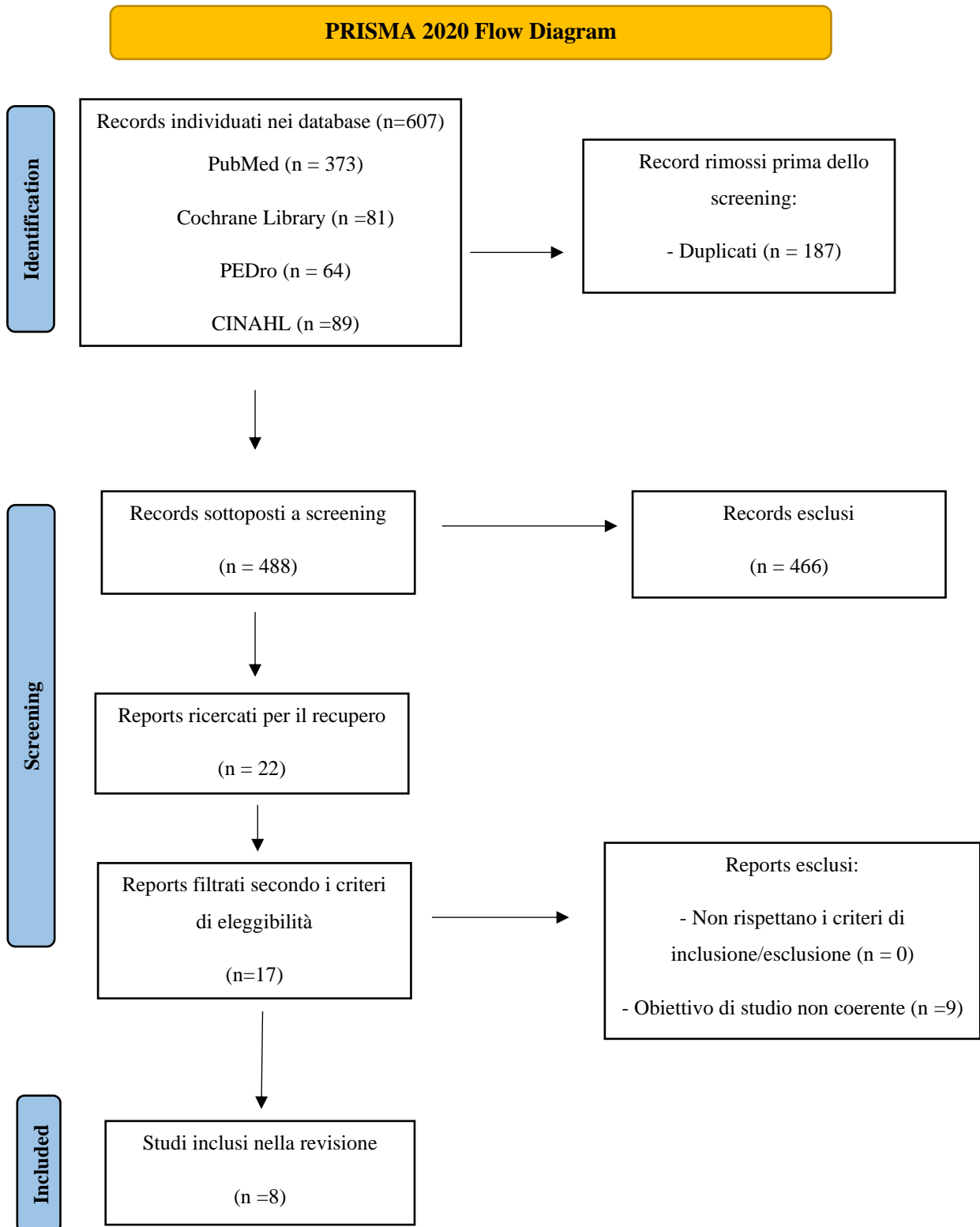


Tabella I: Diagramma di flusso PRISMA Statement 2020

La ricerca condotta all'interno delle banche dati PubMed (n =373), PEDro (n=64), Cochrane Library (n=81) e CINAHL (n=89) ha prodotto in totale 607 articoli. Una volta eliminati i duplicati, sono stati eletti per la lettura del titolo e dell'abstract 488 studi. Durante questa operazione sono stati eliminati 466 articoli. I 22 articoli rimasti al termine dello screening sono stati valutati attraverso la lettura dell'abstract o del full-text e ciò ha portato all'esclusione di 5 articoli. I motivi dell'esclusione sono stati fondamentalmente legati al non rispetto dei criteri di eleggibilità. Si è giunti così a 17 studi, di cui 9 sono stati scartati dalla revisione perché, in seguito alla lettura del full-text, risultavano non coerenti con l'obiettivo di studio.

In una prima fase sono stati selezionati due studi ^[7-9] che rispecchiano a pieno i criteri di inclusione e di esclusione lasciando però scoperte diverse aree del quesito di ricerca. Di conseguenza si è deciso di includere sia uno studio RCT ^[12] sia cinque studi ^[17-11-15-14-8-] che pur non analizzando direttamente le relazioni tra la modifica del tilt pelvico e la biomeccanica dell'anca, vanno ad indagare una serie di parametri che contribuiscono a dare una risposta al quesito di ricerca (tre studi cross-sectional e due studi prospettici).

Si è giunti quindi alla selezione di otto studi suddivisi in tre principali gruppi:

1. Studi in cui si osserva l'effetto del tilt pelvico (o dei parametri ad esso associati) rispetto all'antiversione del collo femorale, l'antiversione dell'acetabolo e l'adattamento dell'anca nei tre piani dello spazio.
2. Studi in cui si osserva l'effetto della torsione del collo del femore rispetto all'adattamento dell'anca nei tre piani dello spazio.
3. Studi in cui si osserva l'effetto dell'antiversione dell'acetabolo rispetto all'antiversione del collo del femore.

È intenzione di chi scrive analizzare le correlazioni tra i risultati ottenuti sia nei singoli gruppi, sia tra i 3 gruppi. In questo modo oltre ad evidenziare i risultati che rispondono al quesito di base (gruppo 1), sarà possibile formulare ipotesi alle risposte non emerse, attraverso la comparazione dei risultati del gruppo 2 con il gruppo 3 e del gruppo 3 con il gruppo 1.

3.2 CARATTERISTICHE DEGLI STUDI INCLUSI

PRIMO GRUPPO

3.2.1 ARTICOLO 1

Lo studio condotto da Jung-Taek Kim et al.^[7] ha il seguente scopo: determinare se la correlazione tra incidenza pelvica (PI) e orientamento acetabolare è presente sia nei bacini di giovani adulti sani, sia in sottogruppi di sesso e sia tra bacino destro e sinistro.

POPOLAZIONE

Sono state esaminate le scansioni TC addominopelviche ottenute da maggio 2016 a febbraio 2020 per cause non traumatiche. Dopo aver escluso i partecipanti che non rispettavano i criteri di eleggibilità, si sono identificate 100 scansioni TC di 50 giovani adulti scheletricamente sani di sesso maschile e 50 di sesso femminile.

CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
Età compresa tra i 25 e i 39 anni	Lesioni pelviche pregresse, infezioni ossee naturali, disturbi nello sviluppo sessuale differito o avanzato
Soggetti sani scheletricamente	Condizione di endocrinopatia, malattie neuromuscolari o tumori maligni

L'età media di entrambi i gruppi non differiva significativamente tra maschi e femmine mentre l'indice di massa corporea dei soggetti maschili era superiore a quello delle femmine (Tabella 1).

Tabella 1

	Maschi	Femmine	Totale	P-value
N° pelvi	50	50	100	50
Età	35.2±4.3	35.2±4.1	35.2±4.2	905
BMI	23,8±3,7	25,0±3,2	23,8±3,6	002

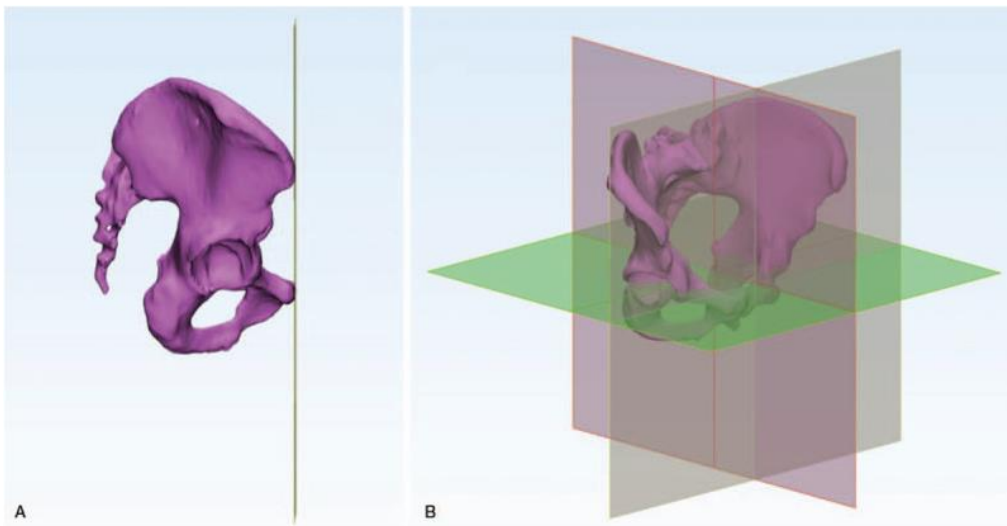
ESPOSIZIONE

Per superare i limiti degli studi precedenti, il bacino è stato ricostruito in tre dimensioni (3D) e il PI e l'orientamento acetabolare sono stati misurati nel modello 3D creato utilizzando la TC.

La misurazione 3D comprendeva le seguenti fasi:

1. *Segmentazione di modelli ossei 3D*
2. *Definizione del sistema di coordinate di riferimento*: costruito sulla base del piano pelvico anteriore (APP): il piano coronale comprendeva entrambe le spine iliache antero-superiori (ASIS) ed entrambi i tubercoli pubici; il piano sagittale era normale al vettore che passava attraverso gli ASIS bilaterali ed infine il piano assiale perpendicolare ai primi due piani (figura 1).

Figura 1

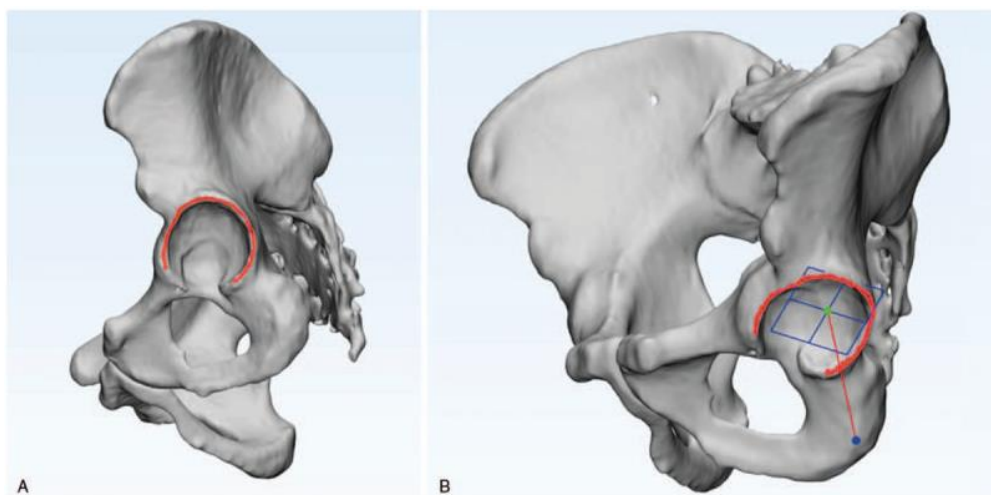


Il sistema di coordinate anatomiche di riferimento viene stabilito con l'uso del piano pelvico anteriore (APP). L'APP comprendente sia le spine iliache antero-superiori (ASIS) che entrambi i tubercoli pubici sono definiti come il piano coronale (figura 1 A). Il piano ortogonale al piano pelvico anteriore e parallelo all'asse bicoxofemorale è stato definito come piano assiale (figura 1 B). Il piano sagittale è stato definito come un piano ortogonale ai piani coronale e assiale.

3. *Misurazione dell'orientamento acetabolare*:

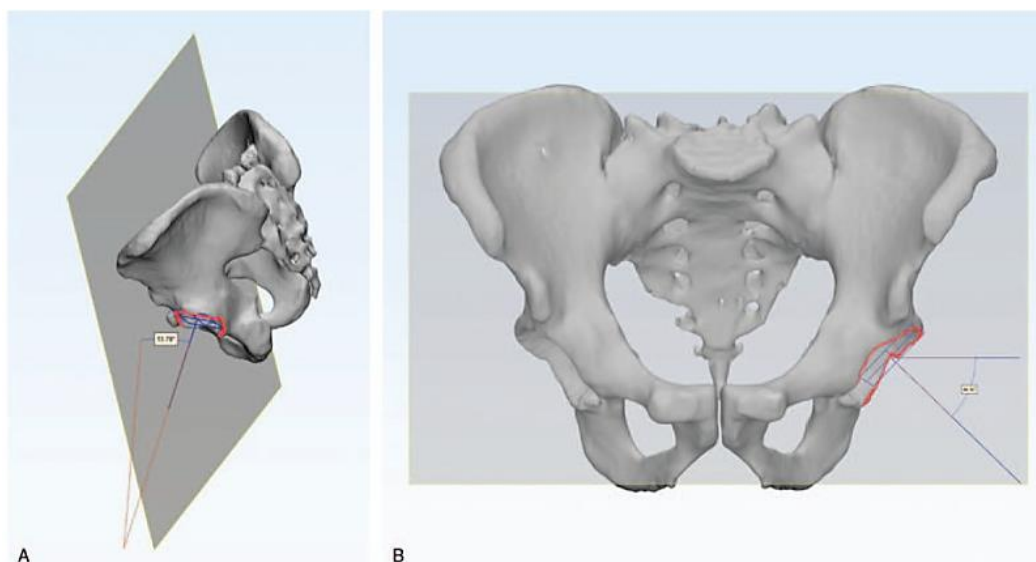
L'asse rappresentativo per l'orientamento acetabolare è definito in base al contorno osseo del bordo acetabolare. I valori delle coordinate di posizione sul margine acetabolare vengono contrassegnati manualmente (figura 2 A). Il piano più adatto per le coordinate di posizione è definito come piano acetabolare (figura 2 B). L'asse normale al piano acetabolare rappresenta l'orientamento acetabolare.

Figura 2



La definizione radiografica è stata utilizzata per convertire l'orientamento 3D dell'asse in valori numerici (Figura 3). L'angolo tra l'asse acetabolare e il piano pelvico anteriore (APP) è stato misurato come antiversione acetabolare radiografica. L'angolo tra la proiezione dell'asse acetabolare sul piano coronale e l'asse trasversale è stato misurato come inclinazione acetabolare radiografica.

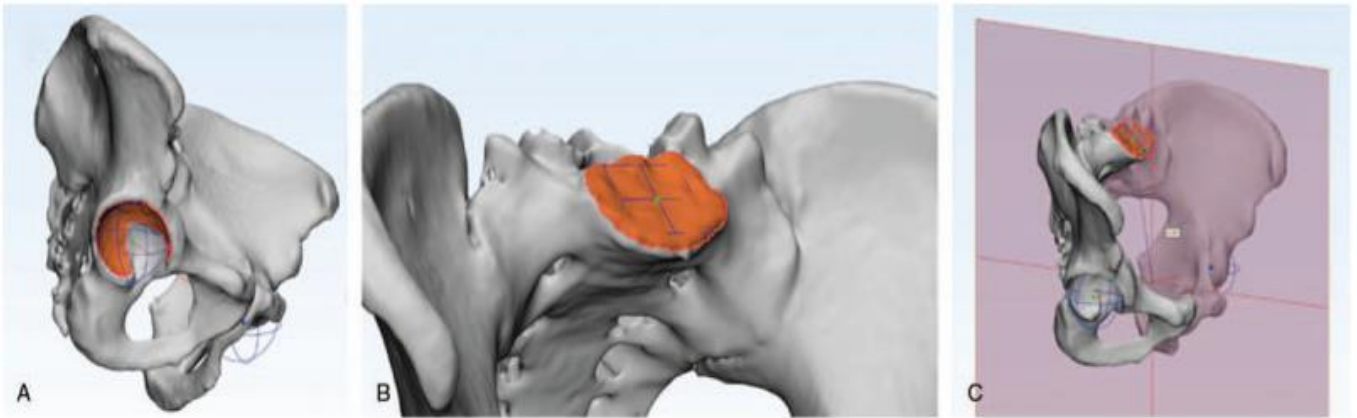
Figura 3



4. *Misurazione di PI*: si è ipotizzato che l'acetabolo facesse parte della sfera e la sfera più adatta è stata calcolata per misurare il PI nel modello pelvico 3D. I centri di entrambe le sfere erano collegati e definiti come asse bicoxo-femorale. La piastra terminale superiore del sacro è stata contrassegnata per produrre il baricentro e il piano più adatto alla superficie della piastra terminale. Il baricentro e l'asse normale del piano più adatto sono stati proiettati sul piano medio dell'asse bicoxo-femorale e definiti come punto S e vettore S. L'angolo tra la linea che

collega il punto medio dei centri delle superfici acetabolari su entrambi i lati del punto S e il vettore S è stato misurato come PI 3D (Figura 4).

Figura 4



L'incidenza pelvica (PI) è stata misurata tridimensionalmente. La superficie semilunare dell'acetabolo è contrassegnata, esclusa la fossa cotiloidea e la tacca acetabolare (figura 4 A). I valori delle coordinate di posizione sulla piastra terminale superiore dell'osso sacro sono contrassegnati manualmente per determinare il punto medio e l'orientamento della piastra terminale superiore S1 (figura 4 B). PI è l'angolo tra l'orientamento della piastra terminale superiore S1 e la linea che collega il punto medio di entrambi i centri acetabolari e il punto medio della piastra terminale superiore S1 (figura 4 C).

RISULTATI

L'orientamento acetabolare era $15,3^\circ \pm 5,7$ anteverso e $37,5^\circ \pm 3,9$ inclinato nel sistema di coordinate anatomiche APP (tabella 2).

L'orientamento acetabolare del bacino maschile era meno anteverso ($13,2^\circ \pm 4,9^\circ$) e più inclinato ($38,3^\circ \pm 3,9^\circ$) rispetto a quello del bacino femminile (antiversione $17,5^\circ \pm 5,6^\circ$; inclinazione, $36,7^\circ \pm 3,7^\circ$) (tabella 2).

Nessuna differenza significativa tra l'orientamento acetabolare sinistro e destro (tabella 2).

Tabella 2

	Tutti	Maschi	Femmine
Antiversione acetabolare			
Sinistra	0,155 (0,125)	0.000 (1000)	0.102 (0,482)
Destra	0.159 (0.114)	0.038 (0.791)	0.090 (0.534)
Tutti	0.160 (0.113)	0.020 (0.893)	0.098 (0.496)
Inclinazione acetabolare			
Sinistra	-0.044 (0.667)	-0.208 (0.147)	0.214 (0.135)
Destra	-0.069 (0.497)	-0.083 (0.567)	0.056 (0.700)
Tutti	-0.059 (0.557)	-0.152 (0.291)	0.148 (0.306)

La correlazione tra PI e orientamento acetabolare non era statisticamente significativa (Tabella 3), ovvero non si sono rilevate modifiche significative nell'orientamento dell'acetabolo con l'aumento della retroversione del bacino né dopo la separazione dei bacini maschili da quelli femminili e né tra il lato destro e sinistro.

Tabella 3

	Femmine	Maschi	Totale	P-value
Antiversione acetabolare(°)				
Sinistra	17.9±6.0	13.2±4.9	15.6±5.9	<.001
Destra	17.1±5.3	13.1±4.9	15.1±5.5	<.001
Tutti	17.5±5.6	13.2±4.9	15.3±5.7	<.001
Inclinazione acetabolare(°)				
Sinistra	37.2±3.7	38.8±3.9	38.0±3.9	<.042
Destra	36.1±3.5	37.8±3.9	37.0±3.8	<.033
Tutti	36.7±3.7	38.3±3.9	37.5±3.9	<.003
Incidenza pelvica	49.6±10.5	44.2±9.3	47.3±10.3	<.008

CONCLUSIONI E LIMITI

- PI non ha mostrato differenze statisticamente significative in entrambi i sessi
- L'orientamento acetabolare è significativamente diverso nei due gruppi. Secondo i risultati dell'analisi dei sottogruppi (maschio vs femmina), il grado di differenza non era identico nelle superfici articolari superiori e inferiori del segmento pelvico. Questo è dovuto anche al fatto che il bacino è una delle strutture scheletriche con le maggiori differenze tra i due sessi.
- Non è stata supportata da questo studio l'ipotesi della correlazione tra l'orientamento acetabolare e l'inclinazione del bacino.

Limiti dello studio:

- I soggetti dello studio sono stati arruolati secondo un intervallo di tempo senza interviste cliniche.
 - I metodi di misurazione 3D con scansioni TC sono limitati dalla risoluzione delle immagini, che potrebbe portare a una perdita di precisione.
 - Secondo la definizione canonica e come detto in precedenza nell'introduzione, l'incidenza pelvica (PI) così come viene descritta nello studio, è in realtà il tilt pelvico.
-

3.2.2 ARTICOLO 2

Lo studio condotto da S. Zilber et al.^[9] indaga l'antiversione acetabolare, fino ad ora misurata solo a livello del diametro dell'acetabolo (centrale), anche vicino al tetto dell'acetabolo e al forame otturatorio (caudale e craniale), in quattro diverse posizioni di inclinazione dorso-ventrale del bacino. Questo permette di ricavare importanti nozioni sulla morfologia mutevole della copertura acetabolare, che a sua volta, dopo aver effettuato opportuni studi clinici, consentirà ai ricercatori di definire valori soglia di normalità e patologia su volontari sani e pazienti che presentano anomalia della copertura dell'acetabolo, come ad esempio, l'impingement antero-superiore dell'anca.

POPOLAZIONE

In questo studio sono stati sezionati 10 bacini ossei di 10 soggetti imbalsamati (sette donne e tre uomini, età media 79 anni), avendo cura di preservarne la morfologia globale. Sono stati analizzati anche tre bacini di soggetti sani (due donne e un uomo, età media 35 anni).

Successivamente si sono selezionate dodici pelvi (nove soggetti imbalsamati e tre soggetti vivi sani), di cui due solo su un lato.

CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
12 pelvi selezionate (9 soggetti imbalsamati e 3 soggetti vivi e sani) per eseguire 12 sezioni: caudale, centrale e cranica, rispettivamente a 0°, 20°, 40° e 60° di gradiente sacrale	Presenza di lesioni acetabolari osteoartritiche bilaterali
Analizzate le pelvi di due soggetti imbalsamati solo sul lato destro	Presenza di lesioni acetabolari osteoartrosiche sul lato sinistro in due soggetti imbalsamati
Pelvi studiate in acquisizione volumetrica (sezioni sovrapposte di 1 mm ogni 0,5 mm, utilizzando uno scanner Philips)	

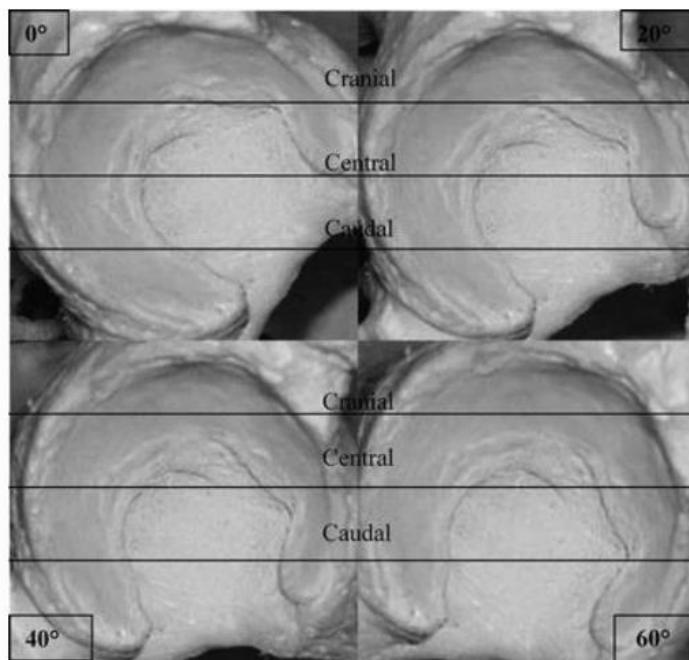
ESPOSIZIONE

Si sono analizzate quattro sezioni durante l'inclinazione dorso-ventrale del bacino:

- 1) Una sezione parallela della piattaforma cranica di S1
- 2) Una sezione di 20° di pendenza sacrale, un'approssimazione della posizione seduta
- 3) Una pendenza sacrale di 40°, un'approssimazione della posizione eretta
- 4) Una sezione di 60° di pendenza sacrale, un'approssimazione della posizione sdraiata

Su ciascun acetabolo si è analizzata una sezione centrale passante per il diametro, una sezione caudale passante a uguale distanza dalla sezione centrale e il bordo più caudale dell'acetabolo e, una sezione cranica passante a uguale distanza tra la sezione centrale e quella più cranica dell'acetabolo. Queste tre sezioni hanno quindi diviso l'acetabolo in quattro parti uguali (figura 1)

Figura 1



ANALISI DEI DATI

L'analisi si è basata sulla media dell'antiversione dei due acetabolari di ciascun bacino o sulle misurazioni dell'unico lato analizzabile in caso di lesione controlaterale. Le antiversioni sono state misurate utilizzando il software Photoshop 7. I valori erano positivi nei casi di antiversione e negativi nei casi di retroversione.

Le antiversioni caudali medie erano 52°, 48°, 31° e 15° rispettivamente a 0°, 20°, 40° e 60° del gradiente sacrale. Le antiversioni centrali medie erano 45°, 36°, 26° e 11° per la stessa inclinazione del bacino. Le antiversioni craniche medie erano 44°, 39°, 26° e 2° per la stessa inclinazione del bacino (tabella 1).

Tabella 1

	Sezione parallela su piattaforma di S1	Posizione seduta (pendenza sacrale 20°)	Posizione eretta (pendenza sacrale 40°)	Posizione sdraiata (pendenza sacrale 60°)
Antiversione caudale	52° (5) P=0.03	48° (8.4) P<0,01	31° (11) P<0.01	15° (8)
	P=0.01	P<0.01	P=0.01	P=0.02
Antiversione centrale	45° (6) P<0.01	36° (6.3) P<0.01	26° (7.2) P<0.01	11° (11)
	NS	P=0.05	NS	P<0.01
Antiversione cranica	44° (5) P<0.01	39° (8) P<0.01	26° (12) P<0.01	2° (10)

RISULTATI:

- Aumento dell'antiversione acetabolare all'aumentare della retroversione del bacino, in maniera dipendente dall'inclinazione posteriore. L'antiversione acetabolare è aumentata in posizione seduta ed è rimasta stabile in posizione eretta.
- Diminuzione dell'antiversione acetabolare dalla parte caudale a quella centrale dell'acetabolo.

CONCLUSIONI E LIMITI

Si è notato che con un aumento della retroversione del bacino, l'antiversione acetabolare diventava maggiore, in maniera dipendente dall'inclinazione posteriore del bacino. La diminuzione dell'antiversione acetabolare dalla parte caudale a quella centrale dell'acetabolo è spiegata dalla diversa morfologia delle corna acetabolari sul lato caudale, dove il corno ventrale scorre meno caudalmente del corno dorsale per un'inclinazione funzionale dorso-ventrale del bacino. Alcune sezioni caudali, principalmente con gradiente sacrale a 0° e in posizione seduta, avevano delle antiversioni acetabolari maggiori rispetto alle altre sezioni, proprio perché non includevano un corno ventrale.

Questo studio preliminare presenta dei limiti:

- Dimensione e qualità del campione ridotta, che non permette di dedurre i valori di antiversione acetabolare della popolazione generale.
- Non è stata effettuata la risonanza magnetica a causa dell'esiguo numero di partecipanti vivi e sani.

3.2.3 ARTICOLO 3

Lo studio condotto da Sasaki et al.^[12] ha come obiettivo quello di valutare l'effetto della retroversione pelvica sull'allineamento sagittale della colonna vertebrale, del bacino e degli arti inferiori nelle donne anziane in stazione eretta e durante il cammino. La retroversione pelvica è responsabile dell'artrosi primaria dell'anca o della coxartropatia rapidamente distruttiva. Questo avviene perché, con la cifosi spinale, si riduce la lordosi lombare e la copertura della testa femorale, con un carico spostato prevalentemente nella parte anteriore della testa del femore. La valutazione dell'allineamento della colonna vertebrale con il bacino e gli arti inferiori, sia in stazione eretta che durante il cammino, è importante per la pianificazione preoperatoria della protesi d'anca, in modo da prevenire lussazione in avanti dell'artroplastica totale dell'anca. Oggigiorno è ampiamente accettato che l'anca e la colonna vertebrale siano correlate tra loro, proprio perché i pazienti che presentano una malattia della colonna vertebrale hanno occasionalmente una malattia dell'articolazione dell'anca concomitante, nota come sindrome dell'anca-colonna vertebrale. L'indagine sul normale allineamento sagittale spinale negli individui anziani senza osteoartrosi degli arti inferiori o malattia della colonna vertebrale, può aiutare a determinare se queste due condizioni siano correlate o coesistenti, siccome entrambe aumenta con l'età.

POPOLAZIONE

CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
32 donne anziane (età media 78 anni con range 66-88 anni) con deambulazione autonoma	Fusione spinale, artroplastica totale dell'anca o artroplastica totale del ginocchio
Gruppo R (retroversione pelvica): 20 soggetti con inclinazione pelvica $\geq 20^\circ$ Gruppo N (normale): 12 soggetti con inclinazione pelvica $< 20^\circ$	Grave artrosi dell'anca o del ginocchio

	Precedenti interventi chirurgici o lesioni dell'apparato locomotore che hanno determinato deformità persistenti degli arti inferiori e/o del tronco
--	---

Non ci sono state differenze significative tra il gruppo R e il gruppo N ad eccezione dell'altezza corporea (tabella 1).

Tabella 1

Variabili	Gruppo N (PT<20mm)	Gruppo R (PT≥20 mm)	P-value
<i>Numero</i>	12	20	
<i>Età</i>	77.2±5.5	79.0±5.6	0.39
<i>Altezza</i>	153.0±5.5	144.8±5.3	0.001
<i>Peso</i>	52.4±9.0	47.8±8.0	0.15
<i>BMI</i>	22.3±3.0	22.8±4.0	0.67

ESPOSIZIONE

Si è serviti di un modello muscolo-scheletrico 3D per valutare i parametri spino pelvici globali tra cui: l'inclinazione spinale, l'inclinazione pelvica (PT), l'asse verticale sagittale (C-SVA), l'incidenza pelvica (IP), la lordosi lombare (LL), l'angolo pelvico T1 (C-TPA) e gli angoli di flessione del ginocchio e dell'anca in stazione eretta e durante la deambulazione. Per analizzare l'allineamento sagittale della colonna vertebrale, del bacino e dell'arto inferiore, sono stati applicati ai partecipanti allo studio 35 marcatori sul tronco e sugli arti. I dati sono stati ottenuti prima con i soggetti immobili in posizione eretta per circa 10 secondi e successivamente facendoli camminare, al proprio ritmo, lungo una passerella di 10 m per circa 5 minuti.

ANALISI DEI DATI

I dati sono stati calcolati come valori medi durante un singolo ciclo dell'andatura e durante la posizione eretta statica per dieci secondi.

RISULTATI

Il gruppo R ha dimostrato PT, PI-LL e TPA significativamente più grandi rispetto al gruppo N (tabella 2).

Tabella 2

Variabili	Gruppo N	Gruppo R	P-value
SVA (mm)	40.7±46.2	65.0±69.3	0.29
PT (°)	15.5±3.6	31.1±7.4	<0.001
PI-LL (°)	6.1±15.6	21.0±18.5	0.026
TPA (°)	14.3±4.1	29.9±12.8	<0.001

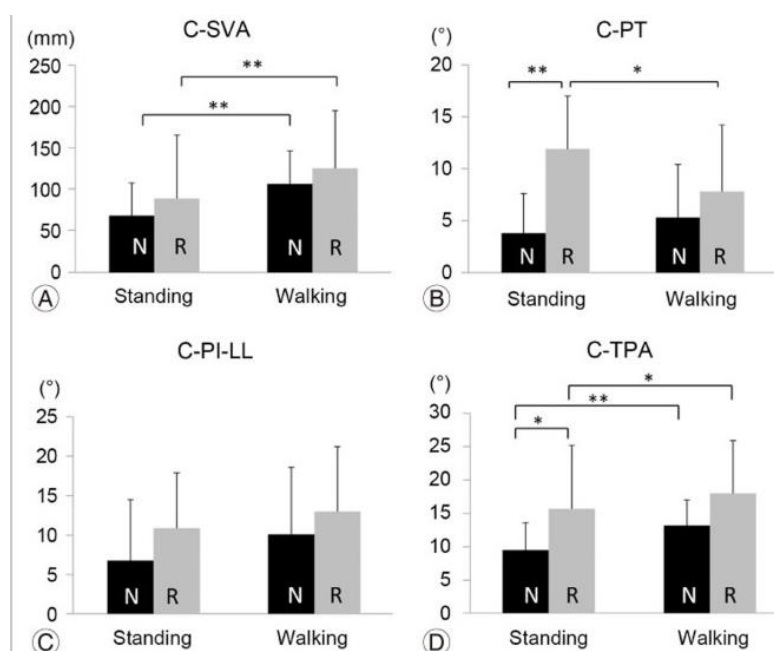
Non c'era alcuna differenza significativa nell'asse verticale sagittale calcolato (C-SVA) tra i gruppi R ed N, sia in stazione eretta che durante la deambulazione. Quello che si è notato è che C-SVA è aumentata significativamente durante il cammino in entrambi i gruppi (figura 1A).

L'inclinazione pelvica calcolata C-PT in stazione eretta nel gruppo R era significativamente più grande rispetto al gruppo N e non è stata segnalata alcuna differenza significativa tra i due gruppi mentre si camminava. Il C-PT nel gruppo R è diminuito significativamente durante la deambulazione rispetto alla stazione eretta, mentre non è stato riscontrato alcun cambiamento nel gruppo N (figura 1B).

Non è stata trovata alcuna differenza significativa nel C-PI-LL tra i due gruppi sia nella stazione eretta che nel cammino (figura 1C).

Vi è una differenza significativa tra i due gruppi in C-TPA in stazione eretta; invece, durante la deambulazione non è stata trovata alcuna differenza. Il C-TPA nel gruppo N era significativamente aumentato dopo aver camminato; tuttavia, nessun cambiamento è stato riportato nel gruppo R (figura 1D).

Figura 1



L'angolo dell'anca in stazione eretta e l'angolo massimo di flessione dell'anca durante la deambulazione erano significativamente più piccoli nel gruppo R rispetto al gruppo N ($p = 0,01$ e $p = 0,004$). Tra i gruppi non sono state riscontrate differenze significative nell'estensione massima dell'anca, nell'angolo di flessione ed estensione massima del ginocchio durante la deambulazione (Tabella 3).

Tabella 3

Variabili	Gruppo N	Gruppo R	P-value
Anca			
Angolo di flessione in stazione eretta statica	8.8±9.5	0.7±5.8	0.01
Massima estensione nel cammino	-4.5±8.5	-6.9±5.9	0.38
Massima flessione nel cammino	35.4±8.5	24.4±8.4	0.04
Ginocchio			

Angolo di flessione in stazione eretta statica	6.0±5.9	7.3±6.7	0.61
Massima estensione nel cammino	8.8±4.1	6.4±5.9	0.28
Massima flessione nel cammino	44.8±8.5	46.3±9.3	0.70

CONCLUSIONI E LIMITI

Questo studio ha permesso di osservare l'effetto del tilt pelvico rispetto all'antiversione dell'acetabolo, in particolare è emerso che la retroversione del bacino aumenta l'estensione dell'anca.

Gruppo N:

- C-SVA e C-TPA aumentati significativamente durante la deambulazione.
- Nessun cambiamento in C-PT e C-PI-LL.
- Non è stato riscontrato alcun cambiamento di C-PT durante il cammino perché i possibili meccanismi compensatori, che cercano di aumentare la copertura della testa del femore mentre si cammina, consistono solo nell'aumento di SVA senza movimento del bacino.

Gruppo R:

- C-SVA e C-TPA sono aumentati significativamente durante il cammino rispetto alla stazione eretta.
- Il C-PT è stato significativamente ridotto durante la deambulazione, indicando possibili meccanismi compensatori, che tentavano di aumentare la copertura della testa del femore.
- L'angolo dell'anca in stazione eretta e l'angolo massimo di flessione dell'anca durante la deambulazione erano significativamente più piccoli rispetto al gruppo N. Questo indica un altro possibile meccanismo compensatorio.

Per chiarire gli ultimi due punti, bisogna sapere che i pazienti con cifosi spinale mantengono la posizione eretta o camminano utilizzando determinati meccanismi di compensazione, come ad esempio, la retroversione pelvica associata ad inclinazione del bacino posteriormente e iperestensione dell'articolazione dell'anca. Una compensazione insufficiente da parte del bacino e dell'anca può portare a un aumento della flessione dell'articolazione del ginocchio

(questo fatto non avviene in questo studio clinico, in quanto non c'era alcuna differenza significativa nell'angolo del ginocchio tra la stazione eretta e il cammino).

Lo studio presenta dei limiti:

- I pazienti sono stati analizzati solo mentre camminavano per brevi distanze nella fase iniziale del cammino. Di conseguenza i pazienti con SVA di grandi dimensioni in posizione eretta, per un breve periodo, utilizzano meccanismi di compensazione, ma con l'avanzare del tempo, lo stare in piedi o il camminare persistente può portare al collasso del meccanismo compensatorio.
 - I marcatori riflettenti sulla superficie del corpo potrebbero non catturare piccoli cambiamenti di PT; di conseguenza gli artefatti dei marcatori riflettenti possono essere la causa delle discrepanze tra i risultati radiografici e quelli calcolati. Sebbene sia stata rivelata una forte correlazione tra parametri calcolati e radiografici, sono necessari ulteriori studi per ottenere dati calcolati più accurati compatibili con misurazioni radiografiche.
-

SECONDO GRUPPO

3.2.4 ARTICOLO 4

Lo scopo dello studio di Kathryn Kumagai Shimamura et al. ^[17] è quello di riportare i risultati preliminari per il movimento passivo dell'anca e per la forza isometrica dei muscoli dell'anca nei lanciatori collegiali e confrontarli con i valori dei professionisti. La caratteristica di questo studio è che non è mai stata esplorata, nei lanciatori di baseball collegiali, la capacità di mantenere il controllo motorio lombo-pelvico durante il test di rotazione attiva dell'anca in posizione prona. L'interdipendenza regionale della zona lombare e dell'anca è stata valutata utilizzando il test IR e ER attivo in posizione prona per determinare se si verificasse un movimento eccessivo nella regione lombo-pelvica. La valutazione clinica del movimento lombo-pelvico precoce in relazione all'anca può essere di grande importanza negli individui che praticano sport rotazionali, proprio per prevenire lesioni alla parte bassa della schiena e alla spalla.

POPOLAZIONE

CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
Soggetti asintomatici in entrambe le anche e privi di qualsiasi patologia nota dell'anca	Precedente intervento chirurgico all'anca
Età compresa tra i 18 e i 30 anni (età media di 20,0 + 1,4 anni).	Presenza di qualsiasi altro problema medico che avrebbe limitato le attività durante la stagione di baseball 2013-2014 regolarmente programmata
Altezza media dei partecipanti 1,9 + 0,06 m; peso medio 89,3 + 10,7 kg e indice di massa corporea medio 25,3 + 2,5 kg/m (tabella 1)	
23 lanciatori destri e 6 lanciatori mancini	

Tabella 1 (dati demografici)

	Età (anni)	Altezza (m)	Peso (kg)	BMI (kg/m ²)
Media ± DS	20.0±1,4	1.9±0.06	89.3±10,7	25.3±2.5

ESPOSIZIONE

Ogni lanciatore è stato valutato per:

-Rotazione interna (IR) ed esterna (ER) passiva dell'anca calcolata con goniometro digitale portatile. La misurazione del ROM dell'anca è avvenuta sia con i soggetti seduti con le gambe che pendevano dal bordo del piedistallo (figura 1), sia in posizione prona. Per quest'ultima posizione, l'esaminatore ha tenuto una mano sul bacino del soggetto e l'altra mano è stata utilizzata per muovere il piede medialmente, in caso di ER, o lateralmente in caso di IR, mantenendo la posizione flessa di 90° del ginocchio. Il blocco anatomico o il movimento del bacino, avvertito dall'esaminatore, corrisponde alla massima mobilità di rotazione interna ed esterna passiva dell'anca. La misurazione è stata registrata e mediata tra due prove.

Figura 1



-La forza isometrica del grande e medio gluteo e del rotatore interno ed esterno dell'anca, sono state misurate attraverso l'utilizzo di un dinamometro digitale in posizione seduta, prona e laterale. Da seduto, la gamba del soggetto è stata posta in una posizione neutra e l'esaminatore ha posizionato una cintura stabilizzatrice attorno al dinamometro digitale portatile che è stato posizionato a livello del malleolo laterale. Al soggetto è stato chiesto di muovere il piede verso l'esterno contro la resistenza della cintura stabilizzatrice. La forza generata dal soggetto è stata registrata come forza del muscolo rotatore interno in chilogrammi (figura 2). Sono state registrate due prove e calcolata la media per ciascuna estremità. Lo stesso procedimento è stato eseguito per misurare la forza del rotatore esterno, con la differenza che il piede del soggetto si doveva muovere verso l'interno, ruotando esternamente contro la resistenza della cintura.

Figura 2



-In posizione prona, con il ginocchio della gamba di prova del soggetto flesso a 90°, si è eseguita un'estensione dell'anca con la massima resistenza applicata dalla cintura stabilizzatrice. La forza generata dal soggetto è stata registrata come forza del grande gluteo. In posizione laterale, è stato chiesto al soggetto di mantenere l'abduzione della gamba, senza ruotare il bacino in avanti o all'indietro, contro la resistenza della cintura stabilizzatrice. È stata registrata la forza massima del medio gluteo attraverso il dinamometro digitale portatile. Sono state registrate due prove per ciascuna estremità.

-Test di Craig per l'antiversione e la retroversione femorale. Il soggetto era in posizione prona con il ginocchio flesso a 90°. Sono state eseguite e registrate due prove. Un angolo < di 8° è

stato determinato come posizione di retroversione e un angolo $>$ di 15° è stato determinato come posizione di antiversione.

-Controllo motorio lombo-pelvico per valutare la rotazione attiva. Il soggetto in posizione prona con il ginocchio a 90° esegue la massima IR o ER possibile. Nel frattempo, l'esaminatore valuta se sono stati presenti movimenti a livello del bacino e della colonna lombare, i quali devono mantenere una posizione neutra per tutto il test (figura 3).

Figura 3.

Test negativo per IR femorale attiva senza movimento simultaneo nel bacino o nel tronco.



Figura 4

Test positivo che dimostra un'eccessiva rotazione pelvica o lombare con rotazione attiva dell'anca



Successivamente i dati raccolti sono stati confrontati con i valori stabiliti in precedenza per i lanciatori professionisti (tabella 2).

Tabella 2

	IR Stride Limb	IR Trail Limb	ER Stride limb	ER Trail Limb	Gluteus Maximus Stride Limb	Gluteus Maximus Stride Limb	Gluteus Medius Stride Limb	Gluteus Medius Trail Limb
Combined Right and Left Hand Pitchers±SD	55.33 kg±13.62	49.17 kg±13.24	38.10 kg±8.45	36.45 kg±8.80	90.55 kg±20.32	90.93 kg±24.60	40.58 kg±10.85	42.90 kg±10.23
Professional Normative Values Mean ±SD	/	/	/	/	/	/	41.9 kg±7.20	41.40 kg±6.3

RISULTATI

Il confronto tra l'arto posteriore dei lanciatori destro e sinistro e quello dell'arto anteriore sempre tra destro e sinistro, non ha rilevato differenze significative nelle misurazioni del ROM dell'IR da seduto e da prono ($p=0,85$ e $p=0,79$; $p=0,51$ e $p=0,72$) (tabella 3).

Tabella 3

Confronto del ROM di rotazione interna dell'anca dell'arto posteriore e dell'arto anteriore nei lanciatori destri e mancini

	Arto posteriore IR (seduto)	Arto anteriore IR (seduto)	P=value	Arto posteriore IR (prono)	Arto anteriore IR (prono)	P=value
Lanciatori destrorsi Media ± DS	33.6°±9.4°	35.6°±8.1°	P=0.22	24.8°±8.6°	27±8.9°	P=0.19
Lanciatori mancini Media ± DS	33°±9.5°	32.1°±7.4°	P=0.80	20.5°±8.4°	17.3±7.9°	P=0.29
Lanciatori destri e mancini P=value	P=0.85	P=0.51		P=0.79	P=0.72	

Per il ROM dell'ER dell'arto posteriore dei lanciatori e dell'arto anteriore, non ci sono state differenze significative nella misurazione da seduto e da prono (p=0,38 e p=0,87; p=0,31 e p=0,77) (tabella 4).

Tabella 4

Confronto del ROM di rotazione esterna dell'anca dell'arto posteriore e dell'arto anteriore nei lanciatori destri e mancini

	Arto posteriore ER (seduto)	Arto anteriore ER (seduto)	P=value	Arto posteriore ER (prono)	Arto anteriore ER (prono)	P=value
Lanciatori destrorsi Media ± DS	36.9°±9.8°	39.4°±10.3°	P=0.08	43.2°±8.0°	46.3±12.1°	P=0.11
Lanciatori mancini Media ± DS	43.2°±13.6°	45.2°±13.6°	P=0.56	49.4°±7.3°	48.9±13.6°	P=0.84
Lanciatori destri e mancini P=value	P=0.38	P=0.31		P=0.87	P=0.77	

16 lanciatori su 29 (55%) hanno dimostrato una retroversione in entrambi gli arti e solo 4 presentavano retroversione solo nell'arto del passo o nell'arto posteriore, il che era coerente con un aumento del ROM in rotazione esterna dell'anca associata ad una diminuzione della rotazione interna.

Il 52% dei lanciatori destrimani era positivo nell'arto posteriore durante l'IR attivo alla presenza di rotazione lombo pelvica precoce o eccessiva e il 43% era positivo sull'arto del passo. Questo era caratterizzato da un movimento accoppiato disfunzionale del bacino e dell'anca in cui il bacino ruotava prima che l'anca raggiungesse i limiti del rom attivo disponibile in posizione prona. Il 50% dei lanciatori mancini era positivo sull'arto del passo, mentre tutti i lanciatori mancini erano negativi sull'arto posteriore. Considerando insieme sia i destri che i mancini il 37% è positivo sull'arto posteriore e il 45% positivo sull'arto del passo, proprio per l'incapacità di stabilizzare la regione lombo-pelvica durante l'IR o ER attiva dell'anca, anche se i deficit di forza isolati non sono stati rilevati a un livello significativo.

CONCLUSIONI E LIMITI

Il 52% dei lanciatori nel presente studio presentava una retroversione dell'anca in posizione prona ($<8^\circ$). Quando aumentava la retroversione del bacino, si poteva osservare una diminuzione della rotazione interna dell'anca e un aumento della rotazione esterna. I risultati del presente studio indicano che erano presenti deficit di controllo motorio lombo-pelvico durante i test sia nell'arto del passo che nell'arto posteriore in più del 50% dei lanciatori testati. Il movimento lombo-pelvico precoce durante una rotazione attiva dell'anca in posizione prona rappresenta una strategia di compenso delle regioni più prossimali per superare la rotazione limitata dell'anca. Questo può predisporre la zona lombare a forze di rotazione eccessive, soprattutto durante gli sport di rotazione. Dunque, risulta importante per tutti gli atleti che partecipano a sport di rotazione ad alta richiesta, una valutazione del controllo lombo-pelvico in posizione prona durante una rotazione attiva dell'anca.

Questo studio presenta dei limiti:

- Piccola dimensione del campione.
 - Non sono stati considerati gli anni di esperienza nel lancio, il conteggio del lancio o i metodi di allenamento di ciascuna squadra.
 - Non sono stati citati valori per il controllo attivo della rotazione dell'anca negli atleti professionisti
 - Variazioni anatomiche nell'angolo collo-diametro potrebbero alterare, in modo simile alla torsione femorale, l'allineamento relativo dei muscoli attorno all'articolazione e quindi influenzare le forze di contatto risultanti dell'anca
-

3.2.5 ARTICOLO 5

Lo studio di De Pieri et al. ^[11] ha come obiettivo quello di valutare, attraverso modelli muscolo-scheletrici personalizzati, la cinematica e la cinetica dell'anca, nonché i carichi muscolari e le forze di contatto (HCF) durante l'andatura, in un gruppo di soggetti adulti con torsione femorale. Questo studio, tenendo conto delle caratteristiche sia morfologiche che cinematiche dell'anca, potrebbe aiutare a identificare in ambito clinico i soggetti che, a causa di un alterato allineamento torsionale del femore, presentano una meccanica articolare alterata e sono quindi maggiormente esposti al rischio di danno cartilagineo e di insorgenza precoce di artrosi dell'anca.

POPOLAZIONE

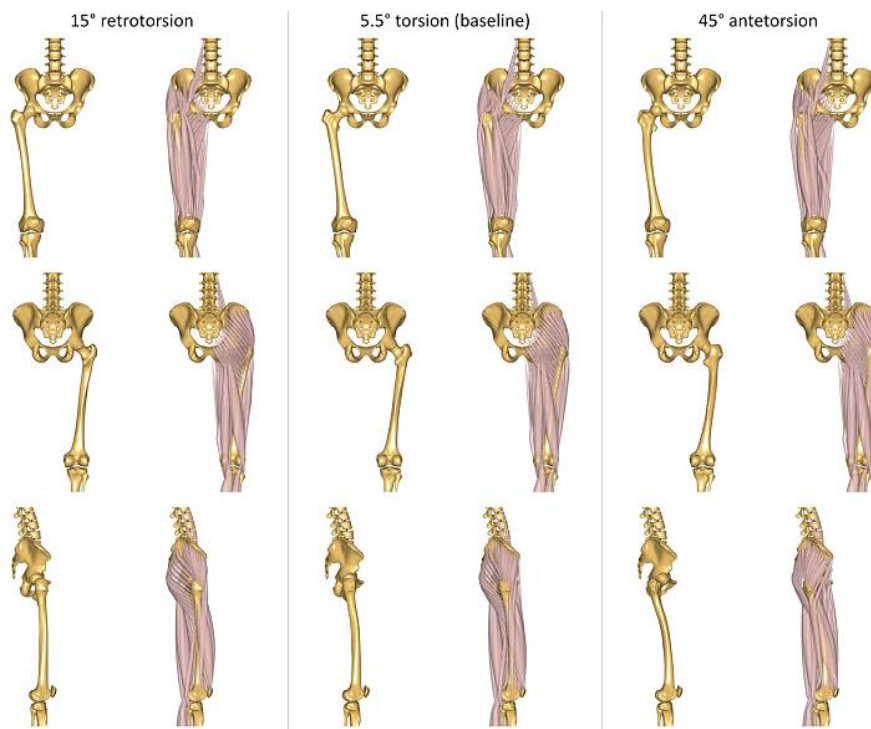
CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
Età compresa tra i 18 e i 50 anni	Presenza di dolore alla schiena o agli arti inferiori al momento dello studio;
Soggetti sani	Intervento chirurgico o lesione significativa alla schiena o agli arti inferiori negli ultimi 12 mesi
	Storie di interventi chirurgici all'anca
	Presenza di condizioni note che influenzano l'andatura, l'equilibrio o le attività fisiche
	Gravidanza
BMI medio = $23,0 \pm 2,6$	BMI > 35 kg/m^2

ESPOSIZIONE

Sono stati creati modelli muscoloscheletrici personalizzati sulla base di misurazioni radiografiche biplanari a basso dosaggio, in modo tale da stimare le attivazioni muscolari e le forze intra-articolari, in relazione ai modelli di movimento individuali e alla geometria muscolo-scheletrica, includendo geometrie femorali che corrispondevano alla torsione femorale misurata radiograficamente di ciascun soggetto. I modelli muscoloscheletrici sono comunemente costruiti a partire da un modello basato su un cadavere, che viene ridimensionato o modificato per farlo corrispondere all'antropometria complessiva di un singolo soggetto. In questo studio, sono state analizzate le correlazioni tra torsione femorale, cinematica e cinetica dell'anca, forze di contatto dell'anca (HCF) e forze muscolari.

In ogni modello specifico del soggetto, entrambi i femori sono stati trasformati per includere una rotazione trasversale tra le sezioni prossimali e distali, abbinando la torsione femorale del soggetto misurata dai dati radiografici. Il morphing femorale si basava sulla trasformazione 3D. I femori trasformati presentano diversi orientamenti della linea d'azione dei muscoli rispetto alle posizioni delle articolazioni (figura 1).

Figura 1

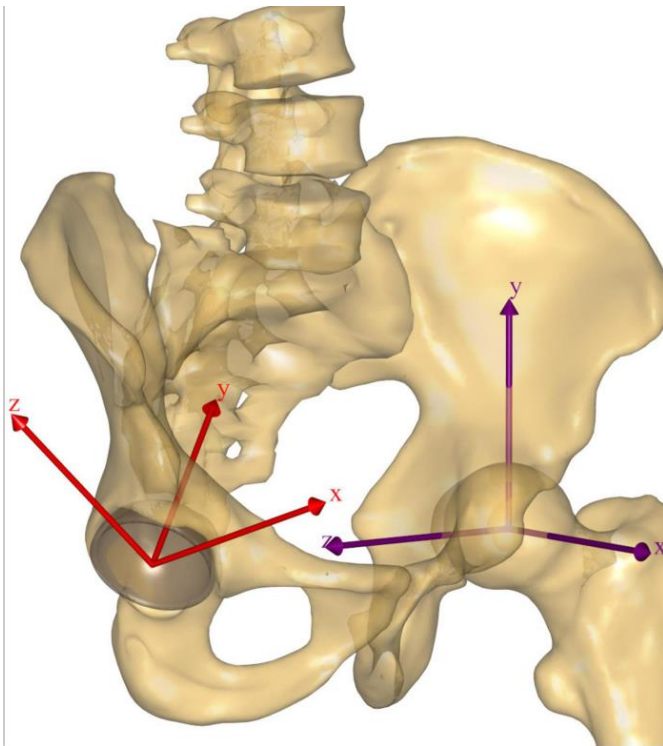


Anche i bracci di leva dei muscoli di copertura del femore sono stati valutati qualitativamente per quattro morfologie femorali modellate arbitrariamente: il modello al baseline, caratterizzato da un'antetorsione femorale di $5,5^\circ$ e modelli con femori trasformati con retrotorsione di -15° e antetorsione di $+25^\circ$ e $+45^\circ$. Queste morfologie femorali sono state implementate in un modello generico corrispondente all'antropometria maschile del 50° percentile. I bracci di leva sono stati calcolati per ogni singolo fascicolo muscolare attraverso intervalli artificiali di movimento sagittale dell'anca (20° estensione, 90° flessione), movimento frontale dell'anca (30° adduzione, 50° abduzione) e movimento trasversale dell'anca (40° interno, 40° rotazione esterna). I bracci di leva medi sono stati calcolati per i fascicoli che costituiscono ciascun muscolo nei diversi range di movimento articolare.

La cinematica dell'anca 3D è stata calcolata nei sistemi di coordinate anatomiche descritti da Klein Horsman et al. (2007) e sulla base delle raccomandazioni della International Society for Biomechanics (ISB). È stato anche calcolato l'angolo di progressione del piede rispetto alla direzione dell'andatura. Per ogni paziente è stata calcolata una media sulla base dei cinque studi sull'andatura raccolti.

Gli HCF risultanti sono stati calcolati in un sistema di coordinate prossimale (basato sul bacino) secondo le raccomandazioni ISB (figura 2). Per stimare l'orientamento dell'HCF sull'acetabolo, il vettore HCF è stato intersecato con un emisfero idealizzato che rappresenta l'acetabolo e sono state tracciate le vie della forza di contatto.

Figura 2

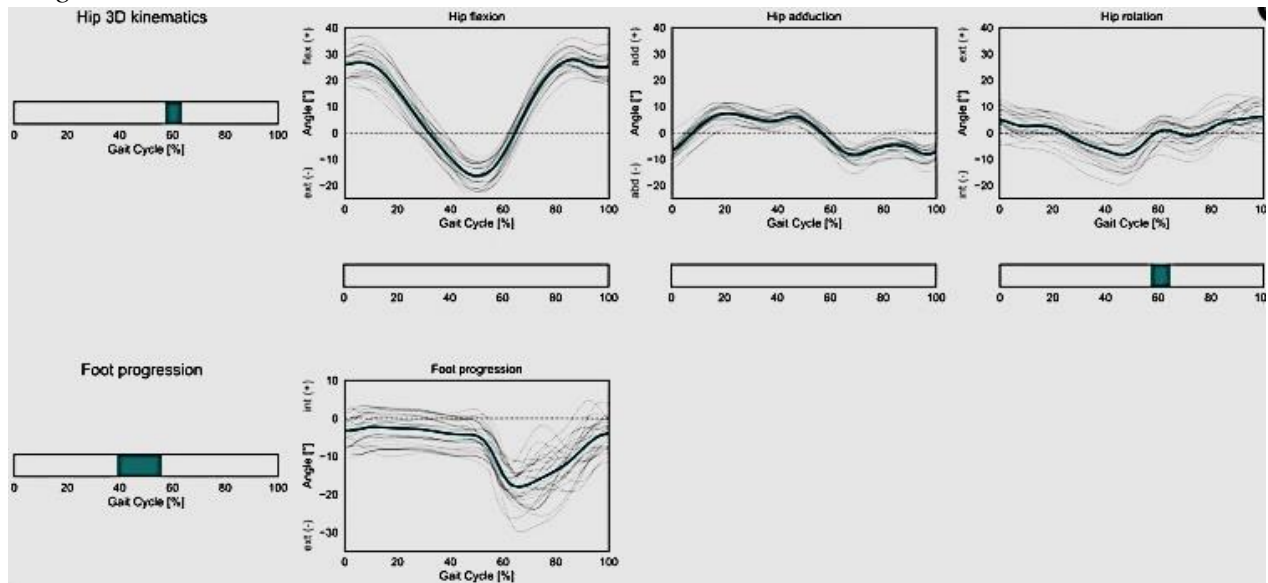


ANALISI DEI DATI

L'analisi dei bracci di leva dei muscoli nelle quattro diverse morfologie femorali modellate (il modello baseline unmorphed con un'antetorsione femorale di $5,5^\circ$ e i modelli con femori morphed con retrotorsione di -15° e con antetorsione di $+25^\circ$ e $+45^\circ$) indica che l'antetorsione femorale ha un effetto importante sulla lunghezza dei bracci di leva di diversi muscoli e in particolare sulla capacità abduttiva del medio e piccolo gluteo. Nel calcolare i bracci della leva muscolare per il femore trasformato con $+45^\circ$ di antetorsione, si è aggiunto un angolo di rotazione interna dell'anca fisso di 20° , al fine di imitare la strategia cinematica compensatoria dell'anca, che permette di ripristinare la capacità di abduzione in pazienti con antetorsione femorale.

Sono state osservate correlazioni statisticamente significative con la torsione femorale per la cinematica del piede e dell'anca. In particolare, i soggetti con maggiore antetorsione camminavano con un piede più ruotato internamente durante l'appoggio terminale (39–56% GC) e con un'anca più ruotata internamente nel passaggio dall'appoggio allo swing (figura 3).

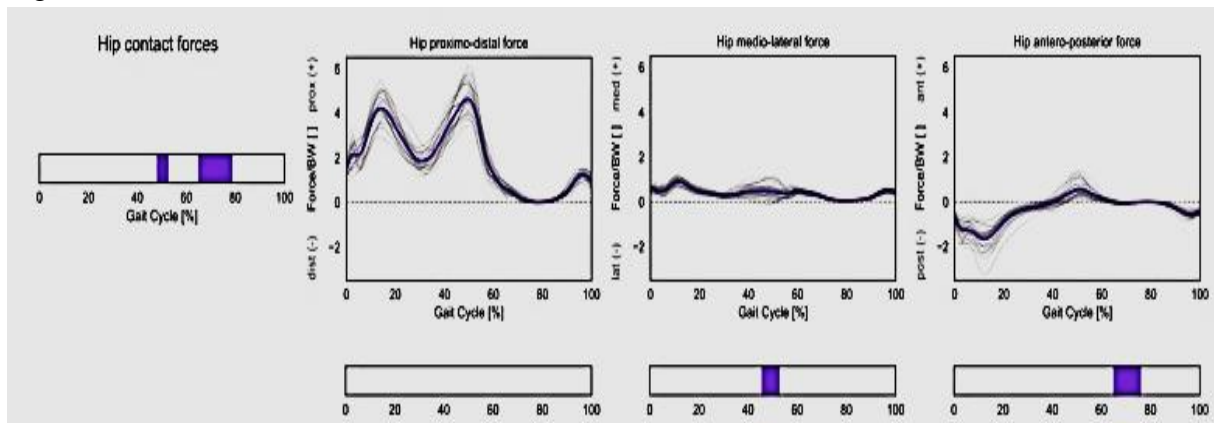
Figura 3



In termini di forze muscolari previste durante l'andatura, sono state trovate correlazioni per i gruppi muscolari flessori, estensori, abduttori e adduttori dell'anca. Le forze generate dagli estensori dell'anca erano correlate con la torsione femorale dalla risposta al carico all'appoggio intermedio e durante l'appoggio terminale (7–33% e 39–46% GC). L'analisi ha rivelato una correlazione positiva per il grande gluteo durante l'appoggio terminale e una correlazione negativa per il bicipite femorale, il semimembranoso e il semitendinoso durante l'appoggio intermedio. Le forze generate dagli abduttori dell'anca erano correlate con la torsione femorale durante l'appoggio terminale, l'oscillazione iniziale e l'oscillazione terminale (35–55%, 61–75% e 87–96% della GC). L'analisi ha rivelato una correlazione negativa per il piccolo gluteo durante le fasi di oscillazione iniziale e terminale. Le forze generate dagli adduttori dell'anca erano correlate alla torsione femorale durante la fase di oscillazione iniziale (59–70% GC). L'analisi non ha rivelato alcuna tendenza di rilievo per questi muscoli.

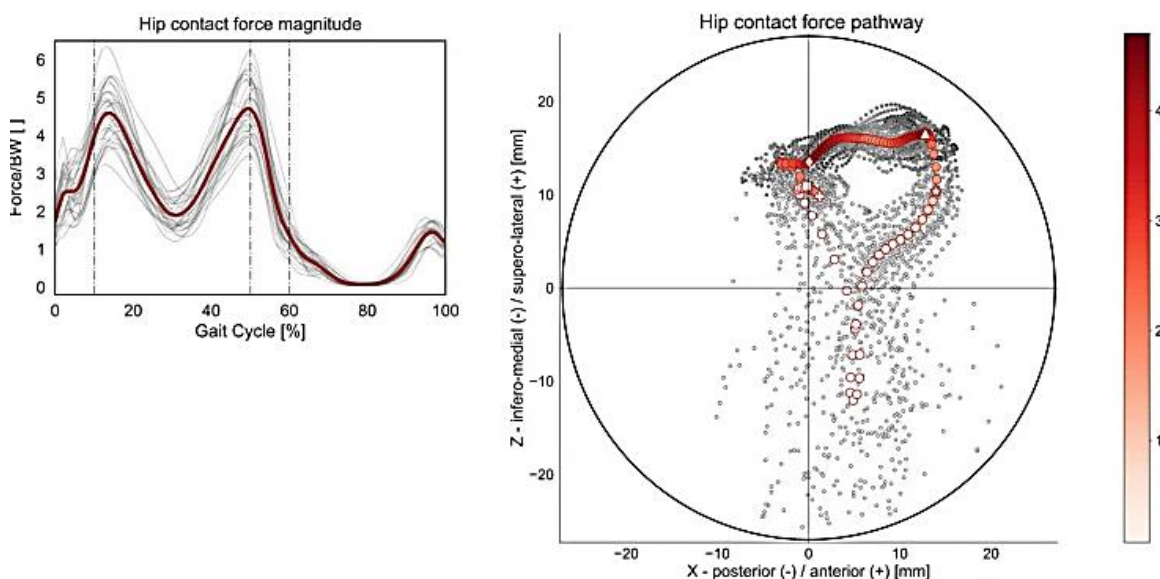
È stata trovata una correlazione statisticamente significativa tra HCF 3D e torsione femorale durante l'appoggio terminale e l'oscillazione intermedia (48–52% e 65–79% GC). Dall'analisi è emerso che i soggetti con maggiore antetorsione hanno HCF, in fase di appoggio, orientati più medialmente e più anteriormente durante la fase di oscillazione (figura 4).

Figura 4



La via media dell'HCF ha rivelato che i carichi durante l'andatura vengono trasmessi dal femore al quadrante superolaterale anteriore dell'acetabolo (figura 5).

Figura 5



Durante la risposta al carico iniziale (0–10% GC), il vettore HCF è leggermente orientato posteriormente nella metà superiore dell'acetabolo, mentre durante l'appoggio intermedio e l'appoggio terminale (10–50% GC), il vettore HCF si sposta più anteriormente con valori più elevati. Nella pre-oscillazione (50–60% GC) il vettore HCF inizia a traslare infero-medialmente mantenendo un orientamento anteriore generale. Infine, nella fase di oscillazione, i carichi intra-articolari trasmessi attraverso l'anca sono minori e il vettore HCF produce un percorso di contatto più lungo sull'acetabolo, che inizia dal quarto anteriore/superolaterale, attraversa quello anteriore/inferomediale e termina nel quarto centro della metà superolaterale.

RISULTATI

All'interno della coorte indagata, una maggiore antetorsione femorale ha portato:

- Aumento della rotazione interna dell'anca per ripristinare i bracci di leva degli abduttori (piccolo e medio gluteo).
- Compensazioni cinematiche dell'anca che influenzano il pattern di reclutamento muscolare e le forze muscolari richieste.
- Aumento delle forze di contatto articolari, con la maggior parte dei carichi che vengono trasmessi attraverso il quadrante anteriore/superolaterale dell'acetabolo.

CONCLUSIONI E LIMITI

L'aumento dell'antiversione femorale porta ad una rotazione interna dell'anca più pronunciata durante il cammino, ad una diminuzione dei bracci di leva abduttivi e ad un aumento delle forze di contatto. Questo risultato indica che gli abduttori dell'anca hanno un ruolo funzionale importante nella stabilità dell'anca e del bacino, in particolare durante l'andatura e, una loro debolezza può provocare l'attivazione compensatoria di altri muscoli e portare a HCF più anteriori, compromettendo ulteriormente le prestazioni dell'andatura. Quindi l'antetorsione femorale, attraverso strategie di compensazione cinematiche e diverse attivazioni e forze muscolari, può portare ad alterazioni della meccanica articolare e comportare un rischio di danno articolare. Infatti, l'obiettivo di questo studio è quello di identificare, all'interno di un contesto clinico, i pazienti esposti ad un maggior rischio di danno cartilagineo e insorgenza precoce di osteoartrosi dell'anca. Inoltre, l'analisi qualitativa di HCF potrebbe aiutare a identificare con precisione i soggetti che presentano carichi elevati su specifiche regioni periferiche dell'acetabolo. Questo perché un HCF più anteriore o più orientato superolateralmente può indurre stress maggiori nelle regioni più periferiche, accelerando così la degenerazione della cartilagine. Per migliorare le diagnosi individuali e pianificare in modo ottimale gli interventi correttivi ossei mirati degli arti inferiori è necessaria una migliore comprensione delle forze prodotte all'interno dell'acetabolo e delle conseguenze meccaniche dell'allineamento complessivo degli arti, in quanto potrebbero ridurre il rischio a lungo termine di degenerazione articolare da carico.

Lo studio presenta dei limiti:

- Nessun altro parametro anatomico correlato alla morfologia femorale o acetabolare è stato analizzato per i soggetti indagati; pertanto, non si può escludere che qualcuno di essi presenti un'anatomia patologica sconosciuta, che può falsare i risultati di questo studio.
- Il campione scelto per lo studio non è rappresentativo della popolazione generale.

- Necessaria un'analisi multivariata basata su una dimensione del campione più ampia per escludere l'effetto di qualsiasi altro fattore confondente, in termini sia di dati demografici che di variabilità anatomica.
 - Utilizzata come strategia di selezione solo la randomizzazione per la gamba destra o sinistra.
 - Usato solo un campione di soggetti sani, ma la valutazione qualitativa dei bracci di leva muscolare ha suggerito che l'effetto di queste deformità torsionali potrebbe essere più pronunciato per intervalli patologici di torsione femorale, quando la capacità dei muscoli abduttori è sostanzialmente ridotta.
 - Questo studio si è limitato anche all'analisi dell'andatura, che rappresenta l'attività quotidiana più comunemente svolta; tuttavia, la modellazione muscoloscheletrica può essere utilizzata per valutare accuratamente gli HCF durante le varie attività della vita quotidiana, in cui i pazienti con patologie dell'anca potrebbero presentare più difficoltà
-

3.2.6 ARTICOLO 6

Lo studio condotto da Keisuke Uemura et al.^[15] ha come obiettivo quello di far comprendere delle relazioni ancora poco conosciute, ossia quelle tra la rotazione dell'anca in posizione neutra (cioè rotazione statica) e la rotazione dell'anca in dinamica, così come la relazione tra antiversione e rotazione dell'anca durante le attività dinamiche.

POPOLAZIONE

CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
11 giovani adulti asintomatici (6 maschi e 5 femmine)	Presenza di dolore
Soggetti privi di deformità ossee	Progressi interventi chirurgici agli arti inferiori o alla schiena
Età media \pm deviazione standard: 23 \pm 2 anni	Presenza di deformità radiografiche
Altezza media \pm deviazione standard: 173 \pm 10 cm	

ESPOSIZIONE

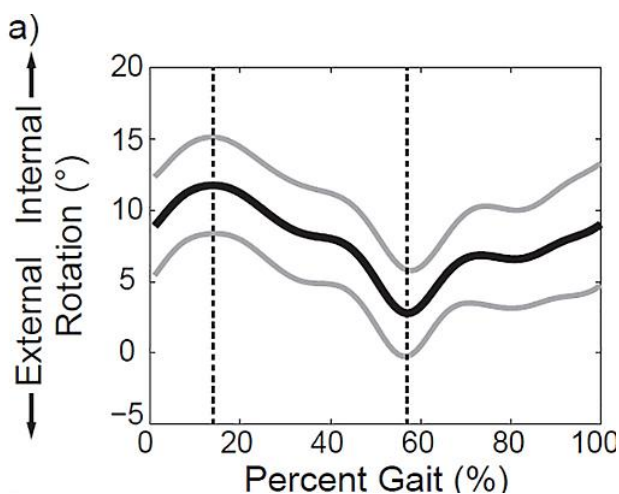
Si è attuata un'attività statica (in piedi) e tre attività dinamiche su un tapis roulant strumentato a doppia cintura, inclusa la camminata in piano a una velocità auto selezionata, la rotazione interna e quella esterna. Per misurare la rotazione dell'anca, durante le attività dinamiche, è stata utilizzata la doppia fluoroscopia (DF) e il tracciamento basato su modello (MBT). La rotazione dell'anca è stata misurata in posizione statica (rotazione statica) in ogni momento del ciclo dell'andatura. I dati per le attività di rotazione interna ed esterna sono stati considerati insieme, in modo tale che la rotazione interna ed esterna massima si verificasse durante il pivot di rotazione interna (rotazione massima) e il pivot di rotazione esterna (rotazione minima).

Per determinare l'esistenza di una relazione tra antiversione e cinematica articolare si è correlata l'antiversione femorale con: la rotazione statica, la rotazione media dell'andatura, la rotazione massima e minima, la rotazione centrale e la rotazione in ogni momento del ciclo dell'andatura normalizzato.

RISULTATI:

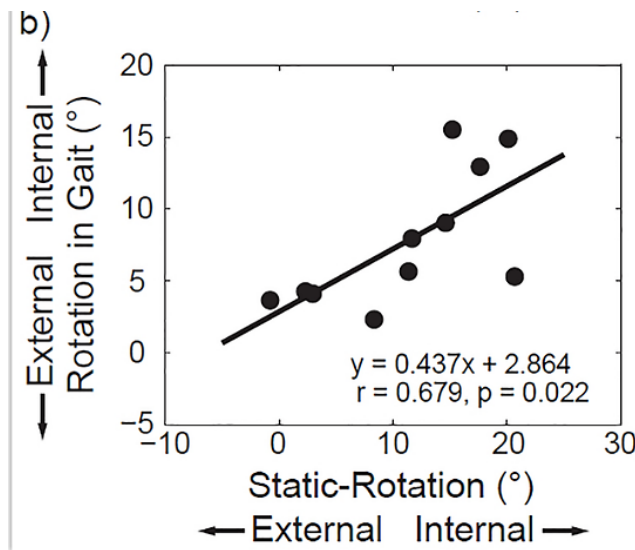
L'intervallo di rotazione dell'anca durante l'andatura era compreso tra $2,8^\circ$ e $11,8^\circ$ (figura 1 linea nera continua) ed era maggiore durante la fase di carico e in appoggio intermedio (al 13% dell'andatura) e più piccolo verso la fine dell'appoggio (al 56% dell'andatura) (figura 1a).

Figura 1a



È stata trovata una forte correlazione positiva tra la rotazione statica (in posizione eretta) e la rotazione media dell'andatura (figura 1b).

Figura 1b



In tabella 1 viene riportato un riepilogo della rotazione dell'anca e dell'antiversione del femore misurate durante le attività statiche e dinamiche e, i coefficienti di correlazione con i valori p trovati quando si associa la rotazione dell'anca con la rotazione statica e l'antiversione femorale.

Tabella 1

	Rotazione dell'anca	Antiversione femorale	Rotazione statica correlata a quella dinamica	Rotazione dell'anca correlata con l'antiversione
Statico-rotazione	11.3°±7.3°	4.4±5.6°	N/A	r = 0.672 p = 0.024
Rotazione dell'andatura media	7.8°±4.7°	7.9°±3.8°	r = 0.679 p = 0.022	r = 0.800 p = 0.003
Rotazione a perno centrale	7.7°±10.7°	8.0°±8.7°	r = 0.837 p = 0.001	r = 0.583 NS
Rotazione massima	40.9°±9.4°	-25.2°±8.2°	r = 0.754 p = 0.007	r = 0.513 NS
Rotazione minima	-25.4°±12.9°	41.1°±10.5°	r = 0.835 p = 0.001	r = 0.589 NS
Gamma di rotazione	66.3°±7.4°	66.3°±7.4°	r = 0.497 NS	r = 0.375 NS

L'antiversione femorale era di $15,7^{\circ} \pm 6,3^{\circ}$ ed era fortemente correlata con la rotazione statica e molto correlata con la rotazione media dell'andatura (tabella 1). Nell'analisi dell'antiversione e della rotazione femorale, è stata osservata una correlazione positiva da forte a molto forte durante tutta la fase di appoggio (0–60% dell'andatura) e durante l'oscillazione centrale e terminale (86–100% dell'andatura).

CONCLUSIONI E LIMITI

La correlazione positiva tra antiversione femorale e rotazione dinamica concorda con i risultati precedenti secondo i quali, i soggetti con antiversione aumentata, hanno una maggiore rotazione interna dell'anca in modo da stabilizzarla durante i movimenti dinamici. La stabilizzazione dell'anca, creata dalla co-contrazione dei rotatori interni ed esterni dell'anca, può posizionare il grande trocantere laterale in un orientamento più neutro. A sostegno di ciò, i risultati ottenuti affermano che le differenze cinematiche tra i soggetti potrebbero essere nascoste quando si assumono posizioni neutre equivalenti. Inoltre, è stato riportato che il medio gluteo svolge un ruolo vitale nella stabilizzazione dell'anca, in quanto provoca la rotazione interna del femore a causa del suo attacco sul grande trocantere anteriormente, neutralizzando così la rotazione femorale prossimale. Dunque, i risultati suggeriscono che la rotazione prossimale del femore, che considera sia l'anatomia che la rotazione dell'anca specifica per il soggetto, può essere una buona metrica da utilizzare quando si interpreta la cinematica articolare derivata da simulazioni al computer o quando si pianificano procedure chirurgiche che alterano l'antiversione femorale.

Le forti correlazioni positive della rotazione statica con la rotazione dell'anca durante le attività dinamiche supportano l'ipotesi che i soggetti, con una maggiore rotazione interna dell'anca in posizione statica, aumentano la rotazione interna dell'anca durante le attività dinamiche.

Questo studio presenta dei limiti:

- Campione relativamente piccolo, il che richiede forti correlazioni per raggiungere la significatività statistica.
- Le relazioni tra rotazione statica e dinamica sono state valutate solo per movimenti poco ampi e complessi.
- I movimenti osservati potrebbero aver influenzato la rotazione dell'anca misurata.
- La rotazione di altre articolazioni degli arti inferiori (es. ginocchio e caviglia) potrebbe influenzare la rotazione dell'anca.

3.2.7 ARTICOLO 7

Lo scopo dello studio prospettico di Elyse Passmore et al. ^[14] è di determinare come l'aumento idiopatico dell'antiversione del collo femorale e della torsione tibiale esterna influenzano la cinematica, la cinetica e il carico articolare degli arti inferiori durante l'andatura nei bambini e negli adolescenti.

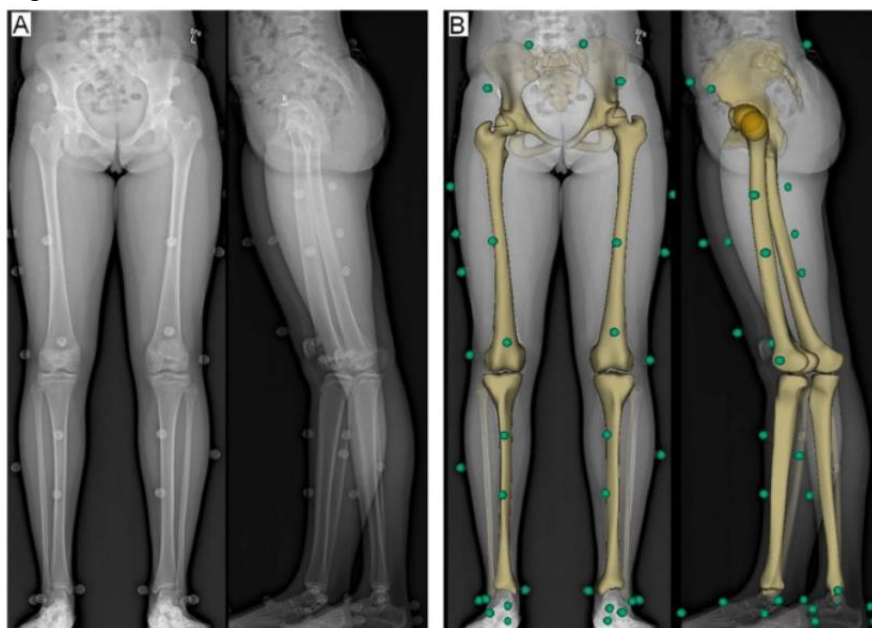
POPOLAZIONE

CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
Età compresa tra 8 e 18 anni	Presenza all'esame obiettivo di: dolore all'anca o al ginocchio, lussazioni o instabilità della rotula e aumento dell'antiversione del collo femorale e della torsione tibiale
Dati demografici dei pazienti (media \pm DS): età 14 ± 2 anni; altezza $1,59 \pm 0,12$ m; massa corporea, 54 ± 15 kg.	Cammino non autonomo
	Disturbi neuromuscolari, genetici o metabolici

ESPOSIZIONE

Sono stati creati modelli muscoloscheletrici specifici per i soggetti con deformità torsionali, mediante radiografia biplanare a basso dosaggio e analisi dell'andatura 3D con marcatori cutanei. L'imaging è stato acquisito simultaneamente sul piano frontale e sagittale, con il partecipante in stazione eretta, con un piede davanti all'altro per consentire la visualizzazione di entrambi i set di condili femorali (figura 1A).

Figura 1



I confronti del movimento articolare e delle coppie articolari nette durante l'andatura sono stati effettuati con un gruppo di controllo della stessa età senza deformità torsionali. Gli effetti delle deformità torsionali sulle forze di contatto muscolari e articolari sono stati studiati utilizzando due modelli muscolo-scheletrici personalizzati: uno con torsione normale (modello 1) e un altro con torsione paziente-specifica (modello 2). Successivamente, sono state calcolate, utilizzando entrambi i modelli, le forze di contatto muscolari e articolari. Le forze muscolari sono state calcolate utilizzando l'ottimizzazione statica e sono state confrontate con i segnali EMG registrati per i muscoli selezionati. La forza di contatto dell'articolazione dell'anca è espressa nel sistema di coordinate acetabolare e la componente della forza, che agisce perpendicolarmente al piano acetabolare, è stata definita come forza di compressione, mentre le componenti del piano sono state trattate come componenti di taglio.

RISULTATI

I pazienti reclutati in questo studio presentavano deformità torsionali sia nei femori che nelle tibie con un'antiversione media del collo del femore di $38^\circ \pm 9^\circ$, un angolo medio collo-diafisi di $133^\circ \pm 5^\circ$ e una torsione tibiale esterna media di $40^\circ \pm 10^\circ$.

Aumento della torsione tibiale esterna durante la fase di appoggio del cammino (angolo di torsione tibiale esterno di $20^\circ \pm 13^\circ$) che, se associata a lassità legamentosa, può portare a segnalazioni di dolore al ginocchio e d'instabilità rotulea.

I soggetti hanno fatto registrare un aumento del rom in rotazione interna dell'anca di 13° (95% CI: 7° - 19°), una diminuzione del rom in rotazione esterna di 19° (CI: 13° , 25°), un aumento del

rom in abduzione di 11° (95% CI: 6°, 16°) e un aumento del rom in estensione di ginocchio di 4° (95% CI: 2°, 6°) rispetto ai soggetti di controllo (p <0,001).

Le deformità torsionali, sia a livello del collo del femore che a livello della diafisi, portano ad un aumento sia della componente compressiva (p=0.001) della forza di contatto dell'articolazione dell'anca sia della componente medio-laterale (p=0,002) della forza di contatto dell'articolazione femoro-rotulea.

CONCLUSIONI E LIMITI

In questo studio si è riscontrato che un aumento della torsione femorale idiopatica e della torsione esterna della tibia porta ad un aumento della rotazione interna dell'anca e della rotazione esterna del ginocchio. In questo studio, i risultati suggeriscono che le deformità torsionali portano ad un aumento di 0,7 volte il peso corporeo sulla componente compressiva della forza di contatto dell'articolazione dell'anca e ad un aumento di 0,1 volte il peso corporeo nella componente medio laterale della forza di contatto dell'articolazione femoro-rotulea. Questi risultati, dal punto di vista della rilevanza clinica sul lungo termine, dovrebbero essere al centro di future indagini.

Questo studio presenta dei limiti:

- Le radiografie biplanari non erano disponibili per i soggetti di controllo, il che ha compromesso le stime dei parametri articolari.
- Utilizzo dell'ottimizzazione statica per calcolare le forze muscolari.
- Sono stati reclutati bambini di età inferiore ai dieci anni, fattore che non rispecchia i criteri di inclusione elencati in precedenza, ma si è comunque proceduto a scegliere tale studio perché risulta interessante ai fini clinici del quesito e oltretutto il criterio dell'età si discostava poco.

TERZO GRUPPO

3.2.8 ARTICOLO 8

Lo sviluppo della tomografia computerizzata ha fornito un metodo per la valutazione dell'antiversione acetabolare negli esseri viventi. Infatti, lo scopo principale dello studio di O Reikerås et al.^[8] era di misurare negli adulti la normale antiversione dell'acetabolo in posizione

eretta e di valutare la relazione tra l'antiversione dell'acetabolo e del collo del femore nei soggetti con osteoartrosi dell'anca.

POPOLAZIONE

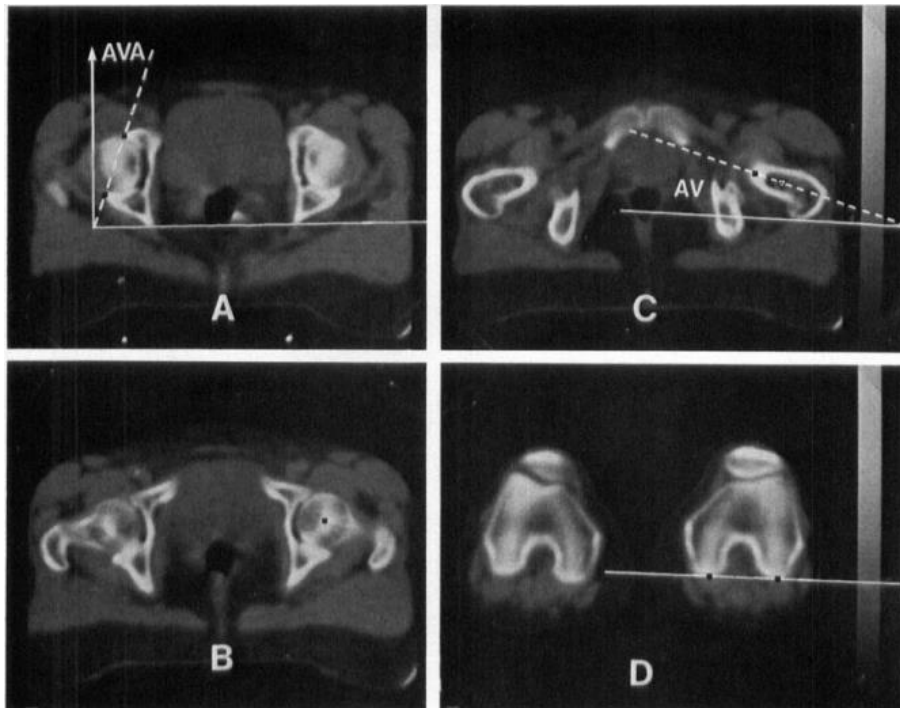
È stato condotto uno studio prospettico su 86 individui.

CRITERI DI INCLUSIONE	CRITERI DI ESCLUSIONE
47 soggetti di età compresa tra i 23 e i 74 anni (con un'età media di 58,1 per le femmine e 59,8 anni per i maschi). 39 soggetti con età compresa tra i 41 e i 74 anni (media 65,2 anni).	Contratture in flessione dell'anca
47 Soggetti sani scheletricamente 39 soggetti che necessitavano di osteotomia intertrocanterica o totale	

ESPOSIZIONE

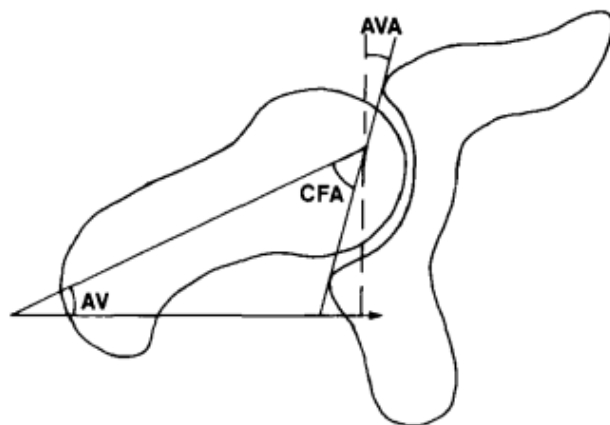
L'angolo di antiversione dell'acetabolo (angolo AVA, figura 1) e l'angolo di antiversione del collo femorale (angolo AV, figura 1) sono stati determinati mediante TC con i pazienti in posizione supina, con le anche estese e le cosce orizzontali e parallele. L'angolo AVA è stato definito come l'orientamento ventrale dell'acetabolo rispetto al piano sagittale e per identificarlo si sono presi due punti: uno è stato assegnato al bordo anteriore dell'acetabolo e l'altro al margine posteriore (figura 1A). Infine, è stata tracciata la linea che collega questi due punti che, insieme al piano sagittale del bacino, forma l'angolo AVA. Invece, per determinare l'angolo AV (figura 1B), si è fatta partire una linea dalla testa del femore alla parte centrale del collo (Figura 1C). L'angolo formato da questa linea, che congiunge i due punti e il piano di riferimento (determinato dalla tangente che unisce i due condili femorali) viene chiamato angolo AV (figura 1D).

Figura 1



La relazione tra l'angolo AV e AVA viene espressa dall'angolo CFA (collum femoris acetabulum) (figura 2).

Figura 2



RISULTATI

L'antiversione normale dell'acetabolo è risultata di $17^{\circ} \pm 6^{\circ}$ (media \pm deviazione standard) mentre quella del collo femorale di $13^{\circ} \pm 7^{\circ}$.

Non è stata rilevata nel gruppo esaminato alcuna differenza di sesso negli angoli AVA, AV e CFA (tabella 1).

Tabella 1

Normali	AVA°	AV°	CFA°
Femmine	18(\pm 6)	14(\pm 7)	58(\pm 10)
Maschi	16(\pm 5)	11(\pm 7)	63(\pm 9)
Totale	17(\pm 6)	13(\pm 7)	60(\pm 10)
Pazienti	18(\pm 6) NS	19(\pm 9)	53(\pm 11)

Nei pazienti con osteoartrosi l'angolo AV era significativamente maggiore ($P < 0.001$) e l'angolo CFA era significativamente più piccolo ($P < 0.001$) rispetto al gruppo di soggetti sani.

Non c'era alcuna differenza significativa nei valori dell'angolo AVA tra i due gruppi.

CONCLUSIONI E LIMITI

In questo studio, l'antiversione femorale è aumentata senza una contemporanea diminuzione dell'antiversione acetabolare. L'adeguamento dell'acetabolo alla testa del femore dipende dalla relazione tra l'antiversione dell'acetabolo e del collo femorale ed è un criterio su cui prestare attenzione nella valutazione dell'anca, in quanto rappresenta un fattore d'instabilità. In caso di relazione sfavorevole la testa del femore si può sublussare lateralmente e in avanti, portando l'arto inferiore ad una rotazione verso l'esterno. In molti casi, dai valori dell'angolo CFA la stabilità della normale articolazione dell'anca sembra essere sfavorevole, in particolare nel genere femminile. Secondo von Lanz (1951) e McKibbin(1970) l'antiversione dell'acetabolo aumenta durante la crescita. In un precedente studio, i bambini con antiversione idiopatica aumentata del collo del femore (Reikerls et al. 1982) avevano l'angolo AVA medio di 14° . Questo valore è rappresentativo della normale antiversione nei bambini ma durante la crescita sembra aumentare leggermente. Infatti, nel presente studio è stata trovata una correlazione tra l'età dei soggetti e i valori dell'angolo AVA, indicando che l'antiversione acetabolare non cambia dopo il completamento della crescita. Invece, non è stata trovata nessuna correlazione tra l'età dei pazienti e i valori dell'angolo AV.

Questo studio presenta dei limiti:

-Risulta possibile che la correlazione tra antiversione femorale e acetabolare non sia stata trovata proprio perché il campione esaminato presentava coxartrosi, elemento che potrebbe essere espressione di un non corretto adattamento tra anca e bacino.

-Si potrebbe ipotizzare che le deformazioni artrosiche del collo femorale siano alla base di una serie di risultati falsati e, che quindi esprimano una relazione acetabolo-collo femorale diversa da quella prevista nella popolazione non affetta da coxartrosi.

3.3 TABELLA SINOTTICA

La tabella successiva (tabella II) riassume le principali caratteristiche degli studi considerati, in particolare vengono evidenziati:

- Autori
- Anno di pubblicazione
- Popolazione
- Caratteristiche dell'esposizione
- Obiettivi
- Outcomes analizzati e le misure utilizzate

Tabella II: tabella sinottica delle principali caratteristiche degli studi inclusi

AUTORE	POPOLAZIONE	ESPOSIZIONE	OBIETTIVO	OUTCOME
Jung-Taek Kim et al. 2021 ^[7]	100 TC di soggetti scheletricamente sani: <ul style="list-style-type: none"> • 50 di sesso maschile • 50 di sesso femminile 	Misurazione di PI e dell'orientamento acetabolare con modelli di 100 bacini ricostruiti in 3D nel sistema di coordinate basato sul piano pelvico anteriore (APP).	Determinare se la correlazione tra incidenza pelvica (PI) e orientamento acetabolare è presente nei bacini di giovani adulti sani e se la correlazione è presente in sottogruppi di sesso, o tra il bacino sinistro e destro	<ul style="list-style-type: none"> - Correlazione tra PI e orientamento acetabolare non statisticamente significativa. - Nessuna correlazione significativa tra PI e orientamento acetabolare - Nessuna differenza significativa tra l'orientamento acetabolare sinistro e destro
S. Zilber et al. 2004 ^[9]	13 pelvi: <ul style="list-style-type: none"> - 10 provenienti da soggetti imbalsamati 7 donne e 3 uomini (età media 79 anni) - 3 da soggetti sani: 2 donne e 1 uomo (età media 35 anni). 	Studio di 12 sezioni per ciascuna pelvi: caudale, centrale e cranica, rispettivamente a 0°, 20°, 40° e 60° di gradiente sacrale	Indagare la variazione dell'antiversione acetabolare a livello centrale, caudale e cranico in quattro diverse posizioni di inclinazione dorso-ventrale del bacino.	<ul style="list-style-type: none"> -Diminuzione dell'antiversione acetabolare caudale, centrale e cranica durante l'inclinazione ventrale del bacino sui quattro tilt studiati. -Diminuzione dell'antiversione dalla parte caudale alla parte centrale dell'acetabolo, indipendentemente dall'inclinazione dorso-ventrale del bacino. -In posizione seduta aumento dell'antiversione acetabolare dalla parte centrale a quella cranica. Rimane invariata in posizione eretta

Sasaki et al. 2017 ^[12]	32 donne con deambulazione autonoma: <ul style="list-style-type: none"> • Gruppo R: retroversione pelvica (PT\geq20°) • Gruppo N: normale (PT<20°). 	Studio biomeccanico in vivo utilizzando un modello muscolo-scheletrico tridimensionale (3D) per soggetti anziani con o senza retroversione pelvica.	-Confrontare l'allineamento sagittale della colonna vertebrale, del bacino e degli arti inferiori nei soggetti con e senza retroversione pelvica -Osservare la presenza di cambiamenti nell'allineamento sagittale in posizione eretta e durante il cammino.	<u>Gruppo N:</u> aumento di C-SVA e C-TPA durante il cammino Nessun cambiamento in C-PT e C-PI-LL <u>Gruppo R:</u> aumento di C-SVA e C-TPA durante il cammino. Riduzione di C-PT durante il cammino. Riminuzione dell'angolo di flessione dell'anca
Kathryn Kumagai et al. 2015 ^[17]	29 lanciatori di baseball collegiali provenienti da: <ul style="list-style-type: none"> • 15 dal roster di lancio attivo dell'Azusa Pacific University • 14 dal roster di lancio della California State University San Bernardino. 	Valutazione di: -movimento passivo di rotazione interna (IR) ed esterna (ER) dell'anca -antiversione o retroversione dell'anca -forza del grande e medio gluteo, del rotatore interno ed esterno -controllo lombo-pelvico con rotazione dell'anca attiva in posizione prona	Riportare i risultati preliminari per il movimento passivo e per la forza isometrica dei muscoli dell'anca nei lanciatori collegiali e confrontarli con i valori precedentemente pubblicati per i lanciatori professionisti	Il 52% dei lanciatori destri e il 50% dei mancini hanno dimostrato uno scarso controllo motorio lombo-pelvico. Non ci sono state differenze significative nel movimento passivo dell'anca o nella forza del medio gluteo tra lanciatori destri e mancini. 16 lanciatori su 29 (55%) hanno dimostrato una retroversione in entrambi gli arti e solo 4 presentavano retroversione solo nell'arto del passo o nell'arto posteriore
Enrico De Pieri et al. 2021 ^[11]	37 volontari adulti asintomatici con torsione femorale: <ul style="list-style-type: none"> • 15 femmine • 22 maschi 	Studio attraverso modelli muscoloscheletrici personalizzati basati su dati di analisi dell'andatura motion-capture (3D) e dati morfologici ottenuti con radiografia a basso dosaggio.	Valutare l'effetto della torsione femorale sulla cinematica, cinetica, forze muscolari e forze di contatto dell'anca durante l'andatura	Un aumento dell'antetorsione femorale ha portato: 1)Alterazioni delle braccia di leva muscolare e compensazioni cinematiche dell'anca, che influenzano le forze muscolari richieste. 2)HCF anteromediali più elevati durante l'andatura 3)La maggior parte dei carichi durante l'andatura viene trasmessa attraverso il quadrante anteriore/superolaterale dell'acetabolo.
Keisuke Uemura et al. 2018 ^[15]	18 soggetti asintomatici sottoposti a screening: <ul style="list-style-type: none"> - 7 soggetti esclusi per la presenza di deformità radiografiche - 11 soggetti (6 maschi) inclusi nello studio perché soddisfano i criteri di eleggibilità. 	Misurazione attraverso modelli di TC 3D e doppia fluoroscopia dell'antiversione femorale e della rotazione dell'anca in statica e in dinamica	1) Determinare la relazione tra la rotazione dell'anca in posizione statica e in dinamica 2) Valutare l'associazione tra antiversione femorale e rotazione dell'anca durante le attività dinamiche	1) Forti correlazioni positive della rotazione statica con la rotazione dell'anca durante le attività dinamiche 2) Correlazione positiva tra antiversione femorale e rotazione dinamica: soggetti con > antiversione hanno > rotazione interna dell'anca

Elyse Passmore et al. 2018 ^[4]	15 pazienti (4 maschi, 11 femmine): <ul style="list-style-type: none"> - 3 soggetti (2 maschi, 1 femmina) sono stati esclusi dallo studio in quanto non soddisfano i criteri di eleggibilità. - 12 pazienti inclusi nello studio (2 maschi, 10 femmine). 	Vengono creati modelli muscoloscheletrici specifici per i soggetti con deformità torsionali, mediante radiografia biplanare a basso dosaggio e analisi dell'andatura 3D	Determinare come l'aumento idiopatico dell'antiversione femorale e della torsione tibiale esterna influenzano la cinematica, la cinetica e il carico articolare degli arti inferiori durante l'andatura	L'antiversione del collo femorale e la torsione tibiale esterna per i pazienti erano $38^\circ \pm 9^\circ$ e $40^\circ \pm 10^\circ$. Maggiore rotazione interna dell'anca, maggiore rotazione esterna del ginocchio e dell'inclinazione pelvica durante l'andatura. Efficacia del meccanismo di estensione plantare-flessore-ginocchio è stata ridotta La forza di contatto dell'articolazione dell'anca era maggiore nel modello con torsione specifica per il paziente. Aumenta la componente mediolaterale della forza di contatto femore-rotula
O Reikerås et al. 1983 ^[8]	86 individui (26 femmine e 21 maschi): <ul style="list-style-type: none"> • 47 adulti sani scheletricamente a livello delle anche • 39 soggetti con osteoartrosi (27 femmine e 12 maschi) 	Utilizzo della tomografia computerizzata per determinare l'antiversione dell'acetabolo e del collo del femore	1) Misurare negli adulti la normale antiversione dell'acetabolo in posizione eretta 2) Valutare la relazione tra antiversione dell'acetabolo e del collo del femore nei soggetti normali e nei pazienti con osteoartrosi dell'anca	1) Nei pazienti con osteoartrosi l'antiversione femorale è stata in media di 6° maggiore rispetto ai soggetti sani. 2) Nessuna differenza è stata rilevata nei valori dell'antiversione acetabolare tra i due gruppi

3.4 RISCHIO DI BIAS DEGLI STUDI

La valutazione del Risk of Bias tramite la Minors Scale modificata e la PEDro Scale di ogni studio è stata riportata in Tabella III e in Tabella IV.

Tabella III: valutazione del rischio di bias secondo la Minors Scale modificata

Autore e anno	1	2	3	4	5	6	Tot.
Jung-Taek Kim et al. 2021 ^[7]	2	2	0	1	0	1	6/12
S. Zilber et al. 2004 ^[9]	2	2	0	2	0	1	7/12
Kathryn Kumagai et al. 2015 ^[17]	2	2	2	2	0	1	9/12
Enrico De Pieri et al. 2021 ^[11]	2	2	0	2	0	2	8/12
Keisuke Uemura et al. 2018 ^[15]	2	2	0	2	0	1	7/12

Elyse Passmore et al. 2018 ^[14]	2	2	0	2	0	1	7/12
O Reikerås et al. 1983 ^[8]	2	2	0	1	0	1	6/12

1. Obiettivo dichiarato chiaramente; 2. Inclusione di pazienti idonei; 3. Dati raccolti secondo un protocollo prestabilito; 4. Endpoint adeguati allo scopo dello studio; 5. Valutazione in cieco dell'endpoint dello studio; 6. Calcolo prospettico della dimensione dello studio.

Tabella IV: valutazione del rischio di bias secondo la PEDro Scale

Autore e anno	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Tot
Sasaki et al. 2017 ^[12]	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	6/10

*1. Definizione criteri di eleggibilità; 2. Allocazione randomizzata; 3. Assegnazione nascosta dei partecipanti; 4. Omogeneità tra i gruppi alla baseline; 5. Cecità dei partecipanti; 6. Cecità dei terapisti; 7. Cecità dei valutatori; 8. Adeguato follow-up (85%); 9. Analisi per "intenzione di trattamento"; 10. Confronto statistico tra gruppi per almeno uno degli obiettivi principali; 11. Misure puntiformi di efficacia e di variabilità. *1 non fa punteggio nel totale della scala.*

Lo studio presenta bias di mancata cecità dei partecipanti, dei terapisti e dei valutatori, oltre a non essere presente un adeguato follow-up (85%), con un punteggio totale di 6/10.

4.DISCUSSIONE

4.1 Interpretazione dei risultati

La seguente revisione ha dato la possibilità di evidenziare i fattori principali per ogni gruppo di studio presentato. In primo luogo, il primo gruppo di studi permette di osservare l'effetto del tilt pelvico (o dei parametri ad esso associati) rispetto all'antiversione dell'acetabolo e alla mobilità dell'anca, facendo emergere che la retroversione del bacino aumenta l'antiversione acetabolare e l'estensione dell'anca. Sicuramente l'orientamento acetabolare è considerato una caratteristica morfologica chiave nel determinare le funzioni e i sintomi relativi all'acetabolo. Invece l'effetto del tilt pelvico sull'orientamento acetabolare rimane ancora un argomento poco indagato e ricco di pareri contrastanti. Infatti, due studi presentano risultati differenti: lo studio di Jung-Taek Kim et al. ^[7] non ha rilevato una significativa correlazione tra questi due parametri, mentre lo studio di S. Zilber et al. ^[9] conferma l'aumento dell'antiversione acetabolare all'aumentare della retroversione del bacino, in maniera lineare. Si pensa che la divergenza dei risultati derivi dal fatto che il primo studio ^[7] non ha rilevato nessuna correlazione tra i parametri morfologici pelvici (PI) e l'orientamento acetabolare, in quanto il bacino è stato analizzato su un piano ideale che non rispecchia quello reale. Invece, il secondo studio ^[9] risulta più congruente e più interessante ai fini clinici, in quanto analizza le variazioni dell'antiversione acetabolare (a livello caudale, centrale e cranico) in quattro diverse posizioni di inclinazione dorso-ventrale del bacino. Rispettivamente a 0°, 20°, 40° e 60° del gradiente sacrale le antiversioni medie erano:

-Antiversioni caudali 52°, 48°, 31° e 15°

-Antiversioni centrali 45°, 36°, 26° e 11°

-Antiversioni craniche 44°, 39°, 26° e 2°

La retroversione pelvica, oltre a causare un aumento dell'antiversione acetabolare, comporta anche un aumento dell'estensione dell'anca. Infatti, dallo studio di Ken Sasaki et al. ^[12] emerge che i soggetti con cifosi tentano di mantenere la posizione eretta e a camminare utilizzando determinati meccanismi di compensazione. Uno di questi compensi è la retroversione pelvica (>20°), la quale porta ad una seconda compensazione, ossia l'iperestensione dell'anca. Infatti, i soggetti con retroversione avevano un'estensione dell'anca di $-6.9^{\circ} \pm 5.9^{\circ}$, invece gli individui senza retroversione di $-4.5^{\circ} \pm 8.5^{\circ}$. Gli studi analizzati ^[7,9,12,17] segnalano che l'incidenza pelvica (PI) è un importante parametro morfologico che regola l'equilibrio sagittale e influenza i parametri posizionali della colonna vertebrale e dell'anca. Lo squilibrio sagittale, dovuto all'aumento della cifosi spinale o all'inclinazione posteriore pelvica durante la posizione eretta, è un fattore critico che influenza la qualità di vita del soggetto. Oltretutto dall'analisi dello studio di Kathryn Kumagai et al. ^[17], emerge che l'orientamento retroverso dell'anca può dare origine a problemi di conflitto tra il collo femorale e l'acetabolo anteriore, limitandone il rom, soprattutto durante le attività che richiedono una rotazione. La stretta vicinanza dell'anca alla regione lombo-pelvica può predisporre la zona lombare a forze di rotazione eccessive, quando le regioni più prossimali devono compensare la rotazione limitata delle anche. L'interdipendenza regionale tra la regione lombo-pelvica e l'anca è un fattore da tenere in

considerazione e da valutare per determinare la presenza o meno di strategie compensatorie eccessive da parte di entrambe le strutture.

Successivamente il secondo gruppo di studi permette di osservare l'effetto della torsione del collo del femore rispetto all'adattamento dell'anca nei tre piani dello spazio. Tre studi [11,14,15] hanno evidenziato che l'aumento dell'antiversione femorale porta ad una rotazione interna dell'anca più pronunciata durante il cammino, ad una diminuzione dei bracci di leva abduttivi e ad un aumento delle forze di contatto. In particolare, lo studio di Enrico De Pieri et al. [11] ha valutato l'effetto della sola torsione femorale sui carichi dell'anca, andando ad escludere parametri come la copertura acetabolare, la retroversione acetabolare e la presenza di deformità articolari, grazie al reclutamento di soggetti che presentavano una perfetta meccanica dell'anca. Si è evidenziato che, con l'aumento dell'antiversione femorale, il meccanismo compensatorio di rotazione interna dell'anca (20°), si verifica nel passaggio dall'appoggio allo swing (57-63% del ciclo del passo) per cercare di ripristinare i bracci di leva degli abduttori dell'anca (nello specifico piccolo e medio gluteo), in modo da stabilizzare l'articolazione durante i movimenti dinamici. Invece, lo studio di Keisuke Uemura et al. [15] afferma che l'intervallo di rotazione interna dell'anca durante l'andatura è compreso tra $2,8^\circ$ e $11,8^\circ$ ed è presente durante tutta la fase di appoggio (0-60% del ciclo del passo) e durante l'oscillazione centrale e terminale (86-100% del ciclo del passo). Questo studio [15] conferma il meccanismo compensatorio di rotazione interna dell'anca in dinamica, con un'antiversione femorale di $15,7^\circ \pm 6,3^\circ$ e la correla alla rotazione interna statica dell'anca. Questo significa che i soggetti con una maggiore rotazione interna dell'anca in posizione eretta ($\geq 11,3$) presentavano una maggiore intrarotazione durante il cammino, con una rotazione interna media di $7,8^\circ$. Tuttavia, questi due studi [11,15] sono stati eseguiti solo su soggetti sani, ecco perché si ritiene che in uno studio futuro, sia meglio includere anche i pazienti sintomatici con un'eccessiva antitorsione femorale, in quanto potrebbero presentare meccanismi cinematici compensativi più pronunciati per prevenire il dolore. Infine, lo studio di Elyse Passmore [14], condotto sui bambini e sugli adolescenti, evidenzia che le deformità torsionali, sia a livello del collo del femore che a livello della diafisi, portano ad un aumento sia della componente compressiva della forza di contatto dell'articolazione dell'anca sia della componente medio-laterale della forza di contatto dell'articolazione femoro-rotulea. I pazienti reclutati in questo studio presentavano deformità torsionali sia nei femori che nelle tibie con un'antiversione media del collo del femore di $38^\circ \pm 9^\circ$, un angolo medio collo-diafisi di $133^\circ \pm 5^\circ$ e una torsione tibiale esterna media di $40^\circ \pm 10^\circ$. Gli stessi soggetti hanno fatto registrare un aumento del rom in rotazione interna dell'anca di 13° (95% CI: 7° - 19°), una diminuzione del rom in rotazione esterna di 19° (CI: 13° , 25°), un aumento del rom in abduzione di 11° (95% CI: 6° , 16°) e un aumento del rom in estensione di ginocchio di 4° (95% CI: 2° , 6°) rispetto ai soggetti di controllo. Un fattore importante che si è riscontrato è l'aumento della torsione tibiale esterna durante la fase di appoggio del cammino, che, se associata a lassità legamentosa, può portare a segnalazioni di dolore al ginocchio e d'instabilità rotulea. Quindi, l'antetorsione femorale, attraverso strategie cinematiche alterate e/o diverse attivazioni e forze muscolari, può portare a forze di contatto alterate e comportare un rischio di danno articolare. Questo risultato indica che, una valutazione per essere completa e funzionale, deve tenere in considerazione questo fattore.

Infine, il terzo gruppo di studi osserva l'effetto dell'antiversione dell'acetabolo rispetto all'antiversione del collo del femore. Lo studio di O Reikerås et al. ^[8] non ha riportato nessuna relazione tra antiversione femorale e acetabolare nei soggetti affetti da coxartrosi. Seguendo un ragionamento empirico e mettendo in relazione i risultati ottenuti dagli altri studi inclusi in questa revisione, si potrebbe ipotizzare che la retroversione del bacino sia correlata ad un aumento dell'antiversione dell'acetabolo, ad un aumento dell'estensione dell'anca ma che non ci sia relazione col grado di torsione del femore (proprio perché l'antiversione dell'acetabolo non risulta nello studio di O Reikerås correlata all'antiversione femorale). Quindi pur avendo elementi a supporto della relazione tra il suddetto grado di torsione del femore ed il rom dell'anca in rotazione ed abduzione, non si può ipotizzare nessuna relazione tra questi parametri ed il grado di versione del bacino. In riferimento allo studio di O Reikerås è possibile che la correlazione ricercata non sia stata trovata proprio perché il campione esaminato presentava coxartrosi, elemento che potrebbe essere espressione di un non corretto adattamento tra anca e bacino. Infatti, si potrebbe ipotizzare che le deformazioni artrosiche del collo femorale siano alla base di una serie di risultati falsati e, che quindi esprimano una relazione acetabolo-collo femorale diversa da quella prevista nella popolazione non affetta da coxartrosi. Dunque, questo ragionamento porta a non escludere una relazione lineare tra antiversione/retroversione del bacino, torsione del femore e grado di mobilità dell'anca nei tre piani dello spazio.

5.CONCLUSIONI

I risultati di questa revisione affermano che la retroversione del bacino aumenta l'antiversione acetabolare e l'estensione dell'anca e che l'aumento dell'antiversione del collo femorale è comunemente associato ad una maggiore rotazione interna dell'anca sia in stazione eretta che durante l'andatura, agendo come strategia compensativa per la diminuzione dei bracci di leva dei muscoli abduzioni dell'anca. Tuttavia, non ci sono elementi per trarre conclusioni sulla relazione tra il grado di versione del bacino, l'antiversione del collo femorale e la mobilità dell'anca nel piano orizzontale e frontale.

Tutti gli studi presentano alcuni limiti e bias:

- ✓ Rigorosi criteri di inclusione ed esclusione che potrebbero limitare il fatto di generalizzare i risultati → ridotta numerosità e qualità del campione (può essere presente un bias del campione).
- ✓ Selezione di soggetti che non presentano pregressi interventi chirurgici → non risultano rappresentativi della popolazione reale.
- ✓ La mancata cecità degli operatori che erogano il trattamento è giustificata dalla necessità di questi ultimi di conoscere le tecniche di valutazione.
- ✓ I metodi di misurazione dei parametri dello studio sono per la maggior parte limitati dalla risoluzione delle immagini, che potrebbe portare a una perdita di precisione.

- ✓ Necessaria un'analisi multivariata basata su una dimensione del campione più ampia per escludere l'effetto di qualsiasi altro fattore confondente, in termini sia di dati demografici che di variabilità anatomica.

Per quanto riguarda le future linee di ricerca si ritiene cruciale esplorare la relazione tra l'antiversione dell'acetabolo e la torsione femorale su soggetti non artrosici, in modo tale da sfatare o confermare le ipotesi su esposte ed ovviamente pensare a specifici studi osservazionali che mettano in relazione il grado di ante/retroversione del bacino con il grado di mobilità dell'anca nel piano orizzontale e frontale.

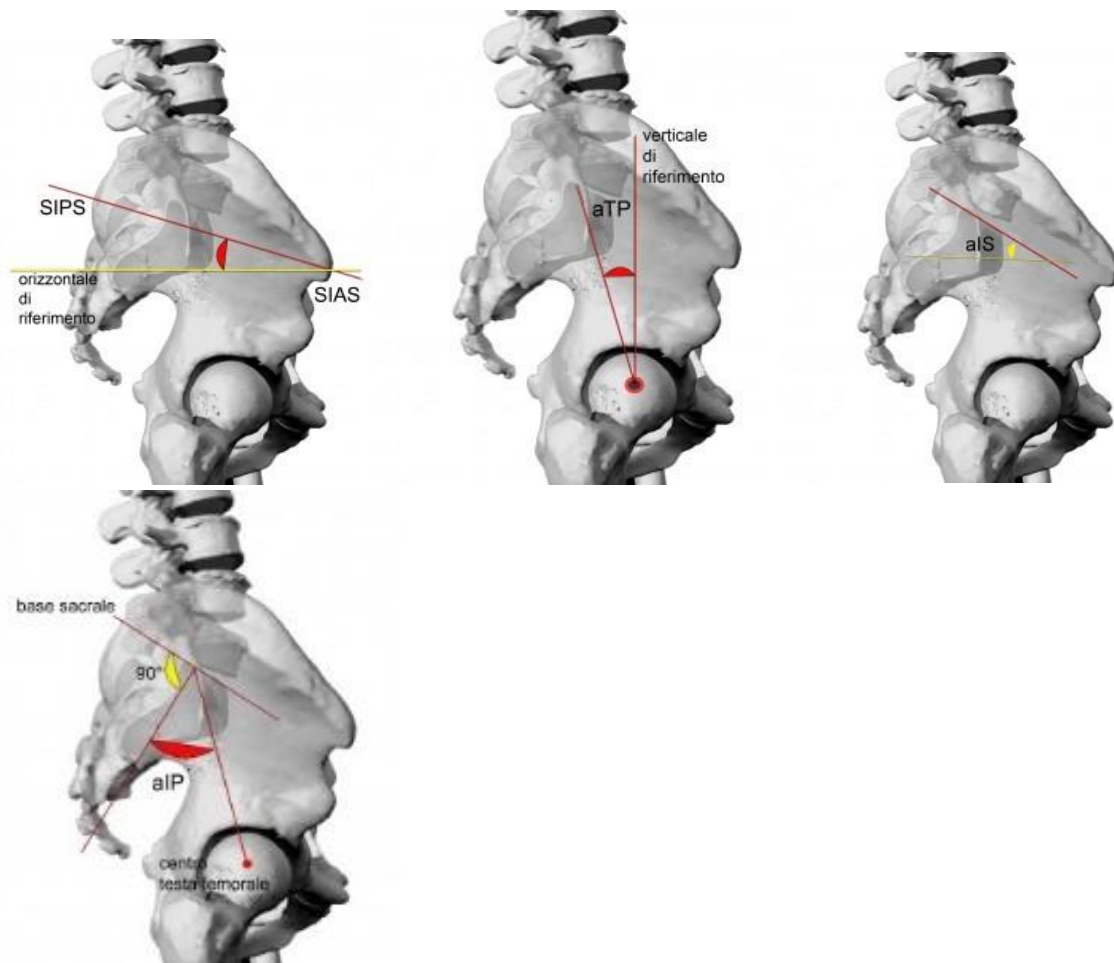
BIBLIOGRAFIA

- 1) Derrick G Sueki, Joshua A Cleland, Robert S Wainner. A regional interdependence model of musculoskeletal dysfunction: research, mechanisms, and clinical implications. *Journal of Manual & Manipulative Therapy* 2013 May;21(2):90-102. doi: 10.1179/2042618612Y.0000000027.
- 2) Caitlyn Welsh, PT, MPT, William J. Hanney, PT, e Morey J. Kolber. Rehabilitation of a Female Dancer with Patellofemoral Pain Syndrome: Applying Concepts of Regional Interdependence in Practice. *The Sports Physical Therapy Section of the American Physical Therapy Association*. 2010 Jun; 5(2): 85-97. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953389/>
- 3) Daniel W. Vaughn, PT, PhD, FAAOMPT. Isolated Knee Pain: A Case Report Highlighting Regional Interdependence. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. October 2008; Volume 38(10): 616-623. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2008.2759>
- 4) Karl F. Bowman, Jr., M.D., Jeremy Fox, B.A e Jon K. Sekiya. A Clinically Relevant Review of Hip Biomechanics. *Arthroscopy Association of North America*. August 2010; volume 26 (8): 118-1129. doi: 10.1016/j.arthro.2010.01.027
- 5) Cara L. Lewis, Natalie M. Laudicina, Anne Khuu e Kari L. Loverro. The Human Pelvis: Variation in structure and function during gait. *Anatomical record* 2017; 300(4): 633–642. doi: 10.1002/ar.23552
- 6) Boulay C, Tardieu C, Hecquet J et al: Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J* (2006) 15:415–422
- 7) Jung-Taek Kim, MDa , Quan Hu Shen, MDb , Chang-Hoon Jeon, MD, PhD , Nam-Su Chung, MD, Seungmin Jeong, MD , Han-Dong Lee, MD. No linear correlation between pelvic incidence and acetabular orientation. *Medicina (Baltimora)*. 16 aprile 2021; (100)15: 25445
- 8) O Reikerås, I Bjerkreim, A Kolbenstvedt. Anteversion of the acetabulum and femoral neck in normals and in patients with osteoarthritis of the hip. Volume 54 (1): 18-23. 1983 Feb. doi: 10.3109/17453678308992864.
- 9) S. Zilber, J.-Y. Lazennec, M. Gorin, G. Saillant. Variations of caudal, central, and cranial acetabular anteversion according to the tilt of the pelvis. *Surgical and Radiologic Anatomy* (2004) 26: 462–465. DOI 10.1007/s00276-004-0254-y
- 10) Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, Benaïm C, Mouilleseaux B, Marty C, Prat-Pradal D, Legaye J, Duval-Beaupère G, Pélissier J. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J*. (2006) Apr;15(4):415-22
- 11) Enrico De Pieri, Bernd Friesenbichler, Renate List, Samara Monn, Nicola C Casartelli, Michael Leunig, Stephen J Ferguson. Subject-Specific Modeling of Femoral Torsion Influences the Prediction of Hip Loading During Gait in Asymptomatic Adults. *Journal Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* (2021) Jul 21; 9:679360 doi: 10.3389/fbioe.2021.679360. eCollection 2021

- 12) Ken Sasaki, Michio Hongo, Naohisa Miyakoshi, Toshiki Matsunaga, Shin Yamada, Hiroaki Kijima, Yoichi Shimada. Evaluation of Sagittal Spine-Pelvis-Lower Limb Alignment in Elderly Women with Pelvic Retroversion while Standing and Walking Using a Three-Dimensional Musculoskeletal Model. *Asian Spine* 2017 Aug;11(4): 562-569.doi: 10.4184/asj.2017.11.4.562. Epub 2017 Aug 7
- 13) Matteo Scorcelletti, Neil D. Reeves, Jörn Rittweger, Alex Ireland. Femoral anteversion: significance and measurement. *Journal of Anatomy*. Novembre 2020; 237(5): 811–826. doi: 10.1111/joa.13249
- 14) Elyse Passmore, H. Kerr Grahama, Marcus G. Pandyc, Morgan Sangeu. Hip- and patellofemoral-joint loading during gait are increased in children with idiopathic torsional deformities. *Volume 63, June 2018, 228-235.* doi-org.ezproxy.unibo.it/10.1016/j.gaitpost.2018.05.003
- 15) Keisuke Uemura, MD, PhD, Penny R. Atkins, BS, Niccolo M. Fiorentino, PhD, and Andrew E Anderson, PhD. Hip rotation during standing and dynamic activities and the compensatory effect of femoral anteversion: An in-vivo analysis of asymptomatic young adults using three-dimensional computed tomography models and dual fluoroscopy. *Gait Posture*. 2018 Mar; 61: 276–281.doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.01.016
- 16) Shinya Kawahara, Daisuke Hara, Koji Murakami, Satoshi Hamai, Yukio Akasaki, Hidetoshi Tsushima, Scott A Banks, Yasuharu Nakashima. Smaller femoral neck anteversion in varus knees than in healthy and valgus knees. *Clinical Anatomy*. November 2022; 35(8):1044-1050. doi: 10.1002/ca.23862
- 17) Kathryn Kumagai Shimamura, PT, DPT, NCS, OCS, CSCS, FAAOMPT, Scott Cheatham, PT, DPT, PhD(c), OCS, ATC, CSCS, Darcy Powers, DP. Regional interdependence of the hip and lumbo-pelvic region in division II collegiate level baseball pitchers: a preliminary study. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015 febbraio (10)1: 1-12
- 18) Joeffroy Otayek^aAren, Joe Bizdikian^a Fares Yared^a Eddy Saad ^aZiad Bakouny ^aAbir Massaad ^aJoeGhanimeh^a ChrisLabaki^a WafaSkalli^b IsmatGhanem ^{ac}GabyKreichati^a ^cAymanAssi. Influence of spino-pelvic and postural alignment parameters on gait kinematics. *Gait & Posture*. February 2020. Volume 76: 318-326. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.12.029>
- 19) Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021; 71.

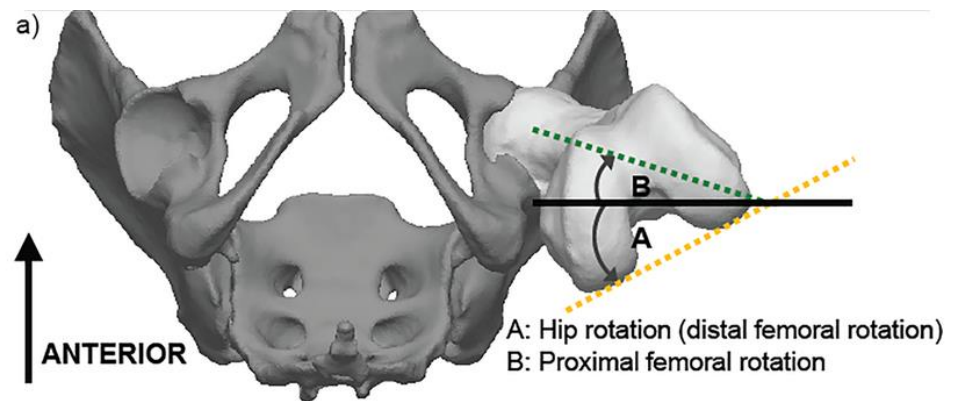
ALLEGATI

Allegato I: considerazioni sull'angolo di incidenza pelvica



Allegato II: la rotazione dell'anca (angolo A) misura l'angolo tra l'asse trasversale del bacino (linea nera continua) e la linea condilare posteriore (linea tratteggiata arancione). La rotazione prossimale del femore (angolo B) è l'angolo tra l'asse trasversale del bacino e il collo del femore (linea tratteggiata verde). La rotazione prossimale del femore è una misura dell'antiversione femorale (angolo tra le linee tratteggiate arancione e verde) che è compensata dalla rotazione dell'anca (rotazione femorale distale) (figura 1).

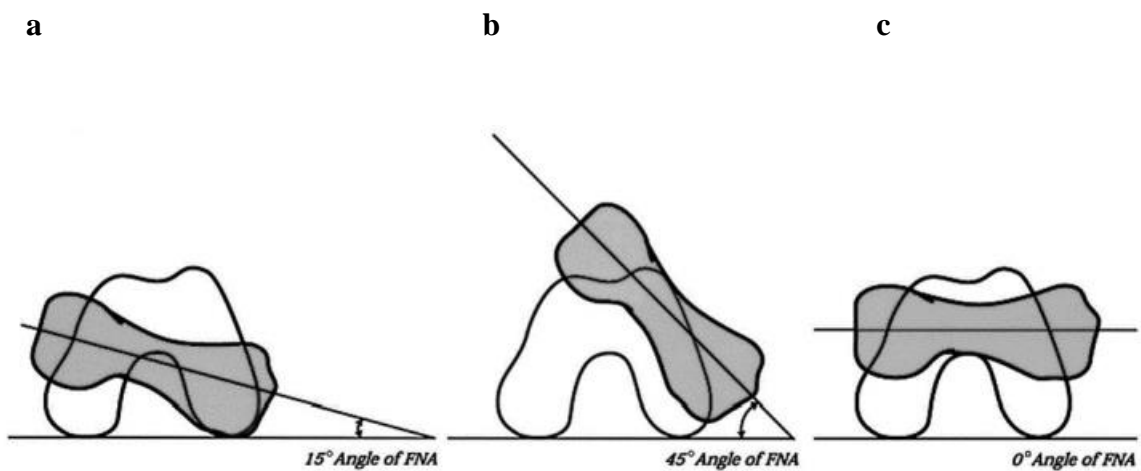
Figura 1



Allegato III: rappresentazione schematica assiale del femore destro e dell'antiversione del collo del femore (FNA). L'area grigia rappresenta il collo del femore e l'area bianca rappresenta la regione condilare distale (figura 2).

Figura 2

- a) Normale antiversione del collo femorale (15°)
- b) Aumento dell'antiversione femorale (45°)
- c) Retroversione del collo femorale (0°)



8) APPENDICI

8.1 Appendice 1

Strategia di ricerca PubMed

Nello specifico su PubMed è stata eseguita una ricerca avanzata applicando i filtri “1980-2023”, “Humans” ed “English”. Sono stati utilizzati alcuni termini MeSH identificati grazie a Thesaurus. Di seguito la stringa di ricerca utilizzata:

```
((("anteversion"[All Fields] OR "anteversions"[All Fields]) AND ("femur"[MeSH Terms] OR "femur"[All Fields] OR "femurs"[All Fields] OR "femur s"[All Fields] OR "femural"[All Fields] OR "femure"[All Fields])) OR ("anteversion"[All Fields] OR "anteversions"[All Fields]) OR ((("anteversion"[All Fields] OR "anteversions"[All Fields]) AND ("acetabulum"[MeSH Terms] OR "acetabulum"[All Fields] OR "acetabulums"[All Fields] OR "acetabulum s"[All Fields])) OR "hip mobility"[All Fields] OR "hip joint"[All Fields] OR "hip kinematics"[All Fields]) AND ("pelvi*"[All Fields] OR "gait analysis"[All Fields]) AND ("regional interdependence"[All Fields] OR ("geographic locations"[MeSH Terms] OR "geographic"[All Fields] AND "locations"[All Fields]) OR "geographic locations"[All Fields] OR "region"[All Fields] OR "region s"[All Fields] OR "regional"[All Fields] OR "regionalization"[All Fields] OR "regionalizations"[All Fields] OR "regionalize"[All Fields] OR "regionalized"[All Fields] OR "regionalizing"[All Fields] OR "regionally"[All Fields] OR "regionals"[All Fields] OR "regions"[All Fields])))
```

8.2 Appendice 2

Strategia di ricerca Cochrane Library

Nella banca dati Cochrane Library è stata svolta una ricerca avanzata con “Search Manager”. Di seguito la stringa di ricerca utilizzata:

- 1.["anteversion acetabulum"]
2. MeSHdescriptor: [femur]
3. #1 OR #2.
4. MeSHdescriptor: [acetabulum]
5. MeSHdescriptor: [hip];
6. ("hip joint") OR (" hip bones")
- 7.#4 OR #5 OR #6
8. MeSHdescriptor: [posture];

9. MeSHdescriptor: [attitude];
- 10.MeSHdescriptor: [pelvic];
11. ("regional interdependence)
12. #8 OR #9 OR #10 OR #11;
- 13.#3 AND #7 AND #12.

8.3 Appendice 3

Strategia di ricerca PEDro

1. “anteversion” “hip”
2. “regional interdependence”
3. “regional interdependence” “pelvis” “joint”
4. “regional interdependence” “pelvis” “joint”
5. "pelvis" " joint" " gait"
6. "hip kinematics" " gait"

8.4 Appendice 4

Strategia di ricerca CINAHL

1. (MH “acetabulum”);
2. “neck of femur”;
3. (MH “femur”);
4. (MH “hip”);
5. "anteversion" OR "anteversion bone";
6. "pelvis" OR "pelvic";
7. "posture" OR "attitude";
8. "gait" OR "gait analysis";
9. "regional interdependence"

14. S1 OR S2 OR S3 OR S4 OR S5

15. S6 OR S7 OR S8 OR S9;

16. S14 AND S15