

Università degli Studi di Genova
Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici
a.a. 2012/13
Campus Universitario di Savona

ARTROSI DEL GINOCCHIO E DEFICIT DI FORZA
DELLA MUSCOLATURA DELL'ANCA:
EVIDENZE SULLE RELAZIONI
CAUSA-EFFETTO DEI DUE IMPAIRMENT E
STRATEGIE DI TRATTAMENTO.
REVISIONE DELLA LETTERATURA.

Relatore: **Albertoni Davide**

Candidato: **Paolo Farronato**

INDICE:

1. Abstract
2. Introduzione
 - 2.1 L'artrosi del ginocchio: patofisiologia e clinica
 - 2.2 La debolezza muscolare: cause e conseguenze sull'arto inferiore
 - 2.3 L'interdipendenza regionale:
 - 2.3.1 Correlazione tra anca e ginocchio
 - 2.3.2 Correlazione tra anca e piede
3. Obiettivi dello studio
 - 3.1 Obiettivo primario
 - 3.2 Obiettivi secondari
4. Metodi di ricerca
 - 4.1 Fonti e stringhe di ricerca
 - 4.2 Criteri di inclusione ed esclusione
5. Risultati
 - 5.1 Influenza della biomeccanica dell'anca sul carico al ginocchio
 - 5.2 Debolezza dei muscoli dell'anca in pazienti con gonartrosi
 - 5.3 Effetto del rinforzo dell'anca sull'osteoartrosi al ginocchio
6. Discussione
7. Conclusione
8. Bibliografia

2. ABSTRACT

- OBIETTIVI: Lo scopo della revisione è ricercare, tra i vari studi della letteratura, le migliori evidenze che indagano la relazione esistente tra l'artrosi del ginocchio e la debolezza muscolare a livello dell'anca. Lo studio si propone inoltre di individuare eventuali strategie terapeutiche per limitare le disabilità causate da tali impairment.
- RISORSE e DATI: La ricerca è stata condotta utilizzando le banche dati PEDro e PubMed fino al 8 aprile 2013. Le stringhe di ricerca utilizzate sono state 4:
 - Hip muscle weakness AND knee osteoarthritis NOT arthroplasty - 25 studi di cui 5 utili
 - Hip muscle strength AND knee varus - 10 studi di cui 3 utili
 - Knee osteoarthritis AND hip abductor NOT surgery NOT patellofemoral: 17 results di cui 2 utili
 - Knee Osteoarthritis AND hip strengthening NOT arthroplasty - 31 results di cui 2 utili
- METODI di REVISIONE: La selezione degli studi è avvenuta in base al titolo, all'abstract e alla lettura degli studi, escludendo gli eventuali duplicati. I criteri di esclusione sono stati essenzialmente legati all'attinenza degli studi ai nostri obiettivi, senza esclusione in merito al tipo di studio o alla data di pubblicazione.
- RISULTATI: Degli 87 articoli trovati sulle banche dati con queste stringhe di ricerca, sono stati inclusi 12 articoli sui quali condurre la revisione. Gli studi sono per la maggior parte studi osservazionali e RCT; si occupano di dimostrare il fenomeno di interdipendenza regionale tra anca e ginocchio artrosico, la relazione tra OA al ginocchio e la debolezza muscolare all'anca e infine gli effetti del rinforzo della muscolatura dell'anca sul carico al ginocchio (rappresentato dal valore del momento adduttore al ginocchio), sui sintomi e sulla funzione articolare
- DISCUSSIONE: C'è evidenza sulla relazione di causa-effetto tra OA al ginocchio e debolezza muscolare all'anca. Resta ad ora non dimostrata l'efficacia di un training degli abduttori d'anca per la riduzione del momento adduttore al ginocchio, per via di carenza di studi.

2. INTRODUZIONE

2.1 *L'ARTROSI DEL GINOCCHIO: Patofisiologia e Clinica*

L'osteoartrosi è una patologia articolare cronica, degenerativa e ingravescente. Rappresenta il più comune disordine muscolo-scheletrico e genera dolore, perdita di funzione e disabilità. Negli Stati Uniti l'artrosi che riguarda l'articolazione del ginocchio coinvolge il 28% degli adulti oltre i 45 anni e il 37% degli individui oltre i 65 anni. Questo disturbo rappresenta un'importante causa di disabilità; inoltre, la sua prevalenza e l'impatto sul sistema sanitario sono importanti e soprattutto in crescita, in relazione all'aumento della vita media.

I trattamenti per la gestione dell'osteoartrosi sono volti alla riduzione e al controllo del dolore, al miglioramento della funzione, alla prevenzione della disabilità e al miglioramento della qualità della vita. La gestione non chirurgica della gonartrosi combina il trattamento farmacologico con la fisioterapia. (5)

Alcune review hanno studiato i trattamenti conservativi non farmacologici più frequentemente utilizzati, valutandone l'effetto e comparandone l'efficacia terapeutica in pazienti con gonartrosi. Tra queste, la revisione di Bennell del 2011 ha evidenziato l'importanza dell'esercizio attivo, come il rinforzo muscolare, l'idroterapia, l'esercizio aerobico o il Tai Chi. Non ci sono al momento indicazioni relativamente al dosaggio, ma è preferibile individualizzare il trattamento in base alla valutazione dell'impairment, delle comorbidità, dell'accessibilità e delle preferenze del paziente. Massimizzare l'aderenza al trattamento sembra essere una chiave per il successo della terapia. (1)

Lo studio di Wang et al. del 2012 (33) ha revisionato RCT che valutavano l'efficacia di un programma educativo, esercizio propriocettivo, esercizio aerobico, idroterapia, rinforzo muscolare, Tai Chi, massaggio, taping, elettrostimolazione, applicazione di ultrasuoni, campi elettromagnetici e diatermia. La revisione, che ha utilizzato outcome incentrati sul paziente, ha confermato studi precedenti riguardo l'efficacia degli interventi conservativi: in particolare, trattamenti che stimolano la gestione attiva del problema (come l'esercizio aerobico, il rinforzo muscolare e l'allenamento propriocettivo), ottengono un miglioramento significativo per quanto riguarda la riduzione del dolore, l'aumento della funzione, del grado di soddisfazione del paziente e della qualità della vita. Rimane comunque importante stimolare l'aderenza del paziente al programma, piuttosto

che aumentare l'intensità dell'esercizio. L'analisi degli studi conferma invece una debole evidenza dei benefici ottenuti dalla terapia fisica, dal massaggio e dal taping, esclusa l'ultrasuonoterapia che sembra avere moderata efficacia. Dalla revisione degli studi si raccomanda comunque una combinazione degli interventi, poiché nessun intervento migliora singolarmente tutti i parametri valutati.

2.2 DEBOLEZZA MUSCOLARE ALL'ANCA: definizione, cause e conseguenze sull'arto inferiore

Viene definita debolezza muscolare la riduzione della capacità di un muscolo striato di esprimere forza attraverso una contrazione volontaria. Molte sono le cause che possono portare un muscolo ad essere debole, tra cui il trauma muscolare diretto o indiretto, l'immobilità (allettamento o ingessatura), il danno articolare o l'inibizione da intervento chirurgico. Vi sono inoltre cause di natura neurologica, (patologie neurodegenerative centrali o periferiche) che creando danno alla conduzione nervosa, riducono la capacità volontaria del muscolo di contrarsi, proporzionalmente all'entità del danno o alla fase della malattia. La debolezza muscolare è un fenomeno che può portare a disfunzione e disabilità, riducendo la qualità della vita in relazione all'entità del danno.

Per quanto riguarda i disordini articolari come l'artrosi, la debolezza muscolare può essere identificata sia come una causa sia come una conseguenza. Può quindi generare o alimentare il dolore e la disfunzione dovuti all'osteoartrosi, che insieme agli altri sintomi legati all'infiammazione nel ginocchio artrosico concorrono al peggioramento della qualità della vita. Rasch et al. nel loro studio del 2007 (27) hanno misurato su 22 pazienti con coxartrosi, la forza massima isometrica, la sezione trasversa e la densità muscolare dei maggiori gruppi muscolari dell'anca e della coscia. Questi hanno mostrato sostanziale riduzione di massa e forza rispetto all'arto controlaterale, che contribuisce alla riduzione della capacità deambulatoria di tali pazienti. In più c'era una maggior percentuale di material non contrattile all'interno dei muscoli coinvolti rispetto ai controlaterali, come indicato dalla ridotta densità muscolare rilevata.

C'è forte correlazione tra presenza di gonartrosi e debolezza muscolare del quadricipite femorale, tale per cui il rinforzo di questo muscolo rappresenta il centro del trattamento per l'artrosi del ginocchio. Lo studio di Loureiro et al. 2013 (24a) evidenzia che i meccanismi che sottendono alla debolezza muscolare sono multifattoriali e includono una combinazione di: riduzione della sezione trasversa muscolare, inibizione muscolare, riduzione della qualità del tessuto muscolare.

2.3 L'INTERDIPENDENZA REGIONALE

Nelle patologie ortopediche di origine multifattoriale ad eziologia sconosciuta, la classificazione bio-psico-sociale non è sufficiente per raccogliere le informazioni necessarie per impostare un trattamento riabilitativo efficace.

Per queste patologie, la letteratura rivela che la patomeccanica non sempre interessa solamente l'articolazione da cui origina la sintomatologia tipica del paziente, ma può coinvolgere le altre articolazioni che compongono la catena cinetica di cui fa parte quella interessata. Questa è la teoria dell'interdipendenza regionale; la disfunzione motoria di una o più articolazioni lontane potrebbero essere correlate al disturbo principale del paziente.

2.3.1 Correlazione tra anca e ginocchio:

La maggior parte degli studi riguardano la relazione fra le patologie del ginocchio e le disfunzioni dell'anca e al riguardo si stanno studiando correlazioni con la sindrome femoro-rotulea, la sindrome della bandelletta ileo-tibiale e l'artrosi del ginocchio.

Alcuni studi (Cichanowski et al 2003; Robinson et al 2003) (8), (28) hanno evidenziato che nelle atlete donne affette da sindrome femoro-rotulea c'è un deficit di forza ai muscoli dell'anca, che riguarda in prevalenza gli abduttori e gli extrarotatori, secondariamente gli estensori e i flessori. Lo studio di Dolak et al del 2011 (10) ha mostrato come il rinforzo dei muscoli dell'anca riduce il dolore prima, rispetto al rinforzo del quadricipite, in pazienti femmine con sindrome femoro-rotulea.

Fredericson et al. (12) in un gruppo di 24 corridori affetti da sindrome della bandelletta ileo-tibiale hanno rilevato un deficit di forza degli abduttori dell'anca rispetto all'arto sano e rispetto ad un gruppo di controllo. La sintomatologia regrediva dopo 6 settimane di rinforzo degli abduttori.

Ferber (11) in un gruppo di 35 atlete con storia di sindrome della bendelletta ileo-tibiale ha riscontrato una maggior adduzione ed intrarotazione del femore nella fase dell'arto in carico nella corsa; tale misura è però solo cinematica e non chiarisce se è causato da un deficit muscolare o solo di controllo neuro-muscolare.

2.3.2 Correlazione tra anca e piede:

In letteratura si trovano anche lavori che studiano l'interdipendenza regionale tra anca e disfunzioni a livello del piede, in particolare per quanto riguarda la tendinopatia achillea, la disfunzione del tibiale posteriore e la distorsione tibio-tarsica recidivante. In tali studi, gli autori osservano che queste patologie risultano correlate a una debolezza prevalente dei muscoli abduuttori ed estensori dell'anca, e ad una maggior intrarotazione del femore durante la corsa e la danza, rispetto al lato controlaterale sano o rispetto ai controlli. (21), (22), (14)

Come l'anca influenza l'attività della caviglia, così anche la caviglia sembra influenzare l'attivazione muscolare dell'anca. Il soleo, flessore plantare puro in catena cinetica aperta, nella fase di appoggio del cammino agisce in catena cinetica chiusa; solo una parte della sua azione flette plantarmente il piede, l'altra esercita una trazione indietro della tibia, la quale, solidale al femore, lo tira indietro distalmente, estendendolo a livello dell'anca. Ciò significa che, durante attività in carico, il soleo sia anche un estensore indiretto del ginocchio e dell'anca. La sinergia fra gli estensori dell'arto inferiore soleo-quadricipite-grande gluteo la si può osservare in situazioni di compenso. Nel lavoro di Golberg del 2007 (15) viene studiato il cammino e osservato che la debolezza di uno degli estensori viene compensata da una maggior attivazione degli altri due. Lo studio di Young et al del 2006 (35) rivela come l'esercizio in eccentrica per la tendinite rotulea è più efficace se escludiamo il soleo poiché in questo modo aumenta l'attività del quadricipite e quindi la tensione sul suo tendine.

La maggior parte degli studi dimostra correlazione fra le disfunzioni della catena cinetica e il disturbo principale del paziente, ma data la tipologia degli studi non è ancora possibile stabilire se siano la causa o l'effetto della disfunzione.

3. OBIETTIVI DELLO STUDIO

3.1 OBIETTIVO PRIMARIO

Alla luce della dimostrazione del fenomeno di interdipendenza regionale relativamente all'arto inferiore, questo studio si propone come obiettivo primario quello di dimostrare le relazioni di causa-effetto tra debolezza ai muscoli dell'anca e osteoartrosi al ginocchio. In particolare, tale studio ha lo scopo di fare una revisione degli studi presenti in letteratura che dimostrino che la debolezza ai muscoli dell'anca possa rappresentare una possibile causa o conseguenza del ginocchio artrosico sintomatico.

3.2 OBIETTIVO SECONDARIO

In secondo luogo ci proponiamo di individuare, tra gli studi presenti in letteratura, le possibili strategie terapeutiche che possano limitare le disfunzioni originate dal legame di questi due impairment; in particolare, se l'aggiunta di esercizi volti al rinforzo muscolare dell'anca, in pazienti con artrosi al ginocchio e concomitante ipostenia all'anca, possa rappresentare un trattamento utile da aggiungere alle attuali strategie terapeutiche, già validate in letteratura, per il trattamento dell'artrosi del ginocchio, al fine di limitare ulteriormente le disfunzioni date da questa patologia.

4. METODI DI RICERCA

4.1 FONTI e STRINGHE DI RICERCA

La ricerca è stata condotta utilizzando le banche dati su PubMed fino al 20 maggio 2013, senza esclusione di articoli in base alla tipologia di studio o all'anno di pubblicazione. La ricerca con i termini MeSH era troppo selettiva e non considerava alcuni studi che sarebbero stati inclusi con la ricerca classica. Prima di elaborare le stringhe di ricerca sono state individuate delle Key Words, per i 3 campi individuati di ricerca, in modo da poterle collegare con l'operatore booleano **AND**:

HIP	1 Muscle Activity - Strength - Weakness 2 Abductor - External Rotators
KNEE JOINT	1 Osteoarthritis 2 Load, Pain, Function 3 Varus/Valgus Deviation
THERAPEUTIC STRATEGIES	Effects of: 1 isotonic/isometric strengthening 2 exercise program/protocol

Sono state poi identificate espressioni che limitassero il campo di ricerca, nascondendo studi non pertinenti agli obiettivi prefissati. Tali parole sono state intrecciate alle Key Words con l'operatore **NOT**.

1. Arthroplasty
2. Surgery
3. Patello-femoral syndrome

Tra tutte le stringhe di ricerca così elaborate, quelle più sensibili ai nostri obiettivi sono state 4. È stato necessario inserire più stringhe di ricerca per il primo obiettivo, poiché non ne era individuabile una sola che raccogliesse tutti gli studi che poi avremmo incluso nella revisione.

L'ultima stringa è stata inserita per ricercare studi che rispondessero al nostro obiettivo secondario, sebbene alcuni studi si ripetessero con le diverse ricerche.

In tabella sono elencate le stringhe di ricerca utilizzate.

Stringa di ricerca	Studi trovati	Studi inclusi nella revisione
1. Hip muscle weakness AND knee osteoarthritis NOT arthroplasty	25	5
2. Hip muscle strength AND knee varus	11	3
3. Knee osteoarthritis AND hip abductor NOT surgery NOT patellofemoral	19	2
4. Knee osteoarthritis AND hip strengthening NOT arthroplasty	32	2

4.2 CRITERI DI INCLUSIONE ED ESCLUSIONE

In linea generale, gli studi sono stati selezionati senza restrizione temporale, in base all'attinenza con gli obiettivi; dapprima dopo la lettura del titolo e dell'abstract, di quelli presumibilmente attinenti sono stati selezionati e inclusi nella revisione dopo aver letto i full text. Di seguito è elencato ogni studio con la motivazione dell'inclusione o dell'esclusione. Gli studi che si ripetevano nelle stringhe di ricerca sono stati considerati una volta soltanto.

4.2.1 Hip muscle weakness AND knee osteoarthritis NOT arthroplasty

TITOLO	AUTORI, RIVISTA E DATA DI PUBBLICAZIONE	TIPO DI STUDIO	MOTIVO DI INCLUS/ESCLUSIONE
1. The effect of contralateral pelvic drop and trunk lean on frontal plane knee biomechanics during single limb standing.	Takacs J, Hunt MA. J Biomech. 2012	Osservazionale descrittivo su soggetti sani	INCLUSO: Risponde al primo obiettivo dalla lettura del full text
4. Lower limb muscle strengthening does not change frontal plane moments in women with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial.	Foroughi N, Smith RM, Lange AK, Baker MK, Fiatarone Singh MA, Vanwanseele B. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2011	RCT	INCLUSO: Risp al secondo obiettivo dalla lettura del full text
7. Hip muscle weakness in individuals with medial knee osteoarthritis.	Hinman RS, Hunt MA, Creaby, MW Wrigley TV, McManus FJ, Bennell KL. Arthritis Care Res. 2010	Osservazionale descrittivo su caso- controllo	INCLUSO: risponde al primo obiettivo dalla lettura del full text
10. Effect of a home program of hip abductor exercises on knee joint loading, strength, function, and pain in people with knee osteoarthritis: a clinical trial.	Sled EA, Khoja L, Deluzio KJ, Olney SJ, Culham EG. Phys Ther. 2010	Clinical Trial	INCLUSO: risponde al secondo obiettivo dalla lettura del full text
14. Biomechanical strategies for successful obstacle crossing with the trailing limb in older adults with medial compartment knee osteoarthritis.	Chen HL, Lu TW, Wang TM, Huang SC. J Biomech. 2008	Controlled Trial	INCLUSO: Risponde al primo obiettivo dalla lettura del full text

4.2.2 Hip muscle strength AND knee varus

TITOLO	AUTORI, RIVISTA E DATA DI PUBBLICAZIONE	TIPO DI STUDIO	MOTIVO DI INCLUSIONE O ESCLUSIONE
4. Hip strengthening reduces symptoms but not knee load in people with medial knee osteoarthritis and varus malalignment: a randomised controlled trial.	Bennell KL, Hunt MA, Wrigley TV, Hunter DJ, McManus FJ, Hodges PW, Li L, Hinman RS. Osteoarthritis Cartilage. 2010	RCT	INCLUSO: risponde al secondo obiettivo dalla lettura del full text
6 The effects of hip muscle strengthening on knee load, pain and function in people with knee osteoarthritis: a protocol for a randomised, single-blind controlled trial.	Bennell KL, Hunt MA, Wrigley TV, Hunter DJ, Hinman RS. BMC Musculoskelet Disord. 2007	RCT	INCLUSO: risponde al secondo obiettivo dalla lettura del full text
11. The biomechanical effects of focused muscle training on medial knee loads in OA of the knee: a pilot, proof of concept study.	LE Thorp, MA Wimmer, KC Foucher, DR Summer, N Shakoor, JA Block. J Musculoskel Neuronal Interact 2010	Studio pilota su un gruppo di studio	INCLUSO: risponde al secondo obiettivo dalla lettura del full text

4.2.3 Knee osteoarthritis AND hip abductor NOT surgery NOT patellofemoral

TITOLO	AUTORI, RIVISTA E DATA DI PUBBLICAZIONE	TIPO DI STUDIO	MOTIVO DI INCLUSIONE O ESCLUSIONE
13. Experimentally reduced hip abductor function during walking: Implications for knee joint loads.	Henriksen M, Aaboe J, Simonsen EB, Alkjaer T, Bliddal H. J Biomech. 2009	Osservazionale, descrittivo di un gruppo di studio	INCLUSO: risponde al primo obiettivo dalla lettura del full text
14. Effects of severity of degeneration on gait patterns in patients with medial knee osteoarthritis.	Huang SC, Wei IP, Chien HL, Wang TM, Liu YH, Chen HL, Lu TW, Lin JG. Med Eng Phys. 2008		INCLUSO: risponde al primo obiettivo dalla lettura del full text

4.2.4. Knee osteoarthritis AND hip strengthening NOT arthroplasty

TITOLO	AUTORI, RIVISTA E DATA DI PUBBLICAZIONE	TIPO DI STUDIO	MOTIVO DI INCLUSIONE O ESCLUSIONE
10. Isokinetic assessment of the hip muscles in patients with osteoarthritis of the knee.	Costa RA, Oliveira LM, Watanabe SH, Jones A, Natour J. Clinics (Sao Paulo). 2010	Osservazionale, descrittivo di 2 gruppi di studio	INCLUSO: risponde al primo obiettivi dalla lettura del full text
24. Hip abduction moment and protection against medial tibiofemoral osteoarthritis progression.	Chang A, Hayes K, Dunlop D, Song J, Hurwitz D, Cahue S, Sharma L. Arthritis Rheum. 2005	Osservazionale, descrittivo su un gruppo di studio	INCLUSO: risponde al primo obiettivo dalla lettura del full text

5. RISULTATI

In tabella sono riportati gli studi inclusi nella revisione con elencati i parametri considerati relativamente al numero al tipo di soggetti inclusi nella ricerca, agli outcome considerati, al tipo di intervento effettuato e ai risultati ottenuti.

Reference	Num e tipo di pazienti	Outcome primari	Intervento	Risultati
1. The effect of contralateral pelvic drop... Tacacs 2012	20 soggetti sani	Analisi 3D e calcolo momento adduttore sul ginocchio durante equilibrio monopod.	Tre condiz: 1. equilibrio normale 2. posiz di Trendelemburg 3. Posiz 2 + inclinaz omolat del busto	Le condiz 2 e 3 aumentano significativam il momento adduttore sul ginocchio rispetto alla condiz 1
2. Experimentally reduced hip abductor function... Henriksen et al 2009	15 soggetti sani	Analisi 3D e calcolo del mom add al ginocchio, misuraz EMG attività medio gluteo, quadricip e ischiocrurali.	Infiltrazione con soluzione ipertonica salina al musc medio gluteo e misuraz prima dell'iniezione, dopo 5 min (ipofunz da dolore) e dopo 25 minuti (dolore cessato)	Appena dopo l'iniezione, l'attività EMG al medio gluteo si riduceva significativam. il mom adduttore al ginocchio era minore rispetto alle altre 2 condiz sperimentali
3. Hip abduction moment and protection.. Chang 2005	57 soggetti con diagnosi clinica e radiografica di OA mediale al ginocchio	Valutaz rx dello spazio articolare gin mediale, momento abd all'anca	Analisi 3D del cammino a T0 e a T18 mesi	In pz con maggior mom abd all'anca c'è minor restringim dello spazio artic mediale T18
4. Biomechanical strategies for successful obstacle... Chen 2008	- 15 pz con OA bilaterale mediale al ginocchio - 15 controlli sani	Valutaz 3D per mom articolari su piano frontale e sagitt. Valutaz rischio caduta	Analisi 3D del superamento di un ostacolo a 3 diverse altezze	Nel gruppo OA ci sono diff mom articolari che fanno pensare a debolezza ai musc abd ed estensori d'anca, con maggior rischio di caduta
5. Effects of severity of degeneration on gait pattern... Huang 2008 CERCARE ARTICOLO	15 pz con OA moderata 15 pz con OA severa - 15 sogg sani di controllo	Valutaz 3D per mom articolari su piano frontale e sagitt.	Analisi del cammino	I gruppi OA mostrano variaz nei mom articolari ad anca e ginocchio che confermano l'ipotesi di debolezza all'anca
6. Hip muscle weakness in individuals... Hinman 2010	- 89 pz con artrosi in almeno un ginocchio - 23 controlli sani	Forza massimale isometrica con dinamometro	Misuraz a musc abd/add, flex/estens, rotat interni/esterni di anca	Il gruppo OA mostra debolezza significativa a tutti i gruppi, sopratt a estensori e rotat esterni di anca
7. Isokinetic assessment of the hip muscles... Costa 2010	- 25 pz con OA unilat - 25 pz con OA bilat - 50 controlli sani	Valutaz forza isocinetica, dolore (VAS), funz generale (WOMAC scale)	Misuraz a musc abd/add, flex/estens, rotat interni/esterni di anca	Pz con OA mostrano minor forza isocinetica, potenza e resistenza ai musc dell'anca rispe ai controlli
8. The effects of hip muscle strengthening on knee load... Bennell 2007	Protocollo di studio, relazato nel 2010 (vd. 12.)			
9. The biomechanical effects of focused muscle... Thorp 2010	6 pz con OA mediale al ginocchio	Valutaz mom add al ginocchio con analisi 3D del cammino, misuraz forza musc abd, est/flex di ginocchio, WOMAC scale	Programma di rinforzo selettivo a quadricipite, flessori di ginocchio e abd di anca, per 4 settimane, quotidiano, supervisionato o in autonomia	Aumento non significativo della forza muscolare a T4 settimane e riduz significativa del mom addutt al ginocchio a T4 sett, risp a T0
10. Hip strengthening reduces symptoms but not knee load... Bennell 2010	89 pz con OA randomizzati in un gruppo di studio (45) e in un gr di controllo (44)	Mom add al ginocchio con analisi 3D del cammino. Scale VAS, WOMAC, Step Test, forza musc isometrica a abd d'anca e quadricip.	- Gr di studio: rinforzo isotonic abd e add d'anca, 5 v a sett per 8 sett - Gr di controllo: no interv	- Non miglioramenti per mom add al ginocchio - Miglioramenti significativi nella forza, nel dolore e nella funzione del ginocchio rispetto al gruppo di controllo
11. Effect of a home program of hip	- 40 soggetti con OA al ginocchio	- Mom add al ginocchio con analisi 3D del	Es di rinforzo isotonic degli abd d'anca, con	- Non miglioramenti del mom add al ginocchio

abductor exercises... Sled 2010	- 40 soggetti sani di controllo	cammino - forza isocinetica agli abd, 5Times Sit to Stand Test, WOMAC scale	progress della resistenza, per 8 settimane, 3/4 volte a settimana	- Miglioramenti significativi nella forza, nel dolore e nella funzione del ginocchio rispetto al gruppo di controllo
12. Lower limb muscle strengthening does not change frontal plane mom... Foroughi 2011	54 pz donne con OA ad almeno un ginocchio, randomizzate in 2 gruppi (26 gr di studio, 28 al gr di controllo)	- Mom add al ginocchio con analisi 3D del cammino. - (secondario) sintomi al ginocchio con scala WOMAC	- Esercizi di rinforzo a macchine isotoniche per l'AI nel gruppo di studio a forza max 80% - Es simili ma senza resist per il gr di controllo	Il rinforzo aspecifico dell'AI non modifica il valore del mom add nel gr di studio in modo significativo risp al gr di controllo, ma migliora i sintomi legati all'OA

5.1 INFLUENZA DELLA BIOMECCANICA DELL'ANCA SUL CARICO AL GINOCCHIO

Gli studi che si pongono come obiettivo quello di mettere in relazione l'osteartrosi al ginocchio con la debolezza muscolare all'anca, partono dal fenomeno presupposto alla base dell'insorgenza, della severità e della progressione della patologia degenerativa al ginocchio, cioè la quantità di carico articolare. Gli autori osservano che nel soggetto sano, durante la deambulazione il carico a livello del comparto mediale del ginocchio rappresenta un valore compreso tra il 60 e l'80% del carico totale. (4)

L'osteartrosi al ginocchio riguarda infatti prevalentemente il comparto mediale dell'articolazione. In situazioni di patologia, ad esempio in caso di ginocchio varo o valgo - in cui non esiste un fisiologico allineamento femoro-tibiale - le percentuali di carico su compartimento mediale e compartimento laterale possono variare molto. Lo studio di Sharma et al del 2010 (29) evidenzia come il malallineamento in varo o valgo sia correlato all'insorgenza e all'aggravamento dell'osteartrosi al ginocchio. In particolare, gli autori osservano su 1752 pazienti che il ginocchio varo aumenta il rischio di sviluppare artrosi al comparto mediale e riduce il rischio di svilupparla al comparto laterale; concludono che l'allineamento in varo, ma non in valgo aumenta il rischio di artrosi femoro-tibiale, poichè altera la distribuzione del carico articolare, stressando eccessivamente il comparto mediale.

Lo studio di Kumar del 2013 (23) osserva tramite analisi 3D del cammino soggetti con osteartrosi al ginocchio e soggetti sani, confrontando il carico articolare a livello del ginocchio. Gli autori osservano che nel gruppo di studio non c'era differenza significativa sul carico totale articolare, ma che, rispetto ai controlli, avevano una percentuale di carico significativamente maggiore sul comparto mediale, nella fase di carico del ginocchio artrosico.

Figura A

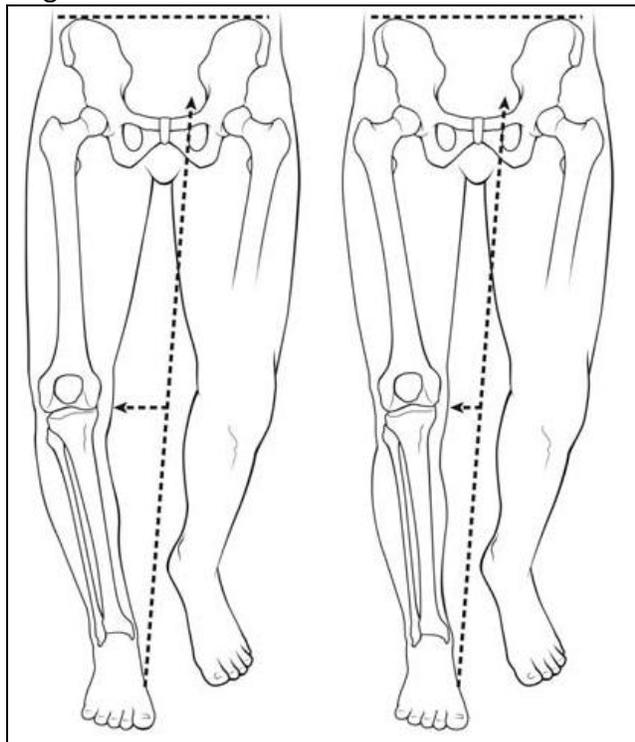


Figura B

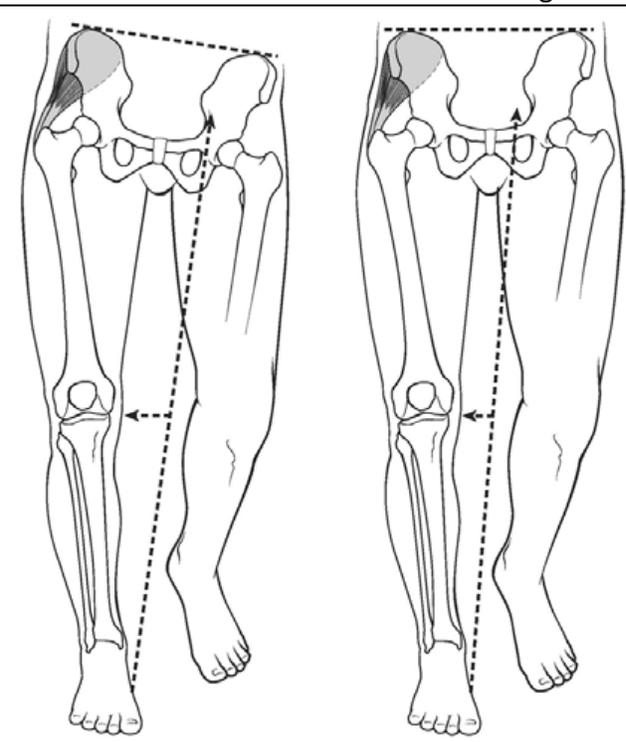
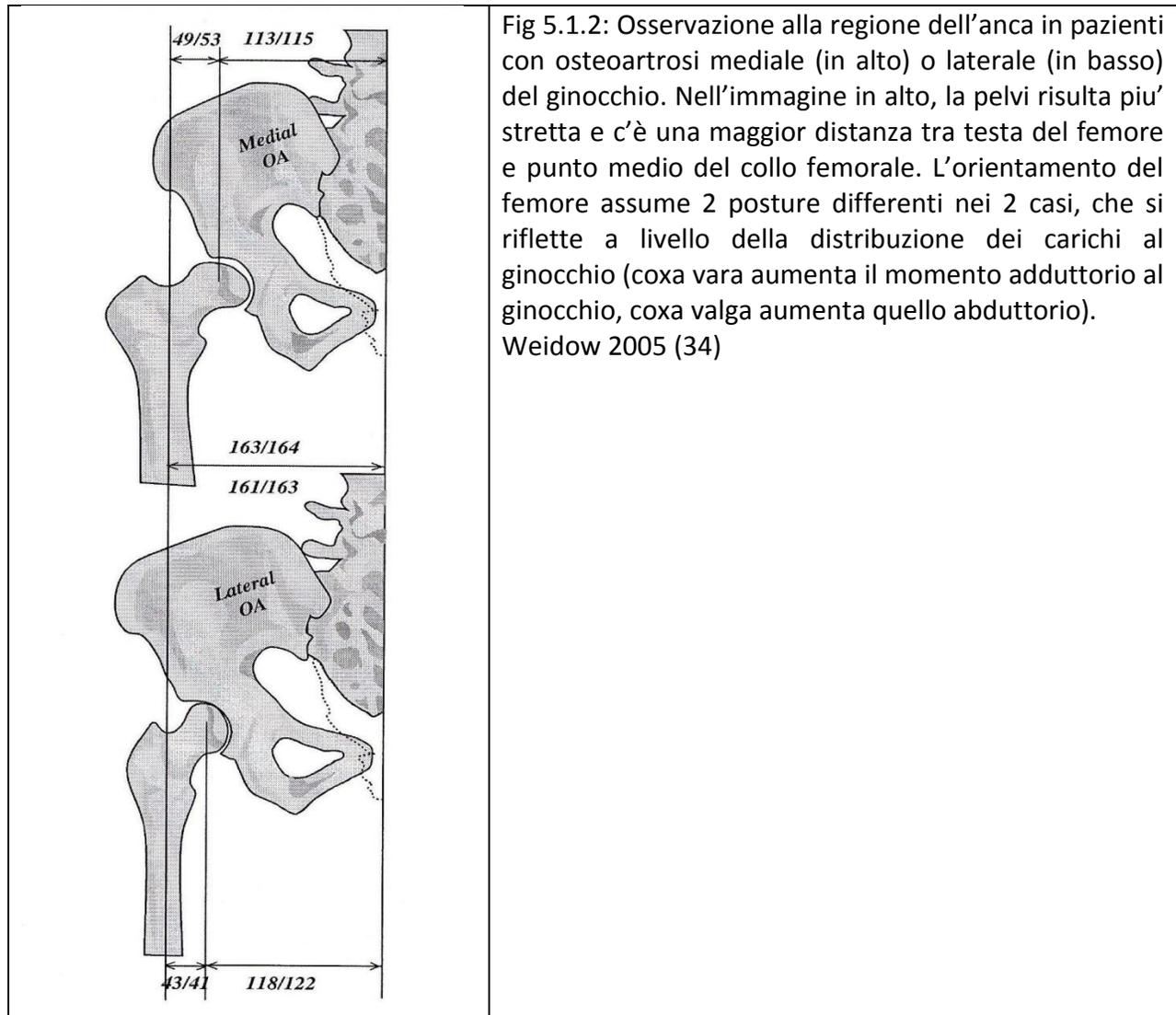


Figura 5.1.A: l'allineamento dell'arto influenza il momento adduttore al ginocchio; la deviazione in varo (a sinistra) aumenta il braccio di leva in adduzione rispetto a un ginocchio allineato normalmente (a destra). 5.1.B: anche la posizione della pelvi influenza il momento adduttore al ginocchio: il segno di Trendelenburg (a sinistra), dato da debolezza degli abduzioni, aumenta il braccio di leva in adduzione sul ginocchio, rispetto a quando il bacino è orizzontale (funzionalità conservata dei muscoli abduzioni). - Thorp 2010

Gli studi che si occupano di stimare il carico a livello del ginocchio, come questo appena citato, non lo misurano in modo diretto, poichè sarebbe necessario un sistema invasivo; in letteratura, il metodo validato per la stima del carico a livello del compartimento mediale del ginocchio è calcolare il momento adduttore sull'articolazione stessa, attraverso l'analisi tridimensionale del cammino.

Tale parametro dovrebbe essere considerato l'outcome primario per quantificare il rischio di insorgenza, severità e progressione dell'osteoartrosi al ginocchio. Alcune condizioni morfologiche o funzionali possono aumentare il momento adduttore sul ginocchio; ridurre il valore è l'obiettivo di alcuni interventi come solette per scarpe, supporti ortopedici, fino a trattamenti chirurgici come l'osteotomia tibiale in pazienti con ginocchio varo. (26), (20)

Un lavoro del 2005 di Weidow et al (34), si era proposto di studiare come l'anatomia della pelvi e dell'anca potessero influenzare la distribuzione dei carichi a livello del ginocchio, e quindi avere un ruolo sull'insorgenza della gonartrosi: sono stati pertanto misurati l'ampiezza della pelvi, la lunghezza e l'angolazione del collo del femore su 56 pazienti donne con osteoartrosi, mono o bilaterale, al comparto mediale o laterale; le rilevazioni dei parametri morfologici differivano tra pazienti con gonartrosi al comparto mediale e pazienti con gonartrosi laterale: in particolare, alle prime era associata una maggior ampiezza della pelvi, una lunghezza minore del collo femorale e della distanza tra testa e diafisi in modo significativamente differente rispetto alle seconde. Gli autori ipotizzano quindi che l'anatomia e l'orientamento del femore a livello dell'articolazione dell'anca possa alterare in modo sostanziale la distribuzione del carico a livello del ginocchio. Non sono stati analizzati i momenti su anca e ginocchio sul piano frontale, ma gli autori ipotizzano una variazione di tali valori coerente con la sede di maggior usura articolare.



Gli autori concludono che l'insorgenza e la severità dell'osteartrosi del ginocchio laterale o mediale può avere ragioni biomecchaniche derivanti dall'anatomia dell'anca e della pelvi, che influiscono sulla distribuzione dei carichi.

Altri autori stanno approfondendo i loro studi sull'anca per indagare se il grado di debolezza della muscolatura di questa articolazione possa incidere in modo significativo sulla modificazione del momento adduttore al ginocchio; in particolare indagare se il grado di forza di tali muscoli possa fungere da fattore di rischio o fattore protettivo per l'insorgenza o la prevenzione dell'osteartrosi al ginocchio (Chang et al 2004 (6)).

Gli studi trovati in letteratura a riguardo analizzano diverse condizioni sperimentali e identificano diversi outcome; quelli inclusi in questa revisione

hanno in comune la misurazione del momento adduttore sul ginocchio (come stima del carico articolare) con il metodo dell'analisi tridimensionale del cammino.

Lo studio di Tackacs del 2012 (31) si propone di indagare la variazione del momento adduttore sul ginocchio su soggetti sani che mantenevano l'equilibrio su un solo arto in 3 condizioni diverse: 1. in posizione normale, cioè con bacino e tronco allineati sul piano frontale; 2. lasciando cadere l'emibacino opposto (segno di Trendelenburg); 3. associando la prova 2 a un'inclinazione del tronco sul piano frontale, controlaterale al lato di appoggio (con un ipotizzato ulteriore aumento del carico sul ginocchio). L'outcome primario era rappresentato dalla misurazione del momento adduttore sul ginocchio in ognuna delle condizioni. La raccolta dei dati ha dimostrato un aumento significativo di questo parametro nelle condizioni 2. e 3. rispetto alla condizione 1. Quindi, le 2 condizioni sperimentali (la caduta dell'emibacino controlaterale e, ancor più, tale fenomeno associato a un'inclinazione controlaterale del tronco) spostano significativamente il centro di massa medialmente rispetto alla condizione di equilibrio normale in monopodolica; ciò aumenta significativamente il braccio di leva del momento adduttore sul ginocchio rispetto alla condizione 1.

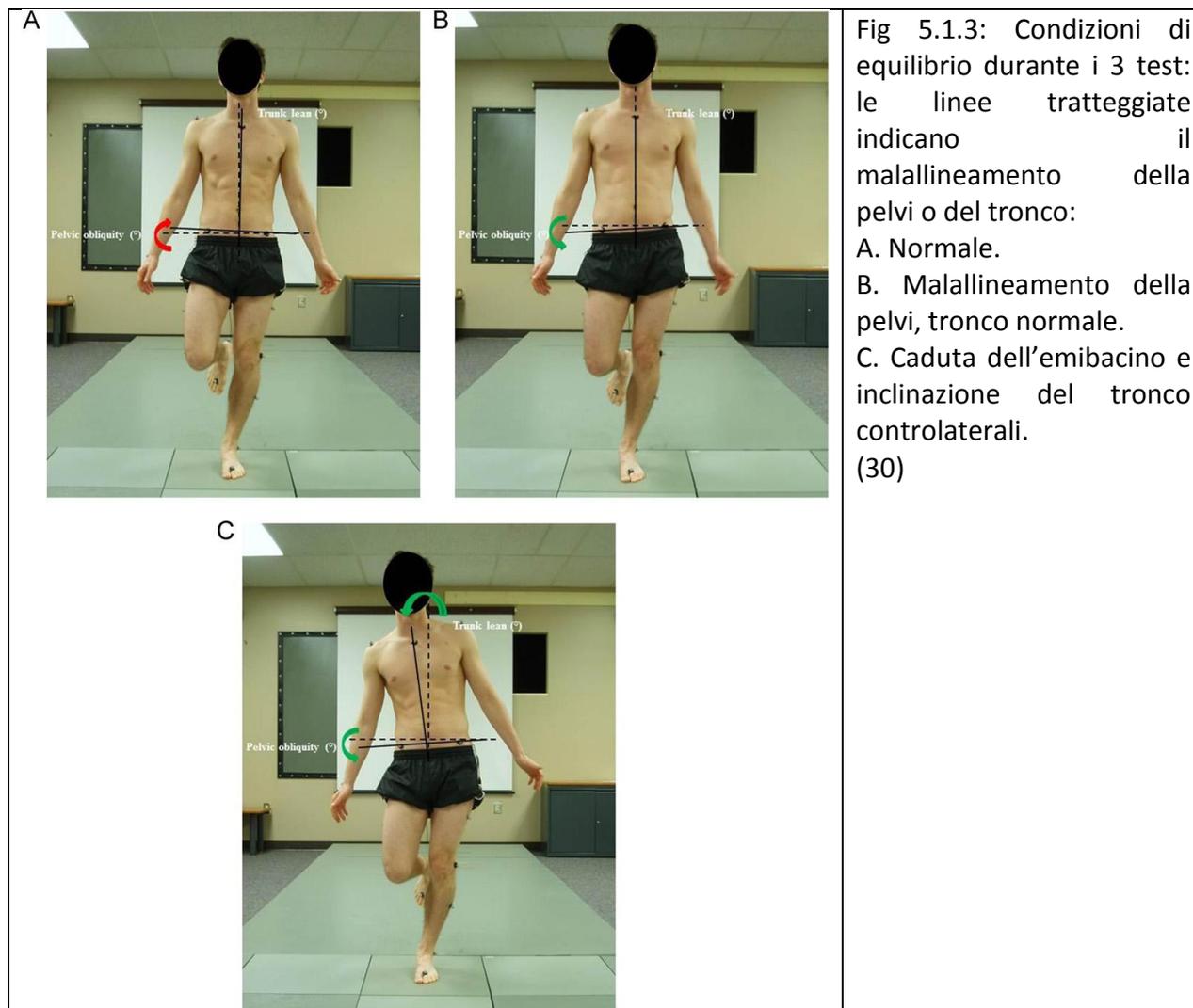


Fig 5.1.3: Condizioni di equilibrio durante i 3 test: le linee tratteggiate indicano il malallineamento della pelvi o del tronco: A. Normale. B. Malallineamento della pelvi, tronco normale. C. Caduta dell'emibacino e inclinazione del tronco controlaterali. (30)

Gli autori concludono che in pazienti con evidente caduta dell'emibacino durante il carico e concomitante osteoartrosi al ginocchio, potrebbe essere utile aggiungere al trattamento un rinforzo selettivo dei muscoli abduttori dell'anca; il mantenimento dell'orizzontalità del bacino durante la fase di carico monopodale, infatti sembra prevenire un aumento del momento adduttore sul ginocchio, riducendone dunque il carico sul comparto mediale. Tale studio ha limiti relativamente al campionamento, poichè considera soggetti sani, nei quali la biomeccanica dell'arto inferiore potrebbe essere differente rispetto a quella di soggetti con artrosi al ginocchio e debolezza dei muscoli dell'anca. Inoltre misura il parametro in statica, quindi non in condizioni dinamiche come la deambulazione o salire e scendere scale. Infine non sono stati analizzati altri parametri che possono influire sull'aumento o sulla riduzione del momento adduttore sul ginocchio, come possibili variazioni a livello della caviglia.

Sempre su soggetti sani si trova in letteratura lo studio di Henriksen e colleghi del 2009 (16). Per testare l'influenza degli abduttori d'anca sul momento adduttore al ginocchio, gli autori hanno ridotto sperimentalmente la funzione muscolare del Medio Gluteo, attraverso un'iniezione di soluzione salina ipertonica su 15 soggetti sani. Il dolore ne riduceva la funzione ed è stata effettuata l'analisi del cammino tridimensionale prima dell'iniezione, subito dopo e una volta trascorsi 20 minuti (con scomparsa del dolore), considerando sia il tronco che l'arto inferiore. È stata inoltre monitorata l'attività EMG del medio gluteo (significativamente ridotta in condizione di dolore), del quadricipite e degli ischiocrurali (senza variazioni nei valori). L'inclinazione del tronco omolaterale all'arto in carico (segno di Trendelenburg inverso) non è stata evidenziata, mentre il momento adduttore al ginocchio durante la fase di carico è risultato significativamente minore nella condizione in cui era appena avvenuta l'iniezione. Camminare con l'impairment del medio gluteo sembra ridurre dunque il momento adduttore al ginocchio. Questi risultati vanno contro l'ipotesi che la ridotta funzione degli abduttori d'anca, per via del dolore, aumenti il carico a livello del comparto mediale del ginocchio. Gli autori aggiungono che non hanno osservato un aumento del momento in eversione alla caviglia (che avrebbe compensato l'aumento del momento adduttore al ginocchio), né variazioni significative a livello dei momenti al ginocchio sul piano sagittale (momento flessorio ed estensorio). Gli autori spiegano tuttavia che un aumento dell'attività EMG dei muscoli adduttori potrebbe aver contribuito alla riduzione del momento adduttore al ginocchio, portandolo in valgo durante la fase di carico. Rimane però un'ipotesi non supportata da dati EMG. Resta però che le modificazioni cinematiche del cammino rimangono legate alla riduzione dell'attività del muscolo medio gluteo, e sembrano non intervenire meccanismi di compenso significativi a livello del tronco o della caviglia.

Nel suo lavoro del 2004 (6), Chang e colleghi hanno reclutato 57 persone con artrosi sintomatica al ginocchio e ne hanno valutato la cinematica del cammino al baseline e ad un follow up di 18 mesi; attraverso queste misurazioni è stato possibile calcolare i momenti alle articolazioni di anca, ginocchio e caviglia. La progressione della patologia è stata quantificata come la riduzione dello spessore dello spazio articolare nel comparto mediale, attraverso indagine radiografica a 0 e a 18 mesi, seguendo il protocollo Buckland-Wright. (25)

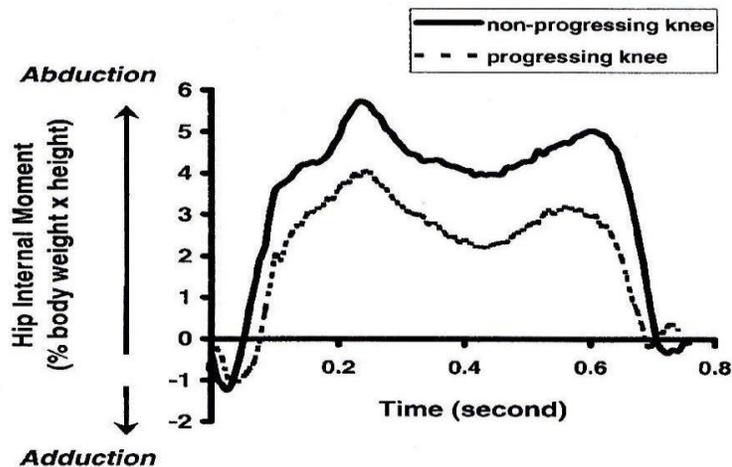


Figure 2. Trajectory of the internal hip abduction moment during the stance phase of gait in the progressing knee and nonprogressing knee.

Figura 5.1.4: Il grafico indica che al crescere del momento abduzionale durante le fasi del cammino corrispondeva una minor progressione della riduzione dello spazio articolare, quindi dell'artrosi al ginocchio - (6)

Dai risultati è emerso che ad un maggior momento abduzionale sull'anca era associato una minor riduzione dello spazio articolare mediale nei 18 mesi. Questo lascia ipotizzare che i pazienti che hanno un maggior reclutamento dei muscoli abduttori dell'anca in fase di carico siano esposti ad un minor rischio di progressione di osteoartrosi al ginocchio. Tuttavia lo studio non ha raccolto dati EMG a livello di tali muscoli, quindi rimane un'ipotesi.

Poiché l'aumento del momento abduzionale all'anca durante la deambulazione permaneva dopo la normalizzazione dei dati per età, sesso, velocità nel cammino, livello di dolore al ginocchio, livello di attività fisica e grado di mal allineamento in varo, gli autori concludono che l'aumento di tale parametro durante il cammino possa rappresentare un fattore protettivo dalla progressione di osteoartrosi ipsilaterale nel comparto mediale fino a 18 mesi (6)

Lo studio di Chen del 2007 (7) parte da un obiettivo molto diverso da quello dello studio di Chang (6) appena menzionato; si interessa infatti di un problema che è spesso causa di cadute nel paziente anziano, cioè il superamento di un ostacolo. Attraverso l'analisi cinematica 3D di tale gesto, gli autori mirano ad investigare le strategie biomeccaniche adottate da soggetti anziani con osteoartrosi al ginocchio, e in particolare analizzare le differenze biomeccaniche tra l'arto davanti e quello indietro, discutendone le implicazioni per quanto riguarda la prevenzione di cadute. Apparentemente l'obiettivo è molto differente, ma le

conclusioni a cui giungono gli autori confermano la tesi di Chang (6). Sono stati reclutati 15 pazienti con artrosi al ginocchio e 15 soggetti sani di controllo, ai quali veniva chiesto di camminare e superare ostacoli di 3 diverse altezze. Tra le varie misurazioni ottenute, gli autori hanno osservato nel gruppo di studio che i momenti angolari sul piano frontale su anca e ginocchio risultavano significativamente differenti rispetto ai controlli. In particolare è risultato che i soggetti con osteoartrosi al ginocchio, nel sollevare l'arto davanti tendevano ad aumentare la caduta dell'emibacino dal lato opposto all'arto in carico, in maniera significativamente maggiore rispetto ai soggetti del gruppo di controllo. Gli autori ipotizzano che questo dato era dovuto presumibilmente ad una mancanza di attivazione dei muscoli abduttori dell'anca, che determinava una riduzione della capacità di sollevare l'arto davanti per superare l'ostacolo; ciò esponeva di conseguenza i soggetti del gruppo di studio ad un rischio maggiore di non riuscire a superare l'ostacolo, rischiando di inciampare sullo stesso e quindi di cadere. I risultati pertanto confermano che in soggetti con osteoartrosi al ginocchio, rispetto a dei controlli sani (non presenti nello studio di Chang (6)), mostrano un'alterazione nell'orizzontalità del bacino, non soltanto nella deambulazione, ma anche in un gesto differente, come il superamento di un ostacolo. (7)

La variazione nella cinematica del cammino è stata infine studiata da Huang e colleghi nel 2008 (18). È stata fatta l'analisi 3D del cammino su 15 pazienti con osteoartrosi severa al ginocchio, 15 con OA moderata e 15 soggetti sani di controllo. Tra le altre variazioni della cinematica del cammino, entrambi i gruppi di studio mostravano aumento del tilt anteriore della pelvi, un minor momento abduttore al ginocchio. Il gruppo OA severa mostrava momento abduttore all'anca, momento estensorio a ginocchio e di flessione plantare alla caviglia, maggiori rispetto agli altri 2 gruppi, in modo statisticamente significativo. Gli autori sono concordi che un allenamento dei muscoli stabilizzatori del bacino e dell'anca sarebbe un utile intervento per pazienti con osteoartrosi al ginocchio, specialmente per grado avanzato.

Gli studi fin qui analizzati mostrano come in situazioni di carico sembra esistere un'influenza dell'anca (per ragioni anatomiche o biomeccaniche) nei confronti della distribuzione del carico a livello del ginocchio, alterandone in maniera significativa il valore del momento adduttore, che, come abbiamo visto, rappresenta il maggiore fattore di rischio per l'insorgenza, la severità e la progressione della gonartrosi. Lo studio di Henriksen rappresenta l'unico che ottiene risultati opposti rispetto a quelli inizialmente ipotizzati.

5.2 DEBOLEZZA DEI MUSCOLI DELL'ANCA IN PAZIENTI CON OSTEOARTROSI AL GINOCCHIO

Altri studi hanno tratto spunto dai concetti dimostrati nelle ricerche argomentate in precedenza per verificare che in pazienti con gonartrosi sia effettivamente presente debolezza ai muscoli dell'anca; questi studi pertanto si servono di un altro outcome primario, spostando la loro attenzione dalla misurazione del momento adduttore sul ginocchio alla valutazione della forza dei muscoli dell'anca.

Lo studio di Hinmann e colleghi del 2010 (17), ad esempio, valuta la forza muscolare all'anca in pazienti con osteoartrosi al ginocchio, confrontandola con soggetti sani di controllo. Gli autori osservano che, in tema di osteoartrosi al ginocchio, la ricerca scientifica si è finora concentrata prevalentemente sul muscolo quadricipite, quantificandone il grado di debolezza e impostando strategie terapeutiche mirate soprattutto al rinforzo di questo muscolo. Le ricerche di cui abbiamo parlato in precedenza, analizzando il momento adduttore sul ginocchio, arrivavano alla conclusione che in pazienti con gonartrosi era ipotizzabile una concomitante ipovalidità a livello dei muscoli dell'anca. L'obiettivo di questo studio è quello di valutare la forza di abduttori, adduttori, rotatori interni, rotatori esterni, flessori ed estensori d'anca in persone con gonartrosi sintomatica, comparandole con un gruppo di controllo. A questo scopo sono state reclutate 89 persone con diagnosi di osteoartrosi al ginocchio sintomatica e 23 soggetti sani come controlli. La forza massima isometrica è stata misurata attraverso un dinamometro ai gruppi muscolari citati in precedenza.

Dai risultati si osserva come la debolezza era significativamente maggiore nel gruppo di studio rispetto ai controlli su tutti i gruppi muscolari presi in considerazione; In particolare andava dal 16% (deficit degli estensori d'anca) al 27% (rotatori esterni). In generale, la forza muscolare all'anca non era correlata alla severità radiologica dell'artrosi al ginocchio, ad eccezione della forza dei muscoli abduttori, tale per cui a maggior gonartrosi corrispondeva maggior debolezza agli abduttori d'anca. Sui muscoli del ginocchio non hanno effettuato misurazioni.

Torque, Nm/kg	Knee OA (n = 89)		Controls (n = 23)		Adjusted mean difference, %*	P
	Mean ± SD	Adjusted mean ± SEM*	Mean ± SD	Adjusted mean ± SEM*		
Hip flexion	0.77 ± 0.23	0.76 ± 0.03	1.00 ± 0.39	1.03 ± 0.05	26	< 0.001
Hip extension	1.86 ± 0.63	1.82 ± 0.05	2.05 ± 0.60	2.17 ± 0.10	16	0.002
Hip internal rotation	0.41 ± 0.16	0.41 ± 0.02	0.49 ± 0.20	0.51 ± 0.03	20	0.011
Hip external rotation	0.37 ± 0.15	0.36 ± 0.01	0.46 ± 0.16	0.49 ± 0.03	27	< 0.001
Hip abduction	0.86 ± 0.29	0.86 ± 0.03	1.13 ± 0.32	1.13 ± 0.06	24	< 0.001
Hip adduction	0.76 ± 0.29	0.76 ± 0.03	1.00 ± 0.35	1.03 ± 0.06	26	< 0.001

* Strength scores adjusted for age and sex. OA = osteoarthritis.

5.2.1: la Tabella mostra il confronto tra la muscolatura dell'anca nei pz del gruppo OA e il gruppo di controllo. La differenza è statisticamente significativa per quasi tutti i gruppi muscolari. (17)

Anche lo studio di Costa e colleghi del 2010 (9) si è concentrato sulla valutazione della forza muscolare a livello degli stessi gruppi muscolari, misurandone la forza massima attraverso l'utilizzo di macchinari isocinetici, non isometricamente come nel lavoro di Hinman. Hanno quindi reclutato 50 pazienti con gonartrosi (di cui 25 monolaterale e 25 bilaterale) e 50 soggetti sani di controllo. Li hanno sottoposti a misurazione isocinetica di forza, potenza e resistenza muscolare a 3 diverse velocità di movimento in abduzione, adduzione, flessione, estensione, rotazione interna ed esterna di anca.

I risultati sono in linea con quelli ottenuti da Hinman nella sua ricerca (17); infatti gli autori rilevano una riduzione significativa del picco di forza a quasi tutte le velocità per la maggior parte dei gruppi muscolari analizzati, particolarmente per gli estensori di anca, bilateralmente rispetto al gruppo di controllo. Gli autori hanno anche rilevato una relazione tra picco di forza e funzione (scala WOMAC). Tale correlazione era addirittura più forte di quella tra forza muscolare e dolore nella VAS.

Gli autori di entrambi gli studi confermano la loro ipotesi iniziale e le teorie degli studi del paragrafo precedente, rimanendo in dubbio relativamente alla relazione temporale tra artrosi del ginocchio e debolezza muscolare all'anca. Slemenda et al 1998, dimostravano che la debolezza del quadricipite può precedere la patogenesi di fenomeni artrosici, quindi è possibile che anche la debolezza ai muscoli dell'anca possa rappresentarne un fattore di rischio. D'altronde, tale disfunzione può essere anche conseguente all'artrosi del ginocchio. Come confermato dallo studio di Bennell et al del 2011 (1), infatti, inibizione muscolare del quadricipite e atrofia sono fenomeni frequenti in conseguenza di infiammazione articolare tipica dell'artrosi.

Infine gli autori ipotizzano che le alterazioni patologiche e il dolore cronico siano fattori che inducono i pazienti con artrosi sintomatica del ginocchio ad adottare strategie compensatorie nel cammino; lo studio di Hunt del 2008 (19), infatti descriveva che alcuni pazienti con osteoartrosi al ginocchio aumentassero l'inclinazione ipsilaterale del tronco per scaricare il comparto mediale durante il cammino, riducendo di conseguenza l'attivazione dei muscoli abduttori. Infine è probabile che la debolezza generalizzata di tutti i muscoli dell'anca sia anche data dal relativo disuso, dato da un livello ridotto di attività associato all'osteoartrosi del ginocchio. Gli autori concludono che un programma di rinforzo dei muscoli dell'anca potrebbe essere utilmente associato alle strategie terapeutiche già validate in letteratura per il management dell'osteoartrosi del ginocchio. (19)

5.3 EFFETTO DEL RINFORZO DELL'ANCA SULL'OSTEOARTROSI AL GINOCCHIO

Infine sono stati considerati gli studi che indagano l'effetto del rinforzo ai muscoli dell'anca in pazienti con osteoartrosi al ginocchio. Tali studi approfondiscono le ipotesi discusse precedentemente, al fine di verificare che effettivamente un rinforzo muscolare selettivo dell'anca possa dare ulteriori benefici alle strategie terapeutiche già validate per la gonartrosi.

Già nel 2007, Bennell e colleghi (3) volevano indagare se il rinforzo dei muscoli adduttori e abduttori d'anca poteva influire sul carico a livello del ginocchio e sul miglioramento del dolore e della funzione articolare in pazienti con osteoartrosi mediale al ginocchio.

Hanno ipotizzato un protocollo di studio che prevedeva il reclutamento di 88 pazienti con diagnosi di gonartrosi mediale e randomizzazione in 2 gruppi, uno di studio e uno di controllo; ai primi sarebbe chiesto di svolgere 6 esercizi per il rinforzo isotonic dei muscoli adduttori e abduttori d'anca, 5 volte a settimana; ai secondi di non modificare le loro attività quotidiane.

Table 1: Hip abductor and adductor muscle strengthening exercises

Exercise	Dosage
Abduction in sidelying Unilateral hip abduction performed in sidelying with the use of ankle cuff weights	3 sets of 10 at a 10 RM resistance
Abduction in standing Unilateral hip abduction performed in standing with the use of resistance band	3 sets of 10 with moderate resistance band
Standing wall isometric hip abduction Performed in unipedal stance with the opposite limb in 90 degrees of hip and knee flexion. Exercises will be done for both limbs.	3 sets of 10 with 5 second holds
Adduction in sidelying Unilateral hip adduction performed in sidelying with the use of ankle cuff weights if possible	3 sets of 10 at a 10 RM resistance
Adduction in standing Unilateral hip adduction performed in standing with the use of resistance band	3 sets of 10 with moderate resistance band
Towel squeezes Bilateral isometric hip adduction against a rolled-up towel in sitting	3 sets of 10 with 5 second holds

Figura 5.3.1: descrizione degli esercizi ipotizzati per il rinforzo dei muscoli adduttori e abduttori d'anca.

Dopo 12 settimane sarebbe stato da rivalutare il momento adduttore al ginocchio tramite analisi 3D del cammino, e da somministrare nuovamente i questionari per il monitoraggio del dolore, della funzione e del miglioramento percepito dal paziente. In base alle tesi dimostrate da studi precedenti, gli autori si aspettano che, rinforzando i muscoli abduttori d'anca si dovrebbe orizzontalizzare il bacino in fase di carico, diminuendo così il momento adduttore al ginocchio e quindi i sintomi ad esso correlati. (3)

Il primo studio che si rifà a queste tesi è di Thorp e colleghi e risale al 2010 (32); esso esamina gli effetti biomeccanici di un programma di rinforzo muscolare dell'arto inferiore, con maggior enfasi per l'allenamento dei muscoli dell'anca; gli autori indagano eventuali modificazioni che tale rinforzo genera sul ginocchio artrosico, relativamente al carico in dinamica.

Per questo studio pilota sono stati reclutati 6 soggetti con osteoartrosi mediale del ginocchio, che sono stati allenati per 4 settimane con un programma che combinava il rinforzo selettivo degli abduttori di anca con il rinforzo tradizionale di quadricipite e ischiocrurali. L'allenamento veniva eseguito quotidianamente, o supervisionato o in autonomia. La valutazione includeva l'analisi 3D del cammino per quantificare il momento adduttore sul ginocchio, valutazioni isometriche e isocinetiche della forza e la somministrazione della scala WOMAC. I soggetti hanno mostrato una riduzione significativa del momento adduttore al ginocchio in seguito al programma di rinforzo, associato a un miglioramento relativamente alla scala WOMAC. Anche la forza muscolare è mediamente migliorata, ma non in modo significativo, probabilmente perché le analisi sono state effettuate su un campione molto ridotto. Gli autori osservano che un rinforzo selettivo degli

abducenti è stato in grado di ridurre significativamente il momento adduttore al ginocchio durante il cammino; effetto non ottenuto neanche dal rinforzo selettivo del quadricipite, indagato nello studio di Zin del 2008 (36).

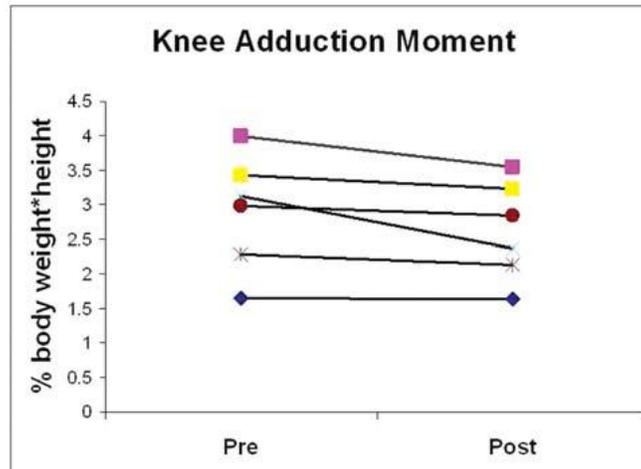


Fig 5.3.2: Il momento adduttore al ginocchio, prima e dopo l'allenamento di ogni partecipante. (33)

Altri studi trovati in letteratura hanno indagato gli effetti di un programma di rinforzo ai muscoli dell'anca, per confermare l'ipotesi di questo studio pilota, che ha molti punti deboli dal punto di vista della metodologia; sono argomentati qui di seguito.

Nello stesso anno, Bennell e colleghi (2) hanno condotto un trial clinico di buona metodologia (scala PEDro 8/10), rifacendosi proprio al protocollo stilato 3 anni prima. Hanno randomizzato 89 pazienti con gonartrosi in un gruppo di studio, 45, e in un gruppo di controllo, 44. Mentre i pazienti del gruppo di controllo non facevano nessun trattamento, i pazienti del gruppo di studio eseguivano esercizi 5 volte a settimana per 12 settimane, in autonomia o con supervisione di fisioterapisti; questi consistevano nel rinforzo muscolare ad abducenti e adduttori d'anca, con progressivo aumento dell'intensità dell'allenamento. L'outcome primario era il momento adduttore al ginocchio, valutato tramite analisi tridimensionale del cammino a T0 e a T12 settimane. Per il monitoraggio degli outcome secondari i ricercatori hanno somministrato, tra gli altri test, la scala WOMAC, la scala VAS e hanno valutato la forza massima isometrica dei muscoli dell'anca e del quadricipite. Dai risultati è emerso un miglioramento significativo per quanto riguarda dolore, funzionalità e forza muscolare nel gruppo rinforzo;

tuttavia il momento adduttore al ginocchio non ha mostrato una variazione significativa rispetto al gruppo di controllo. (2)

	Groups, mean (SD)				Difference within groups, adjusted mean (SE) [†]		Difference between groups, adjusted mean (95% CI) [†]	
	Week 0		Week 13		Week 13–Week 0		Week 13–Week 0	
	Exercise	Control	Exercise	Control	Exercise	Control	Exercise–Control	P-values
Pain on walking (0–10)	4.3 (2.0)	4.1 (2.5)	2.6 (2.1)	3.9 (2.6)	-1.61 (0.28)	-0.24 (0.28)	-1.37 (-2.16, -0.59)	0.0008
WOMAC function (0–68)	24.8 (10.9)	23.7 (11.8)	16.2 (11.7)	21.9 (11.0)	-8.07 (1.15)	-1.90 (1.16)	-6.17 (-9.41, -2.93)	0.0003
WOMAC pain (0–20)	7.7 (3.0)	6.9 (3.3)	4.9 (3.3)	6.5 (3.3)	-2.60 (0.39)	-0.48 (0.40)	-2.12 (-3.24, -1.00)	0.0003
Step test (n)	16.2 (3.7)	16 (2.9)	18 (4.3)	16.9 (2.8)	1.76 (0.32)	0.80 (0.32)	0.96 (0.07, 1.86)	0.0358
Timed stair task (s)	8.0 (2.7)	8.2 (2.3)	7.0 (2.2)	7.9 (1.8)	-0.97 (0.19)	-0.25 (0.19)	-0.73 (-1.25, -0.20)	0.0072
Knee extension torque (Nm/kg)	1.5 (0.5)	1.4 (0.6)	1.6 (0.4)	1.4 (0.5)	0.16 (0.03)	0.05 (0.03)	0.11 (0.02, 0.21)	0.0152
Hip flexion torque (Nm/kg)	0.8 (0.2)	0.8 (0.2)	0.8 (0.2)	0.7 (0.2)	0.07 (0.03)	-0.01 (0.03)	0.08 (0.01, 0.16)	0.0325
Hip abduction torque (Nm/kg)	0.9 (0.3)	0.8 (0.3)	1.0 (0.3)	0.9 (0.3)	0.14 (0.03)	0.03 (0.03)	0.11 (0.04, 0.19)	0.0022
Hip adduction torque (Nm/kg)	0.8 (0.3)	0.8 (0.3)	0.9 (0.3)	0.8 (0.3)	0.15 (0.02)	0.024 (0.023)	0.13 (0.06, 0.19)	0.0002
Hip extension torque (Nm/kg)	1.9 (0.6)	1.8 (0.6)	2.1 (0.7)	1.9 (0.6)	0.19 (0.04)	0.04 (0.04)	0.15 (0.04, 0.27)	0.0115
Hip internal rotation torque (Nm/kg)	0.4 (0.2)	0.4 (0.2)	0.5 (0.2)	0.4 (0.2)	0.04 (0.02)	-0.01 (0.02)	0.05 (0.01, 0.10)	0.0269
Hip external rotation torque (Nm/kg)	0.4 (0.1)	0.4 (0.2)	0.4 (0.1)	0.4 (0.2)	0.04 (0.01)	-0.02 (0.01)	0.05 (0.02, 0.09)	0.0048

[†] Values were adjusted for the baseline value of the variable.

Tabella con le differenze ottenute tra gruppo di studio e gruppo di controllo per gli outcome considerati e relativi valori di P.

Nel 2010 è stato pubblicato anche un altro trial clinico con lo stesso obiettivo: Sled e colleghi (30) hanno reclutato 40 pazienti con diagnosi di osteoartrosi al ginocchio, che hanno sottoposto a un programma di rinforzo in autonomia dei muscoli abduttori d'anca, della durata di 8 settimane, confrontandoli con 40 soggetti sani di controllo. Hanno misurato il momento adduttore al ginocchio tramite analisi 3D del cammino, la forza degli abduttori d'anca in isocinetica, hanno somministrato il 5vTimes Sit to Stand Test per valutare la funzione e la WOMAC Scale; in seguito all'intervento, sono stati evidenziati miglioramenti significativi per tutti i parametri analizzati, tranne che per il momento adduttore al ginocchio.

Table 2.

Initial and Final Means and 95% Confidence Intervals (CIs) for the Outcomes of Hip Muscle Strength, Peak Knee Adduction Moments, Chair Rise Time, and Physical Activity Scale for the Elderly (PASE) Scores in the Osteoarthritis and Control Groups

Variable	Group ^a	Initial Testing Mean (95% CI), P Value ^b	Final Testing Mean (95% CI), P Value ^c	p ^d
Isokinetic hip abductor muscle strength (N-m/kg)	Osteoarthritis	0.75 (0.62–0.88)	1.00 (0.87–1.13)	.036 ^e
	Control	0.96 (0.83–1.09) P=.03 ^e	1.06 (0.93–1.19) P=.56	
Peak knee adduction moment (%BW×Ht) ^f	Osteoarthritis	2.97 (2.70–3.24)	2.96 (2.68–3.24)	.52
	Control	2.47 (2.28–2.66) P=.004 ^e	2.52 (2.31–2.73) P=.02 ^e	
FTSST ^g (s)	Osteoarthritis	15.2 (12.6–17.9)	12.5 (10.6–14.4)	.021 ^e
	Control	10.1 (9.2–11.0) P<.001 ^e	9.3 (8.4–10.2) P=.004 ^e	
PASE score	Osteoarthritis	196.2 (175.7–216.7)	200.9 (176.0–225.9)	.065
	Control	165.0 (144.9–185.2) P=.037 ^e	147.3 (128.7–166.0) P=.001 ^e	

^a n=40 participants in each group.

^b P values for between-group differences on initial testing.

^c P values for between-group differences on final testing.

^d P values for between-group differences in change over time (interaction effect).

^e Significant differences (P<.05).

^f %BW×Ht=percentage of body weight × height.

^g FTSST=Five-Times-Sit-to-Stand Test.

La differenza tra gruppo di studio e gruppo di controllo non raggiunge la significatività statistica nel confronto del momento adduttore al ginocchio. Per i parametri di forza muscolare e di funzione (FTSST) si osserva invece un miglioramento statisticamente significativo.

L'ultimo studio che si trova in letteratura riguardo questa tema è quello di Foroughi del 2011 (13). Gli autori ipotizzano che un programma semestrale di rinforzo ad alta intensità che coinvolga i maggiori gruppi muscolari dell'arto inferiore, possa ridurre il momento adduttore sul ginocchio; sono state reclutate 56 pazienti donne con gonartrosi che hanno randomizzato in un gruppo di studio e uno di controllo. Le prime effettuavano esercizi di rinforzo a flessori/estensori del ginocchio, abduttori/adduttori d'anca, flessori plantari e leg press all'80% della forza massimale. Il gruppo di controllo effettuava esercizi per i muscoli della coscia e della gamba a minori intensità. Entrambi i gruppi erano supervisionati per 3 volte a settimana, per 6 mesi di trattamento. Tra i vari outcome, è stata inclusa la misurazione del momento adduttore sul ginocchio. La variazione nei 2 gruppi di studio non ha raggiunto però una differenza statisticamente significativa. Un programma di rinforzo ad alta intensità dei muscoli dell'anca e del ginocchio, sebbene efficace nel miglioramento dei sintomi legati all'artrosi e nella dinamica della deambulazione, non sembra pertanto ridurre il momento adduttore al ginocchio più che nel gruppo di controllo. Gli autori non hanno quindi individuato alcuna relazione tra l'aumento della forza muscolare globale dell'arto inferiore e la riduzione dei momenti stressanti sulle articolazioni dell'anca e del ginocchio sul piano frontale. (13)

6. DISCUSSIONE

Tutti gli studi trovati in letteratura vogliono verificare l'ipotesi relativa all'effetto di interdipendenza regionale tra ginocchio e anca, che lega l'insorgenza della gonartrosi e la debolezza muscolare all'anca.

Utilizzano generalmente come outcome primario la misurazione del momento adduttore al ginocchio, come indice indiretto dello stress articolare durante il cammino o di altre attività in carico; come metodo, l'analisi tridimensionale del movimento. Alcuni studi valutano cosa si modifica in soggetti sani, posti in condizioni di disfunzione; cioè se effettivamente un'alterazione indotta a livello dell'anca genera modificazioni del carico al ginocchio; altri studi indagano la cinematica di attività in carico su pazienti con osteoartrosi, dimostrando effettivamente che nel ginocchio artrosico ci sarebbe globalmente debolezza dei muscoli dell'anca. Solo lo studio di Henriksen sembra discordare con quanto argomentato nei risultati, ma gli autori spiegano che probabilmente il loro risultato può esser stato determinato da un atteggiamento del ginocchio in valgo, non monitorato. Essi ipotizzano una maggior contrazione a livello dei muscoli adduttori (che non hanno valutato tramite EMG), per sopperire all'ipofunzione degli abduttori, causata dal dolore dell'iniezione intramuscolo della soluzione salina. Si tratta tuttavia di uno studio su soggetti sani, con strategie di compenso diverse da pazienti con artrosi al ginocchio.

I 2 soli studi (9), (17) che indagano la forza dei muscoli a livello dell'anca ottengono risultati concordi, sebbene le misurazioni avvengano in uno studio con contrazioni isometriche, nel secondo con contrazioni isocinetiche. In pazienti con gonartrosi, la muscolatura dell'anca è significativamente più debole rispetto al ginocchio sano controlaterale o a soggetti sani di controllo.

Per quanto riguarda i programmi riabilitativi che miravano al rinforzo selettivo della muscolatura dell'anca in pazienti con gonartrosi, sono stati trovati risultati in apparenza non coerenti con le ipotesi fin qui dimostrate. Lo studio di Thorp (32) sembrava aver evidenziato una modifica del momento adduttore al ginocchio in seguito a rinforzo degli abduttori d'anca, tuttavia si trattava di uno studio pilota, con un campione ridotto e senza un gruppo di controllo.

Gli altri studi, di qualità metodologica ben più elevata, evidenziano un miglioramento per quanto riguarda i parametri di dolore, funzione articolare e soddisfazione del paziente; il rinforzo agli abduttori dovrebbe quindi essere inserito nel programma di riabilitazione di pazienti con osteoartrosi al ginocchio.

Tuttavia, dal rinforzo dei muscoli dell'anca non sembra al momento essere dimostrata un'influenza diretta sul momento adduttore al ginocchio.

Nello studio di Foroughi (13) infatti, il rinforzo dei muscoli della caviglia e dell'anca avrebbe dovuto generare una riduzione del carico a livello del ginocchio, ma così non si è verificato. Gli abduttori nei pazienti del gruppo di studio hanno avuto un aumento della forza pari al 50%, ma ciò non ha modificato il momento adduttore al ginocchio come inizialmente ipotizzato. L'allenamento non è stato specifico sugli abduttori, come volevano le ipotesi, inoltre è possibile che altri fattori associati all'osteoartrosi, come il malallineamento in varo, cambiamenti nel controllo neuromuscolare e il dolore, contribuiscono ad influenzare il carico articolare del ginocchio, più di quanto lo faccia un incremento della forza muscolare.

Nello studio di Sled (30), gli autori ipotizzano che il rinforzo dei muscoli abduttori possa aver aumentato la stabilità del bacino e del tronco, invece che dell'arto inferiore; l'ipotesi quindi non dimostrata è quella che il momento adduttore al ginocchio possa essersi ridotto per una possibile minor inclinazione omolaterale all'arto in carico. Questa ipotesi però non è verificabile considerando che non sono stati raccolti dati in merito. Inoltre gli autori considerano che il loro campione era funzionalmente molto attivo, come mostrato dai punteggi della scala PASE, quindi questi risultati non possono essere generalizzati alla popolazione media di pazienti con OA. I risultati ottenuti suggeriscono la necessità di ulteriori studi che indaghino l'effetto di un rinforzo dei muscoli abduttori d'anca sulla progressione dell'osteoartrosi al ginocchio, con un numero maggiore di pazienti e con il monitoraggio di più parametri, come l'attivazione EMG prima e dopo l'allenamento durante l'analisi del cammino o l'utilizzo di marker anche a livello del tronco. Infatti, non solo il livello di forza potrebbe influenzare il carico articolare durante il cammino o altre attività in carico, ma anche il controllo neuromuscolare, definito come la capacità di contrarre la muscolatura nel momento giusto e con la giusta intensità, in modo tale da opporsi alle forze che aumentano il momento adduttore al ginocchio. Gli studi che fin'ora hanno indagato questo aspetto infatti, si sono concentrati sull'aumento della forza muscolare, non monitorando la capacità di controllo motorio degli abduttori; senza questa caratteristica, un aumento della forza muscolare potrebbe non essere utile a contrastare l'aumento delle forze a livello del comparto mediale del ginocchio (2). Gli autori suggeriscono dunque che potrebbe essere utile inserire esercizi di controllo che possano incorporare un training eccentrico degli abduttori in posizione di carico monopodalico; dunque, insegnare l'utilizzo

funzionale di un eventuale rinforzo muscolare durante le attività in carico potrebbe essere una strategia utile alla riduzione del momento adduttore al ginocchio durante il cammino. Anche Foroughi (13) si rifà a questo concetto, ipotizzando che proprio un training funzionale del cammino, concomitante al rinforzo dei muscoli abduttori, possa essere efficace per una riduzione significativa del carico al comparto mediale del ginocchio.

Inoltre, anche la differenza nell'allineamento varo-valgo o altre variabili anatomiche dell'arto inferiore o il grado di osteoartrosi potrebbero influenzare la risposta al rinforzo. Bennell e colleghi suggeriscono quindi che i prossimi studi dovrebbero stratificare i pazienti in relazione a variabili biomeccaniche e funzionali, per evidenziare maggiormente su quali categorie di pazienti con ginocchio artrosico può essere più utile il rinforzo dei muscoli abduttori. Sled e colleghi (30) aggiungono che il valore "momento adduttore" al ginocchio dipende da più parametri funzionali, non solo dal grado di forza e attivazione dei muscoli abduttori, ma anche da variabili passive e attive che agiscono sul piano frontale e possono alterare in modo significativo il carico articolare; gli autori si riferiscono principalmente a variabili biomeccaniche e funzionali della pelvi e del tronco, che, come abbiamo detto, non hanno monitorato. Gli studi aggiungono inoltre che bisognerebbe approfondire la relazione tra forza muscolare degli adduttori e gonartrosi. Questi, inserendosi sul condilo mediale, potrebbero agire come rotatori interni del femore, determinando una deviazione in valgo che nella fase di carico potrebbe concorrere ad una riduzione del momento adduttore al ginocchio.

7. CONCLUSIONE

I dati ottenuti dagli studi pubblicati in letteratura mostrano una relazione tra pazienti con osteoartrosi al ginocchio e forza muscolare all'anca. Le ricerche evidenziano che, in concomitanza con il ginocchio artrosico sintomatico, si potrebbe osservare debolezza all'anca, in prevalenza a carico dei muscoli abduttori. La relazione di causa-effetto dei due fenomeni rimane tuttavia non chiara; non è quindi al momento possibile stabilire se la gonartrosi determina tra gli altri segni e sintomi una riduzione della forza muscolare all'anca, o se la riduzione della forza all'anca sia una delle possibili ragioni di insorgenza e progressione del ginocchio artrosico sintomatico.

Gli studi che invece sperimentano un programma di rinforzo dei muscoli dell'anca non supportano al momento l'ipotesi che tale strategia possa ridurre direttamente il carico a livello del ginocchio in pazienti con gonartrosi. Pertanto, nonostante si sia rilevato un miglioramento significativo dei sintomi e della funzione dei gruppi di studio rispetto ai gruppi di controllo, tuttavia non è evidente una variazione diretta del momento adduttore al ginocchio, in seguito al rinforzo dei muscoli dell'anca. Il meccanismo tale per cui un aumento del momento adduttore all'anca sembra essere protettivo contro la progressione dell'artrosi al ginocchio (Chang 2005 (6)) rimane quindi non chiaro. I pochi studi trovati in letteratura, sebbene di buona metodologia, sembrano non essere specifici sul rinforzo dei muscoli abduttori, come invece suggerirebbero le premesse. L'unico che è andato in questa direzione è stato il lavoro di Thorp (32), che, seppur studiando un campione molto ridotto, ha ottenuto risultati significativi sulla variazione del momento adduttore al ginocchio dopo rinforzo degli abduttori d'anca. Gli studi di Bennell e Foroughi (2), (13), infatti, hanno proposto un programma di rinforzo degli abduttori e adduttori, nel primo caso, e di tutto l'arto inferiore nel secondo caso. Ciò non dà conferma del fatto che il rinforzo dei muscoli abduttori sia inefficace nell'influenzare il momento adduttore al ginocchio, poichè il training non è stato selettivo su tali muscoli. L'altro studio era quello di Sled (30), che allenava gli abduttori per un periodo di 8 settimane, ma non monitorava tutte le variabili biomeccaniche che influenzano i momenti sul piano frontale, come eventuali inclinazioni omolaterali del busto (gli abduttori avrebbero infatti potuto stabilizzare il tronco attraverso l'origine sulla pelvi, non solo tramite inserzione al femore). Inoltre l'allenamento si svolgeva per 8 settimane soltanto.

Alla luce di queste osservazioni, sembrerebbero necessari ulteriori trial clinici randomizzati, che si pongano prevalentemente 2 obiettivi:

- Il monitoraggio di tutte le variabili biomeccaniche che sul piano frontale influiscono sul momento adduttore del ginocchio (anca, ginocchio, caviglia, pelvi, tronco); questo al fine di evidenziare su quale distretto si potrebbero eventualmente presentare variazioni relativamente alla cinematica del cammino, dopo il rinforzo.
- Proporre un programma di rinforzo selettivo sui muscoli abduttori per minimo 12 settimane, abbinato ad un training di controllo motorio durante il cammino, su un numero di pazienti con gonartrosi sufficiente ad ottenere risultati rilevanti; unire inoltre un programma di allungamento e inibizione dei muscoli adduttori d'anca (gli antagonisti), sui quali è stato osservato un aumento della forza in soggetti con gonartrosi rispetto a soggetti sani. Potrebbe essere utile effettuare questo tipo di trattamento a un gruppo di studio, abbinandolo al trattamento classico per la gestione dell'artrosi del ginocchio; confrontare poi i risultati ottenuti con un gruppo di controllo, costituito da soggetti con caratteristiche simili al baseline, ai quali venga somministrato solo il trattamento classico. Utilizzare infine come outcome primario il momento adduttore al ginocchio tramite analisi tridimensionale del cammino, e come outcome secondari le scale relative al miglioramento di dolore, funzione articolare e al grado di soddisfazione del paziente. In questo modo si potrà stabilire se il rinforzo ai muscoli abduttori può essere una strategia efficace a ridurre il momento adduttore al ginocchio, da aggiungere utilmente ai trattamenti già validati in letteratura che mirano a rallentare la progressione dell'osteoartrosi e limitare la disabilità legata a questa patologia.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Bennell KL, Hinman RS. A review of the clinical evidence for exercise in osteoarthritis of the hip and knee. *J Sci Med Sport*. 2011 Jan;14(1):4-9.
2. Bennell KL, Hunt MA, Wrigley TV, Hunter DJ, McManus FJ, Hodges PW, Li L, Hinman RS. Hip strengthening reduces symptoms but not knee load in people with medial knee osteoarthritis and varus malalignment: a randomised controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010 May;18(5):621-8
3. Bennell KL, Hunt MA, Wrigley TV, Hunter DJ, Hinman RS. The effects of hip muscle strengthening on knee load, pain, and function in people with knee osteoarthritis: a protocol for a randomised, single-blind controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2007 Dec 7;8:121
4. Bennell KL, Bowles KA, Wang Y, Cicuttini F, Davies-Tuck M, Hinman RS. Higher dynamic medial knee load predicts greater cartilage loss over 12 months in medial knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2011 Oct;70(10):1770-4
5. Bhatia D, Bejarano T, Novo M. *J Pharm Bioallied*. Current interventions in the management of knee osteoarthritis. *Sci*. 2013 Jan;5(1):30-8
6. Chang A, Hayes K, Dunlop D, Song J, Hurwitz D, Cahue S, Sharma L. Hip abduction moment and protection against medial tibiofemoral osteoarthritis progression. *Arthritis Rheum*. 2005 Nov;52(11):3515-9
7. Chen HL, Lu TW, Wang TM, Huang SC. Biomechanical strategies for successful obstacle crossing with the trailing limb in older adults with medial compartment knee osteoarthritis. *J Biomech*. 2008;41(4):753-61
8. Cichanowski HR, Schmitt JS, Johnson RJ, Niemuth PE. Hip strength in collegiate female athletes with patellofemoral pain. *Med Sci Sports Exerc*. 2007 Aug;39(8):1227-32
9. Costa RA, Oliveira LM, Watanabe SH, Jones A, Natour J. Isokinetic assessment of the hip muscles in patients with osteoarthritis of the knee. *Clinics (Sao Paulo)*. 2010;65(12):1253-9
10. Dolak KL, Silkman C, Medina McKeon J, Hosey RG, Lattermann C, Uhl TL. Hip strengthening prior to functional exercises reduces pain sooner than quadriceps strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011 Aug;41(8):560-70

11. Ferber R, Noehren B, Hamill J, Davis IS. Competitive female runners with a history of iliotibial band syndrome demonstrate atypical hip and knee kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010 Feb;40(2):52-8
12. Fredericson M, Cookingham CL, Chaudhari AM, Dowdell BC, Oestreicher N, Sahrmann SA. Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome.. *Clin J Sport Med.* 2000 Jul;10(3):169-75
13. Foroughi N, Smith RM, Lange AK, Baker MK, Fiatarone Singh MA, Vanwanseele B. Lower limb muscle strengthening does not change frontal plane moments in women with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2011 Feb;26(2):167-74
14. Friel K, McLean N, Myers C, Caceres M. Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. *J Athl Train.* 2006 Jan-Mar;41(1):74-8
15. Goldberg EJ, Neptune RR. Compensatory strategies during normal walking in response to muscle weakness and increased hip joint stiffness. *Gait Posture.* 2007 Mar;25(3):360-7
16. Henriksen M, Aaboe J, Simonsen EB, Alkjaer T, Bliddal H. Experimentally reduced hip abductor function during walking: Implications for knee joint loads. *J Biomech.* 2009 Jun 19;42(9):1236-40
17. Hinman RS, Hunt MA, Creaby MW, Wrigley TV, McManus FJ, Bennell KL. Hip muscle weakness in individuals with medial knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2010 Aug;62(8):1190-3
18. Huang SC, Wei IP, Chien HL, Wang TM, Liu YH, Chen HL, Lu TW, Lin JG. Effects of severity of degeneration on gait patterns in patients with medial knee osteoarthritis. *Med Eng Phys.* 2008 Oct;30(8):997-1003
19. Hunt MA, Birmingham TB, Bryant D, Jones I, Giffin JR, Jenkyn TR, Vandervoort AA. Lateral trunk lean explains variation in dynamic knee joint load in patients with medial compartment knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2008 May;16(5):591-9.
20. Kerrigan DC, Lelas JL, Goggins J, Merriman GJ, Kaplan RJ, Felson DT. Effectiveness of a lateral-wedge insole on knee varus torque in patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002 Jul;83(7):889-93
21. Kulig K, Loudon JK, Popovich JM Jr, Pollard CD, Winder BR. Dancers with Achilles tendinopathy demonstrate altered lower extremity takeoff kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011 Aug;41(8):606-13

22. Kulig K, Popovich JM Jr, Noceti - Dewit LM, Reischl SF, Kim D. Women with posterior tibial tendon dysfunction have diminished ankle and hip muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011 Sep;41(9):687-94
23. Kumar D, Manal KT, Rudolph KS. Knee joint loading during gait in healthy controls and individuals with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2013 Feb;21(2):298-305
24. Loureiro A, Mills PM, Barrett RS. Muscle weakness in hip osteoarthritis: a systematic review. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2013 Mar;65(3):340-52
25. Mazucca SA, Brandt KD, Buckland-Wright JC, Buckwalter KA, Katz BP, Lynch JA, Ward RJ, Emsley CL. 1999. Field test of the reproducibility of automated measurements of medial tibiofemoral joint space width derived from standardized knee radiographs.
26. Pollo FE, Otis JC, Backus SI, Warren RF, Wickiewicz TL. Reduction of medial compartment loads with valgus bracing of the osteoarthritic knee. *Am J Sports Med.* 2002 May-Jun;30(3):414-21
27. Rasch A, Byström AH, Dalen N, Berg HE. Reduced muscle radiological density, cross-sectional area, and strength of major hip and knee muscles in 22 patients with hip osteoarthritis. *Acta Orthop.* 2007 Aug;78(4):505-10
28. Robinson RL, Nee RJ. Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 May;37(5):232-8
29. Sharma L, Song J, Dunlop D, Felson D, Lewis CE, Segal N, Torner J, Cooke TD, Hietpas J, Lynch J, Nevitt M. Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2010 Nov;69(11):1940-5
30. Sled EA, Khoja L, Deluzio KJ, Olney SJ, Culham EG. Effect of a home program of hip abductor exercises on knee joint loading, strength, function, and pain in people with knee osteoarthritis: a clinical trial. *Phys Ther.* 2010 Jun;90(6):895-904
31. Takacs J, Hunt MA. The effect of contralateral pelvic drop and trunk lean on frontal plane knee biomechanics during single limb standing. *J Biomech.* 2012 Nov 15;45(16):2791-6
32. Thorp LE, Wimmer MA, Foucher KC, Sumner DR, Shakoore N, Block JA. The biomechanical effects of focused muscle training on medial knee loads in OA of the knee: a pilot, proof of concept study. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2010 Jun;10(2):166-73

33. Wang SY, Olson-Kellogg B, Shamliyan TA, Choi JY, Ramakrishnan R, Kane RL. Physical therapy interventions for knee pain secondary to osteoarthritis: a systematic review. *Ann Intern Med.* 2012 Nov 6;157(9):632-44.
34. Weidow J, Mars I, Kärrholm J. Medial and lateral osteoarthritis of the knee is related to variations of hip and pelvic anatomy. *Osteoarthritis Cartilage.* 2005 Jun;13(6):471-7
35. Young MA, Cook JL, Purdam CR, Kiss ZS, Alfredson H. Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *Br J Sports Med.* 2005 Feb;39(2):102-5
36. Zin HT, Hsu AT, Chang JH, Chien CS, Chang GL. Comparison of EMG activity between maximal manual muscle testing and cybex maximal isometric testing of the quadriceps femoris. *J Formos Med Assoc.* 2008 Feb;107(2):175-80.