

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
FACOLTA DI MEDICINA E CHIRURGIA**



***MASTER IN RIABILITAZIONE DEI
DISORDINI MUSCOLOSCHELETRICI***

in collaborazione con Libera Università di Bruxelles

Anno Accademico
2007/2008

Tesi di Master

***Diaframma: meccanismi d'attivazione con il cingolo
pelvico ed implicazione all'interno del processo di
stabilizzazione***

Relatore:

Dott. Ft OMT Michele Monti

Studente:

Dott. Ft Daniele Piscitelli

INDICE

1. Abstract	Pag. 3
2. Introduzione	Pag. 4
2.1 Problematiche lombo – pelviche	Pag. 4
2.2 Anatomia funzionale	Pag. 5
2.3 Teoria Della Stabilità Di Panjabi	Pag. 6
2.4 Unità muscoloscheletrica del sistema Lombo – Pelvico	Pag. 11
3. Materiali e Metodi	Pag. 12
4. Risultati	Pag. 13
5. Discussione	Pag. 32
6. Conclusioni	Pag. 35
7. Appendice: <i>paradigma intervento di controllo motorio</i>	Pag. 36
8. Bibliografia Background	Pag. 38
9. Bibliografia Foreground	Pag. 40

1. Abstract

Obiettivi: questa tesi si pone lo scopo di ricercare, attraverso una revisione della letteratura internazionale, evidenze relative alla funzione del muscolo diaframma nei meccanismi fisiologici con il cingolo pelvico e l'efficacia del suo reclutamento durante programmi riabilitativi specifici.

Metodi e materiali: è stata condotta una ricerca attraverso i database informatici PEDro e PubMed utilizzando le seguenti parole chiave: diaphragm, breathing pattern, respiration, motor control in associazione con low back pain, sacroiliac joint pain, pelvic girdle pain, transversus abdominis e rehabilitation. Si è scelto di analizzare i lavori pubblicati dal 1997, in lingua inglese. Ulteriori limiti sono stati posti per rendere la ricerca più specifica.

Risultati: sono stati inclusi 7 studi. Dalla ricerca è emerso il ruolo stabilizzatore del diaframma nell'unità lombo – pelvica. Gli studi hanno messo in evidenza la funzione posturale diaframmatica e il suo impairment in soggetti con dolore sacroiliaco e low back pain. Le alterazioni trovate possono essere normalizzate attraverso un intervento di apprendimento del controllo motorio.

Conclusioni: si può affermare che il diaframma ricopre un ruolo importante nel mantenimento della stabilità della regione lombo – pelvica. E' stato dimostrato il suo reclutamento anticipatorio in co-contrazione con il trasverso dell'addome per stabilizzare il tronco, attraverso un incremento della pressione intra – addominale. In soggetti con low back pain o dolore sacroiliaco è presente un'alterazione della sua funzione. Sono necessari ulteriori studi per dimostrare l'efficacia del suo reclutamento durante programmi di riabilitazione specifici. Allo stato dell'arte il clinico dovrebbe valutare il pattern di respirazione nei soggetti con problematiche lombo – pelviche.

2. Introduzione

Nel corso degli ultimi due decenni si è sviluppato un crescente interesse rispetto l'azione, integrata e specifica, del sistema muscolo – scheletrico nel mantenere la stabilità e la funzione ottimale del sistema di movimento^{5,6}.

Grazie agli studi precedenti di Panjabi sulla stabilità si è arrivati a determinare che alcune problematiche muscolo – scheletriche, come la lombalgia, siano correlate con deficit di stabilizzazione^{2,3,7}. I lavori si sono quindi concentrati nello sviluppo di modelli che racchiudono insieme le varie componenti che determinano la stabilità^{5,6}.

Uno dei distretti maggiormente studiati da questo punto di vista è sicuramente la regione lombo – pelvica.

Questo elaborato ha lo scopo di approfondire i meccanismi di stabilizzazione lombo – pelvici ricercando evidenze relative alla funzione del muscolo diaframma. L'obiettivo principale è indagare i meccanismi di attivazione del diaframma, come coadiutore del processo di stabilizzazione e un suo impiego in programmi riabilitativi di controllo motorio.

2.1 Problematiche Lombo – Pelviche

I disordini lombo – pelvici (lombalgia e dolore pelvico) sono i disturbi articolari più frequenti^{1,7,8}.

Per lombalgia (low back pain, LBP) si intende dolore e/o limitazione funzionale compreso tra il margine inferiore dell'arcata costale e le pieghe glutee inferiori con eventuale irradiazione posteriore alla coscia ma non oltre il ginocchio che può causare l'impossibilità di svolgere la normale attività quotidiana, con possibile assenza dal lavoro. È possibile classificare il LBP in acuto, quadro sintomatologico inferiore a 4 settimane, sub acuto da 4 settimane a tre mesi, cronico oltre i tre mesi e ricorrente: episodi acuti che durano meno di 6 settimane e si ripresentano dopo un periodo di benessere. Circa l'80% della popolazione è

destinato a presentare ad un certo punto della sua vita una lombalgia. La prevalenza annuale dei sintomi negli adulti in età lavorativa è del 50%, l'incidenza del 5%. Questa problematica presenta un altissimo costo sociale in termini di diagnostica, ridotta produttività e diminuzione nello svolgere le attività quotidiane. Nell'85% dei casi la lombalgia è aspecifica.

Il dolore pelvico di origine muscolo-scheletrica, pelvic girdle pain (PGP) è specifico rispetto al LBP e può presentarsi separatamente o in concomitanza al LBP. Nel PGP il dolore viene avvertito tra la cresta iliaca posteriore e la piega glutea, particolarmente in prossimità delle articolazioni sacro-iliache (SIJ). Il dolore può irradiarsi nella parte posteriore della coscia e può anche essere avvertito congiuntamente o separatamente alla sinfisi. I soggetti affetti da PGP sono stati suddivisi in due gruppi: pz non in gravidanza e pz con sintomi correlati alla gravidanza. Il PGP ha una prevalenza del 13% in pz non in gravidanza, mentre la prevalenza delle donne in gravidanza è del 20%.

2.2 Anatomia Funzionale

Il cingolo pelvico è un anello osteo articolare composto da osso sacro, sinfisi pubica, le due ossa dell'anca, coccige, femori con relative articolazioni e tessuti molli. Nel suo insieme la cintura pelvica ha la forma di un imbuto con una base superiore ampia che mette in comunicazione la grande cavità addominale con le pelvi attraverso lo stretto superiore.

L'articolazione sacro – iliaca articola la faccia auricolare dell'ileo con la superficie articolare auricolare sacrale. Vi è la presenza di cartilagine ialina sulla superficie articolare sacrale e fibrocartilagine sulla superficie illica. L'articolazione è rinforzata da diversi legamenti: legamento sacroiliaco ventrale, legamento sacroiliaco interosseo, legamento sacroiliaco dorsale lungo, legamento sacrotuberoso, legamento sacrospinoso e legamenti ileolombari.

I movimenti dell'articolazione sacro – iliaca sono la nutazione e la contronutazione. Nel movimento di nutazione il promontorio sacrale si porta in avanti dentro la pelvi, secondo un'asse coronale (definito dal l. interosseo). Durante la contronutazione l'apice del sacro va in avanti, mentre il promontorio sacrale si porta in direzione dorsale. Al movimento di nutazione corrisponde una rotazione posteriore dell'ileo, al movimento di contronutazione ne corrisponde una rotazione anteriore. Quest'articolazione ha una doppia funzione: garantire stabilità per la trasmissione delle forze assiali dal rachide agli arti e permettere il movimento imposto alle pelvi dalle forze torsionali provenienti dagli arti inferiori.

La sinfisi pubica è un anfiartrosi con motilità scarsa o quasi nulla. Unisce anteriormente le due ossa pubiche per mezzo di due faccette articolari piane, fra le quali è interposto un disco fibrocartilagineo.

L'unità funzionale della colonna (segmento di movimento di Junghans) è rappresentata dal sistema vertebra-disco-vertebra costituita da metà distale di una vertebra e metà prossimale della vertebra sottostante divise tra loro da un disco e tutte le strutture contenute tra le tre precedenti (faccette articolari, legamenti, nervi, vasi sanguigni ...). Il segmento di movimento ha 12 potenziali gradi di libertà.

2.3 Teoria Della Stabilità Di Panjabi

Negli ultimi anni c'è stato un interesse sempre maggiore da parte di fisioterapisti e ricercatori nell'approfondire la teoria della stabilità di Panjabi^{2,5,6}. Nel 1992 Panjabi introduceva il concetto di "sistema di stabilizzazione" considerato come un'interazione di tre sub sistemi: passivo, attivo e di controllo neurale:

- Il sistema passivo: costituito dalle vertebre, i dischi intervertebrali, le articolazioni zigapofisiarie, capsule e legamenti.
- Il sistema attivo: costituito dai muscoli e i tendini che circondano la colonna ed agiscono su di essa.
- Il sistema neurale: costituito dalle strutture del sistema nervoso periferico e dal sistema nervoso centrale che dirige e controlla il sistema attivo nel suo compito di stabilizzazione dinamica.

L'interazione dei tre sub sistemi è necessaria per mantenere la zona neutra entro limiti fisiologici così da non andare incontro a disfunzioni o impairments (menomazioni)^{5,6}. La zona neutra è definita come un range di movimento spinale, intorno alla posizione neutra, prodotto con una minima resistenza interna. Misura quindi la lassità spinale in prossimità della posizione neutra.

L'instabilità è di conseguenza un'incapacità di mantenere la zona neutra intervertebrale, da parte del sistema di stabilizzazione del rachide, entro limiti fisiologici. La stabilità è data anche da altri fattori che interagiscono con il modello di Panjabi la chiusura di forma e la chiusura di forza^{1,7,8}. La chiusura di forma risulta dal coefficiente di frizione, dalla forma delle superfici articolari e dall'integrità legamentosa. La chiusura di forza è primariamente un processo dinamico che dipende dalla compressione da parte delle strutture mio – fasciali e dal trasferimento efficace dei carichi.

D'interesse per la tesi è il sistema attivo e il sistema neurale.

Il sistema attivo è stato suddiviso da Comerford e Mottram (2001)⁵ in tre sottosistemi in base alle funzioni e caratteristiche dei muscoli. I tre sottosistemi sono: muscoli stabilizzatori locali, stabilizzatori globali e mobilizzatori globali.

Stabilizzatori locali

- Ø Aumentano la stiffness muscolare per il controllo segmentale.
- Ø Controllano la posizione neutra dell'articolazione.
- Ø Contrazione = nessun movimento.
- Ø Attività indipendente dalla direzione di movimento.
- Ø Attività continua durante tutto il movimento (attivazione tonica).
- Ø Input propriocettivo sulla posizione dell'articolazione, l'ampiezza e la velocità del movimento.

A livello del sistema lombo-pelvico, anatomicamente, i muscoli stabilizzatori locali sono rappresentati dai muscoli intertrasversari, interspinosi, multifido con le sue inserzioni da una vertebra all'altra, parte lombare dell'ileo-costale, il quadrato dei lombi, il trasverso dell'addome e l'obliquo interno dell'addome mediante l'inserzione delle fibre nella fascia toracolombare.

Stabilizzatori globali

- Ø Producono, mantengono e frenano il movimento.
- Ø Azione di controllo attraverso il ROM, controllano eccentricamente un segmento motorio ipermobile per ripristinare la stabilità.
- Ø Devono avere la capacità di controllare le forze di rotazione (specialmente sul piano assiale).
- Ø Attivazione dipende dalla direzione del movimento (attività non continua).
- Ø Devono attivarsi con un reclutamento prevalentemente a bassa soglia.

Sono stabilizzatori globali: il lunghissimo del torace nella parte toracica, l'ileo costale dei lombi nella sua parte toracica, il quadrato dei lombi per le sue fibre laterali, il retto dell'addome, l'obliquo interno ed esterno.

Mobilizzatori globali

- Ø Producono movimento.
- Ø La contrazione produce un cambiamento di lunghezza concentrico.
- Ø Accelerazione concentrica del movimento (specialmente sul piano sagittale, quindi flessione e estensione).
- Ø Assorbono gli shock da carico.
- Ø Attività dipende dalla direzione del movimento.
- Ø Attività non è continua (on \ off pattern fasico).

In tale insieme sono inclusi i muscoli ischio – tibiali, il grande gluteo (nella porzione superficiale), il muscolo iliaco e gli adduttori d'anca (in particolare il gracile).

2.4 Unità muscoloscheletrica del sistema Lombo – Pelvico

Fondamentale per fornire stabilità al sistema lombo – pelvico è l'unità muscolo scheletrica costituita da: diaframma, trasverso dell'addome, muscoli del pavimento pelvico (PFM) e da multifido lombare^{1,4,8} (Figura. 1).

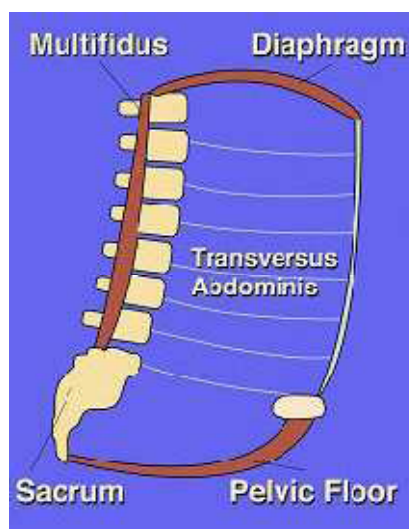


Figura 1

Lee D. "The pelvic girdle - an approach to the examination and treatment of the lumbo-pelvic region. Third edition". Churchill Livingstone 2004²¹

Si struttura quindi una camera chiusa con una determinata pressione interna, che può variare. La variazione di pressione dipende dall'integrità dei sistemi passivi e dalla funzionalità dei sistemi attivi. La pressione varia per proteggere le strutture e le funzioni viscerali¹.

Nei compiti funzionali come alzarsi, soffiare il naso, ridere, starnutire e nella manovra di Valsalva (espirazione forzata a glottide chiusa) il pattern di reclutamento è lo stesso, si modifica l'intensità: forza e potenza. I PFM agiscono all'unisono con il diaframma per evitare che vi sia una perdita di pressione¹.

La coordinazione di questi muscoli influenza il controllo posturale regolando la pressione intra addominale (IAP) e incrementando la tensione nella fascia toracolombare. La loro attività spesso aumenta in funzione anticipatoria (feedforward) prima di un movimento, così da proteggere le strutture articolari stabilizzandole³

Il dolore locale può causare inibizione della muscolatura locale e può anche ritardare il timing di contrazione conducendo a una perdita del controllo neuromuscolare^{3,5,6}. Impairments del reclutamento possono essere causati da altre cause come nei disordini respiratori, in cui si assiste a un alterato pattern di reclutamento del diaframma e quindi del fallimento del processo di stabilizzazione. Disfunzioni respiratorie sono infatti comunemente osservate in pz con LBP e incontinenza³.

Una disfunzione della muscolatura stabilizzatrice può pertanto portare allo sviluppo di LBP o PGP.

Infatti impairments della chiusura di forza possono essere associati a disordini della regione lombo – pelvica. Il deficit di reclutamento del diaframma e degli altri elementi dell'unità muscoloscheletrica produrrebbe un aumento del rischio del danneggiamento delle strutture periarticolari e articolari della colonna⁷.

La letteratura negli ultimi anni sta producendo diversi studi sull'efficacia di un trattamento atto al recupero del reclutamento della muscolatura stabilizzatrice in quei pz con deficit di stabilità lombo – pelvica. In questo senso vi è una moderata evidenza sull'efficacia di un intervento di apprendimento del controllo motorio per impairments del rachide lombare e del cingolo pelvico nella riduzione del dolore, disabilità e miglioramento della qualità della vita^{4,8}.

Come precedentemente illustrato lo scopo della tesi sarà quindi quello di ricercare evidenze, attraverso la letteratura scientifica internazionale, del ruolo del diaframma, componente dell'unità muscoloscheletrica del sistema lombo – pelvico, nel processo di stabilizzazione e l'efficacia del suo reclutamento in programmi riabilitativi di controllo motorio specifici.

3. Materiali e Metodi

Banche dati consultate

- Ø PEDro
- Ø PubMed
- Ø Medline

Periodo e lingua di pubblicazione

- Ø 1997 –2009 (Maggio) Lingua Inglese o Italiana

Key Words

- Ø “Diaphragm”, “breathing pattern”, “respiration”, “motor control” associate con gli operatori booleani AND e OR a “low back pain”, “sacroiliac joint pain”, “pelvic girdle pain”, “transversus abdominis”, “rehabilitation”. Le key words sono state associate in diversi combinazioni. Si sono utilizzate ulteriori stringe di ricerca mediante l’operatore booleano NOT che non hanno prodotto risultati aggiuntivi. Infine per aumentare la specificità della ricerca si è utilizzato in PubMed l’uso delle parentesi per definire un ordine di priorità. Si è utilizzato in alcuni casi una ricerca bibliografica dagli articoli letti per rintracciare altri studi correlati all’argomento della revisione.

Criteri di esclusione

- Ø Studi clinici che trattassero di lombalgia specifica
- Ø Articoli il cui l’abstract non fosse reperibile
- Ø Studi di cui non fosse disponibile il full text
- Ø Studi che non trattassero in modo specifico del diaframma nel processo di stabilizzazione

4. Risultati

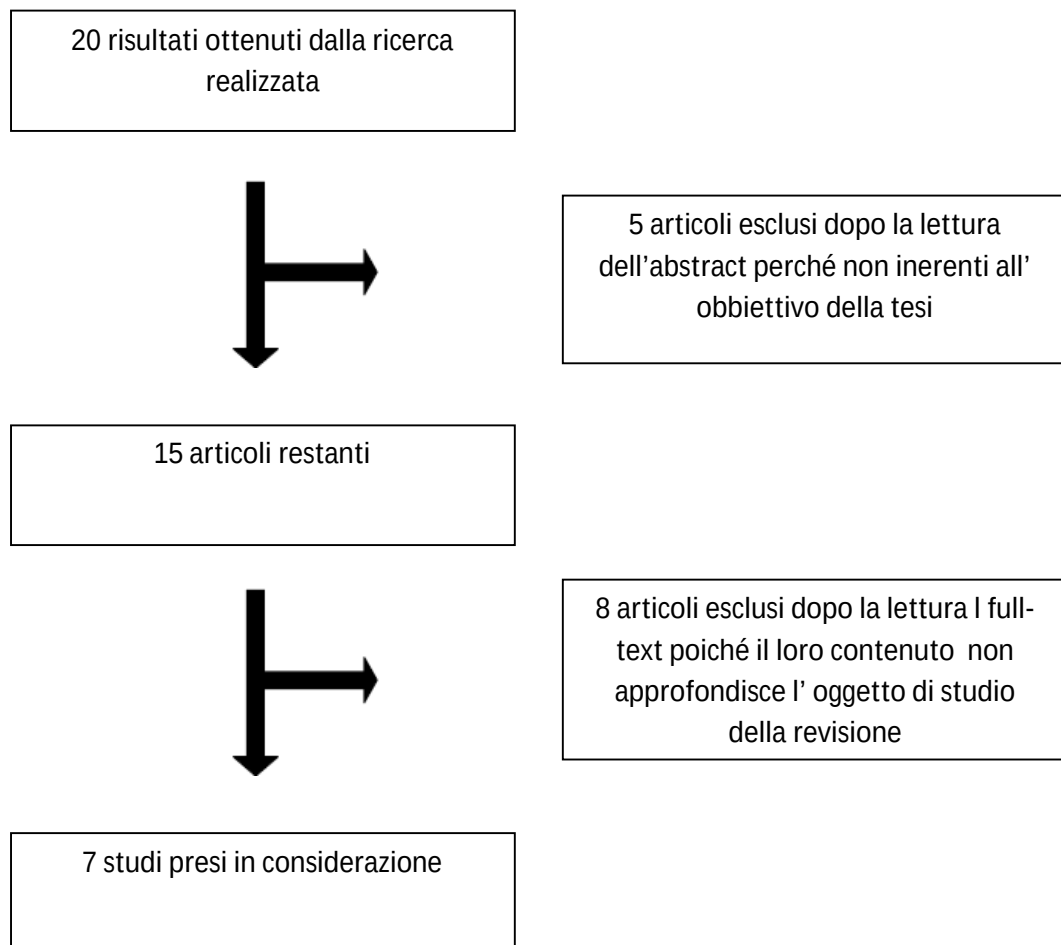
Dalla ricerca sono emersi 20 articoli che soddisfano i criteri di inclusione.

Dopo la lettura dell'abstract ne sono stati esclusi 4 perché non inerenti all'obiettivo della tesi.

In seguito alla lettura full – text sono stati esclusi 8 articoli perché contengono informazioni di background e non approfondiscono l'oggetto di studio.

Sono stati analizzati quindi 7 articoli.

Il diagramma di flusso, proposto di seguito, mostra gli articoli presi in considerazione illustrando brevemente i motivi per cui alcuni sono stati scartati.



Elenco Articoli:

Articolo	Esito della Selezione
<i>Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task</i> Journal of Physiology (2000), 522.1, pp. 165—175 Paul W. Hodges and S. C. Gandevia	Selezionato
<i>Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments</i> Journal of Physiology 1997 Dec 1;505 (Pt 2):539-48 P. W. Hodges, J. E. Butler, D. K. McKenzie and S. C. Gandevia	Selezionato
<i>Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm</i> J Appl Physiol 89: 967–976, 2000. Paul W. Hodges And Simon C. Gandevia	Selezionato
<i>Altered Motor Control Strategies in Subjects With Sacroiliac Joint Pain During the Active Straight-Leg-Raise Test</i> SPINE Volume 27, Number 1, pp E1–E8 2002. Peter B. O’Sullivan, D. J. Beales, J. A. Beetham, J. Cripps, F. Graf, I. B. Lin, B. Tucker, and A. Avery	Selezionato
<i>Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: A case series</i> Manual Therapy 12 (2007) 209–218 Peter B. O’Sullivan, Darren J. Beales	Selezionato

<i>Altered breathing patterns during lumbopelvic motor control tests in chronic low back pain: a case-control study</i> Eur Spine J. 2009 May 10 Roussel N, Nijs J, Truijen S, Vervecken L, Mottram S, Stassijns G.	Selezionato
<i>Disorders of breathing and continence have a stronger association with back pain than obesity and physical activity.</i> Aust J Physiother. 2006;52(1):11-6 Smith MD, Russell A, Hodges PW.	Selezionato
<i>Motor Control Patterns During an Active Straight Leg Raise in Pain-Free Subjects</i> SPINE 34, 2008, Number 1, pp E1-E8 Beales DJ, O'Sullivan PB, Briffa NK.	Non Selezionato, non attinente allo studio
<i>Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine</i> Journal of Biomechanics 32 (1999) 13-17 Jacek Cholewicki, Krishna Juluru, Stuart M. McGill	Non Selezionato, non attinente allo studio
<i>Impaired postural compensation for respiration in people with recurrent low back pain</i> Exp Brain Res (2003) 151:218-224 Sarah K. Grimstone, Paul W. Hodges	Non Selezionato, non attinente allo studio
<i>Breathing evaluation and retraining in manual therapy.</i> J Bodyw Mov Ther. 2009 Jul;13(3):276-82. McLaughlin L.	Non Selezionato, non attinente allo studio

<i>The integrated continence system: A manual therapy approach to the treatment of stress urinary incontinence</i> Manual Therapy 13 (2008) 375–386 Heather Grewar, Linda McLean	Selezionato, utilizzato come background
<i>Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management.</i> Man Ther. 2000 Feb;5(1):2-12 O'Sullivan PB.	Selezionato, utilizzato come background
<i>Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability?</i> Man Ther. 1999 May;4(2):74-86. Hodges PW	Selezionato, utilizzato come background
<i>Rehabilitation of pelvic floor muscles utilizing trunk stabilization</i> Manual Therapy 9 (2004) 3–12 Ruth Sapsford	Selezionato, utilizzato come background
<i>Movement and stability dysfunction--contemporary developments</i> Man Ther. 2001 Feb;6(1):15-26. Comerford MJ, Mottram SL	Selezionato, utilizzato come background
<i>Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction</i> Man Ther. 2001 Feb;6(1):3-14 Comerford MJ, Mottram SL	Selezionato, utilizzato come background
<i>Diagnosis and classification of pelvic girdle pain disorders—Part 1: A mechanism based approach within a biopsychosocial framework</i> Manual Therapy 12 (2007) 86–97 Peter B. O’Sullivan, Darren J. Beales	Selezionato, utilizzato come background

<i>To treat or not to treat postpartum pelvic girdle pain with stabilizing exercises?</i> Britt Stuge, Inger Holma,b, Nina Vøllestad Manual Therapy 11 (2006) 337–343	Selezionato, utilizzato come background
<i>Evidence of Altered Lumbopelvic Muscle Recruitment in the Presence of Sacroiliac Joint Pain</i> Barbara Hungerford, Wendy Gilleard, Paul Hodges, SPINE Volume 28, Number 14, pp 1593–1600, 2003	Non Selezionato, non attinente allo studio

Nelle successive tabelle sono illustrate le principali caratteristiche degli studi esaminati in questa revisione.

Rivista, Anno, Titolo, Autore	Tipo di studio, obiettivi	Popolazione	Terapia – Intervento	Misure di Outcome	Risultati
<i>Journal of Physiology</i> (2000), 522.1, pp. 165—175 <i>Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task</i> Paul W. Hodges and S. C. Gandevia	Studio osservazionale Valutazione della coordinazione delle funzioni posturali e respiratorie del diaframma Determinare se il diaframma si contrae durante l'espiazione durante un movimento ripetitivo dell'arto superiore (a.s.) Determinare se il reclutamento del diaframma avviene fascicamente durante il movimento dell'a.s. Valutazione del contributo del diaframma nel controllo	5 Soggetti maschi sani	Movimenti dell'a.s e della cassa toracica sono stati misurati mentre il soggetto in ortostatismo eseguiva movimenti di flex-estensione dell' a. s. "il più veloce possibile". Il movimento è stato eseguito in differenti pattern di respirazione; aumentando la frequenza e l'ampiezza del movimento dell'a.s. e in posizione seduta L'attività muscolare è stata registrata tramite l'elettromiografia, utilizzando elettrodi intramuscolo	EMG dell'attività muscolare del diaframma, deltoide ed erector spinae	L'attività del diaframma assiste meccanicamente la stabilizzazione del tronco, in aggiunta mantiene la ventilazione. La risposta del diaframma non varia con il soggetto in posizione seduta Lo studio indica che durante attività che perturbano la postura l'attività dei motoneuroni frenici è organizzata in modo da coordinare le richieste posturali e respiratorie

Rivista, Anno, Titolo, Autore	Tipo di studio, obiettivi	Popolazione	Terapia – Intervento	Misure di Outcome	Risultati
<i>Journal of Physiology</i> 1997 Dec 1;505 (Pt 2):539-48 <i>Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments</i> P. W. Hodges, J. E. Butler, D. K. McKenzie and S. C. Gandevia	Studio osservazionale Determinare se la contrazione del diaframma è un componente delle risposte posturali preparatorie (feedforward) a una perturbazione della stabilità Verificare se l'aumento della pressione addominale si realizza prima del movimento dell'arto superiore (a.s.) e se si associa a un accorciamento del m diaframma	4 Soggetti maschi 1 soggetto donna Criteri di esclusione: patologie respiratorie o neurologiche	Ai soggetti era richiesta una flex dell'a.s. sx in risposta a uno stimolo visivo	EMG del diaframma, trasverso dell'addome, pressioni trans-diaframmatica, esofagea e gastrica	La contrazione del diaframma contribuisce ad aumentare la pressione intraddominale prima dell'inizio del movimento dell'a.s. (feedforward) La contrazione è indipendente dalla respirazione. La contrazione anticipatoria è associata al simultaneo reclutamento del m trasverso dell'addome. Tali azioni preparatorie aiutano la stabilità del tronco

Rivista, Anno, Titolo, Autore	Tipo di studio, obiettivi	Popolazione	Terapia – Intervento	Misure di Outcome	Risultati
<i>J Appl Physiol</i> 89: 967–976, 2000. <i>Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm</i> Paul W. Hodges And Simon C. Gandevia	Studio osservazionale Identificare se input multipli ai motoneuroni del diaframma, durante movimenti ripetuti dell'arto superiore (a.s.), risultano in una modulazione respiratoria della pressione intra toracica e intra addominale Valutare se i m addominali sono coordinati sia per le funzioni respiratorie che posturali Investigare se gli output meccanici dell'attività del diaframma e m addominali sono connessi a perturbazioni imposte alla colonna. Valutare se il pattern respiratorio è alterato in seguito all'attività posturale del diaframma	10 soggetti maschi sani	Ai soggetti in ortostatismo era richiesto di effettuare un movimento di flesso estensione con la spalla a differente frequenza e a differenti pattern respiratori	Emg del Diaframma, erector spinae e muscoli addominali Pressione intratoracica, intra – addominale e trans – diaframmatica	C'è evidenza che il diaframma e il trasverso dell'addome contribuiscono alla respirazione e al controllo posturale La contrazione del diaframma e della m addominale hanno una funzione opposta sulla gabbia toracica e addome, ma una funzione in comune per incrementare la pressione intra – addominale L'attività combinata tonica e fasica di questi muscoli prevede un meccanismo del SNC di coordinare la respirazione e il controllo posturale

Rivista, Anno, Titolo, Autore	Tipo di studio, obiettivi	Popolazione	Terapia – Intervento	Misure di Outcome	Risultati
<i>SPINE</i> Volume 27, Number 1, pp E1–E8 2002. <i>Altered Motor Control Strategies in Subjects With Sacroiliac Joint Pain During the Active Straight-Leg-Raise Test</i> Peter B. O'Sullivan, D. J. Beales, J. A. Beetham, J. Cripps, F. Graf, I, B. Lin, B. Tucker, and A. Avery	<i>Studio sperimentale</i> <i>Conoscere le strategie di controllo motorio di soggetti con dolore sacroiliaco (SIJP) e l'effetto sul pattern di respirazione</i>	<i>13 soggetti (11 donne, 2 uomini) con diagnosi clinica di SIJP e 13 soggetti asintomatici</i>	<i>Al soggetti in posizione supina era richiesto di effettuare l'ASLR test senza e con compressione manuale</i>	<i>Pattern respiratori (spirometria), la ventilazione al minuto e l'escursione di movimento diaframmatico e del pavimento pelvico utilizzando l'ultrasonografia</i>	<i>Si è riscontrato un alterato pattern respiratorio (aumento della ventilazione al minuto, minore escursione del diaframma) e aumento della discesa del pavimento pelvico nei sogg con SIJP durante L'ASLR test rispetto ai sogg sani</i> <i>Si ipotizza che tali alterazioni nel controllo motorio sia il risultato di un inefficace tentativo da parte del sistema neuromuscolare di mantenere la stabilità lombo-pelvica durante l'ASLR</i> <i>L'ASLR effettuato con compressione manuale normalizza il pattern respiratorio</i> <i>Conferma dell'uso dell'ASLR Test per valutare</i>

					<i>il trasferimento del carico in soggetti con apparenti impairments di stabilità lombo-pelvica</i> <i>Lo studio riconferma il ruolo fondamentale del diaframma nel garantire la stabilità lombo-pelvica</i>
--	--	--	--	--	--

Rivista, Anno, Titolo, Autore	Tipo di studio, obiettivi	Popolazione	Terapia – Intervento	Misure di Outcome	Risultati
<i>Manual Therapy</i> 12 (2007) 209–218 <i>Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: A case series</i> Peter B. O'Sullivan, Darren J. Beales	Case series Investigare l'efficacia di un intervento di apprendimento motorio (motor learning intervention) per modificare sia la cinematica scorretta del pavimento pelvico e del diaframma sia i pattern respiratori osservati in soggetti con dolore sacro iliaco (SIJP) durante l'ASLR test	9 soggetti (8 donne, 1 uomo)	I soggetti sono stati sottoposti per un periodo di 12 settimane a un motor learning intervention, individuale rispetto ai deficit di stabilità lobo-pelvica presentati L'intervento di apprendimento motorio si basa sul reclutamento dei muscoli stabilizzatori locali lombo-pelvici	Ventilazione, volume tidale, movimento del diaframma e del pavimento pelvico valutati a riposo, durante l'ASLR test e durante l'ASLR test con compressione. Short Form McGill Pain Questionnaire, Vas per il dolore, Oswestry Disability Index	Evidenza preliminare che uno specifico intervento di apprendimento motorio in sogg con SIJP può cambiare positivamente la cinematica del diaframma e del pavimento pelvico e il pattern respiratorio osservati durante l'ASLR test Miglioramenti statisticamente significativi, esaminati con le scale di valutazione, del punteggio del dolore e della disabilità

Rivista, Anno, Titolo, Autore	Tipo di studio, obiettivi	Popolazione	Terapia – Intervento	Misure di Outcome	Risultati
<i>Eur Spine J.</i> 2009 May 10 <i>Altered breathing patterns during lumbopelvic motor control tests in chronic low back pain: a case–control study</i> Roussel N, Nijs J, Truijen S, Vervecken L, Mottram S, Stassijns G.	<i>Case control study doppio cieco</i> <i>Confronto del pattern respiratorio, in pz con low back pain cronico aspecifico rispetto a soggetti sani</i> <i>Hp: i soggetti sani dovrebbero essere abili di eseguire test di controllo motorio senza variare il loro pattern respiratorio. Dovrebbe invece essere rilevato un cambiamento di pattern nei soggetti sintomatici</i> <i>I Soggetti sintomatici avranno maggiore difficoltà nei test motori</i>	<i>10 soggetti con low back pain cronico aspecifico (4 uomini, 6 donne)</i> <i>10 soggetti sani (4 donne, 6 uomini)</i>	<i>Il pattern respiratorio è stato valutato in posizione ortostatica, supina a respiro spontaneo e respiro profondo e durante due test di controllo motorio: Bent knee fall out (BKFO) e ASLR test</i> <i>Il pattern di controllo motorio della regione lombo-pelvica è stato valutato durante l'esecuzione del Knee lift abdominal test,(KLAT) e del BKFO con l'uso del unità di biofeedback a pressione.</i>	<i>Pressione del biofeedback, Vas e Borg</i>	<i>I pz con low back pain cronico aspecifico mostrano un alterato pattern di respirazione durante performance in cui è richiesto il reclutamento dei muscoli stabilizzatori locali della colonna</i> <i>Non vi è correlazione con l'intensità di dolore e il alterazione della respirazione.</i> <i>Vi è correlazione tra la variazione del pattern respiratorio e la disfunzione del controllo motorio</i>

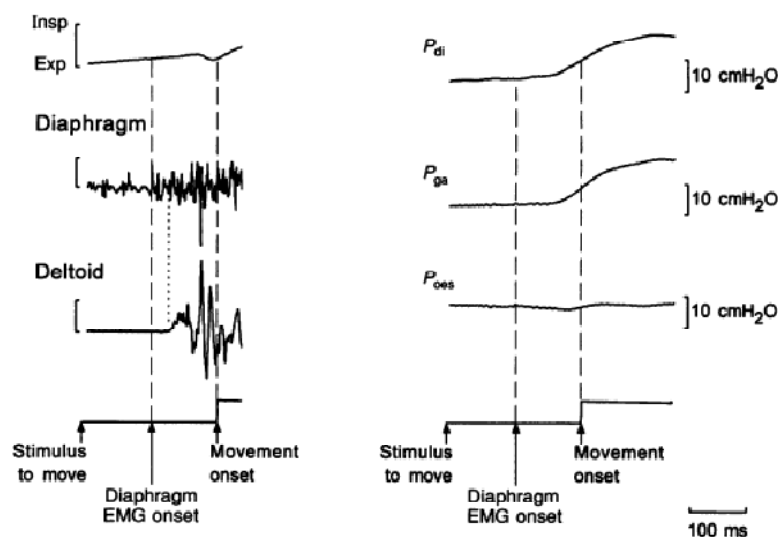
Rivista, Anno, Titolo, Autore	Tipo di studio, obiettivi	Popolazione	Terapia – Intervento	Misure di Outcome	Risultati
<i>Aust J Physiother.</i> 2006;52(1):11-6 <i>Disorders of breathing and continence have a stronger association with back pain than obesity and physical activity</i> Smith MD, Russell A, Hodges PW.	<i>Cross-sectional analysis</i> <i>Stabilire l'associazione tra back pain e disordini della continenza e della respirazione nelle donne, considerando confondenti i fattori BMI e l'attività fisica</i>	38 050 donne	<i>Ai I partecipanti è stato inviato un questionario. Sono stati rilevati il benessere mentale, comportamenti di salute, sintomi soggettivi e fattori sociali.</i> <i>Le partecipanti sono state divise in tre coorti in base all'età. Giovani (18-23) mezza età (45-50) e anziane (70-75)</i>	<i>I fattori di rischio valutati sono stati: incontinenza, difficoltà respiratorie, asma, allergie, BMI e livello di attività fisica</i>	<i>BMI e il livello di attività fisica non sono costantemente associati con l'incidenza di back pain nelle tre coorti d'età.</i> <i>Incontinenza e allergia sono associati con back pain nelle tre coorti.</i> <i>L'incontinenza ha mostrato un odds ratio (OR) 2.5, 2.3 e 2.3 rispettivamente per giovani, mezza età e donne anziane</i> <i>I disordini respiratori hanno mostrato OR 2.0 e 1.9 nelle donne di mezza età e anziane</i> <i>L'associazione avvalora l'hp che la compromessa funzione del controllo posturale del diaframma e del pavimento pelvico nei disordini respiratori e di continenza possono contribuire allo sviluppo di back pain.</i>

Il diaframma è il principale muscolo inspiratorio¹¹. Anatomicamente è descritto da una cupola muscolo – aponeurotica che chiude inferiormente la cavità toracica separando il torace dall'addome. Vista lateralmente questa cupola discende più in basso posteriormente che anteriormente; il suo punto più alto è il centro frenico. Da questo centro prendono origine alcuni fasci di fibre muscolari. Quando le fibre si contraggono, abbassano il centro frenico determinando un aumento dei tre diametri del torace, ampliando il volume toracico⁹.

Dagli studi analizzati si desume che nonostante il diaframma sia il muscolo principale della respirazione, è anche attivo quando vi sono forze che perturbano la stabilità della colonna¹¹.

Nello studio di Hodges (1997)¹¹, si è messa in evidenza la risposta del diaframma a perturbazioni della postura prodotte da una rapida flessione dell'arto superiore a stimoli visivi. Quando un arto è in movimento sono imposte delle forze di reazione al tronco uguali ed opposte a quelle prodotte dal movimento, ciò porta a una perturbazione della stabilità della colonna. Per garantire la stabilità vi deve essere un aumento della pressione intra addominale. Il diaframma biomeccanicamente con la sua contrazione svolge questo compito. Lo studio dimostra quest'attivazione, che avviene anticipatamente (20ms prima) del movimento dell'arto superiore. Tale attivazione avviene disgiunta dalla fase respiratoria in cui il soggetto si trova (*Grafico 1*). La pre – attivazione, feedforward, diaframmatica coincide con quella del trasverso dell'addome, ciò permette un aumento della pressione intraddominale, che precede il movimento dell'arto (63 $\pm$ 7ms prima), aumentando la stabilità del tronco. Lo studio da quindi un'evidente conferma del ruolo posturale del diaframma.

A During inspiration



B During expiration

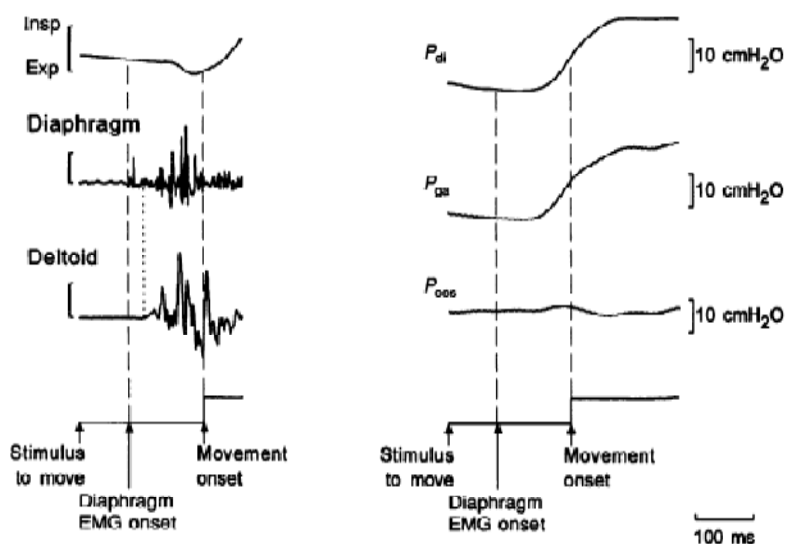


Grafico 1: movimento dell'arto superiore durante inspirazione ed espirazione. Singola prova rappresentativa dell'EMG di un soggetto risultata dal reclutamento del diaframma e deltoide con rilevazione della pressione transdiaframmatica (P_{di}), gastrica (P_{ga}) ed esofagea (P_{oes}) durante il rapido movimento di flessione della spalla in inspirazione (A) ed espirazione (B). L'inizio dell'EMG del diaframma e del movimento dell'arto sono indicate dalle linee tratteggiate verticali. Si nota come l'attività del diaframma precede il movimento dell'arto superiore.

P. W. Hodges et al. Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *Journal of Physiology* 1997 Dec 1;505 (Pt 2):539-48.

Successivamente Hodges (1999)¹⁰ ha studiato la coordinazione tra le funzioni motorie e posturali del diaframma durante un movimento ripetitivo dell'arto superiore. Lo studio conferma la funzione posturale del diaframma che assiste meccanicamente la stabilizzazione del tronco, mantenendo in aggiunta la ventilazione (*Grafico 2*). Durante le prove si è rilevato un aumentato reclutamento del diaframma in risposta all'incremento della frequenza del movimento dell'arto superiore. L'attività del diaframma è quindi correlata all'intensità della forza che perturba la stabilità del tronco. Vi è inoltre conferma che durante compiti che perturbano la postura l'attività dei motoneuroni frenici è organizzata in modo da coordinare le richieste posturali e respiratorie.

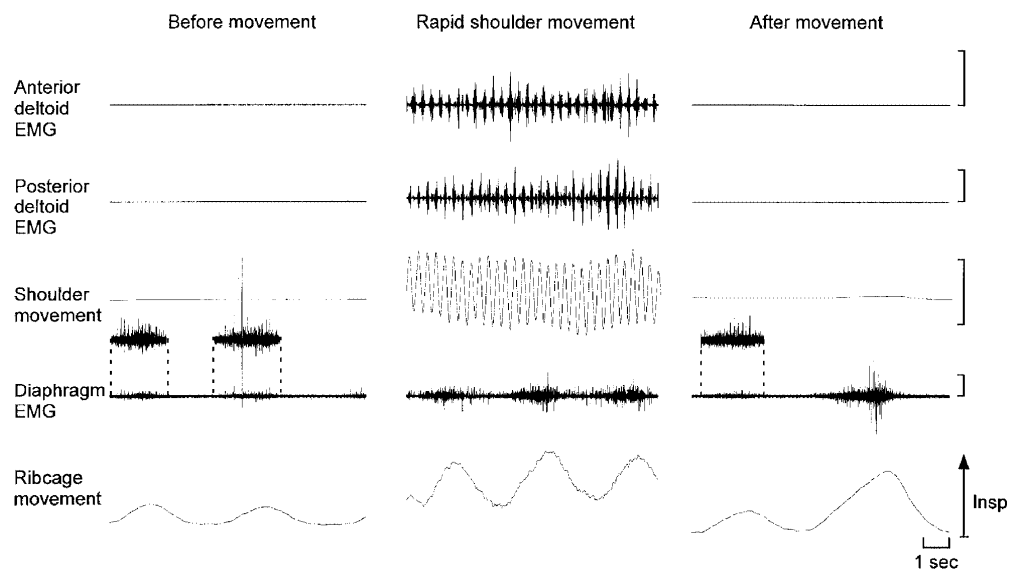


Grafico 2: tracciato EMG e dati del movimento durante l'esperimento.

Il soggetto manteneva una respirazione tranquilla prima del movimento. Nel periodo dopo il movimento il soggetto era stato istruito a respirare normalmente seguito da una inspirazione profonda. Si nota come l'attività del diaframma (EMG) sia correlata al movimento dell'arto superiore.

PaulW. Hodges et al. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. Journal of Physiology (2000), 522.1, pp. 165—175.

Lo stesso autore nel 2000¹² in uno studio simile ha dimostrato che il diaframma e il trasverso contribuiscono al controllo posturale. Tali muscoli hanno una funzione opposta sulla gabbia toracica e addome; tuttavia possiedono una

funzione condivisa per incrementare la pressione intraddominale. L'attività combinata tonica e fasica di questi muscoli prevede un meccanismo del SNC di coordinare la respirazione e il controllo posturale.

O' Sullivan et al. (2002)¹³ hanno condotto uno studio sperimentale relativo alla funzione respiratoria e cinematica del diaframma e del pavimento pelvico in soggetti con diagnosi clinica di dolore sacro – iliaco (SIJP) rispetto a soggetti sani. La stabilità del cingolo pelvico, dipende dalla chiusura di forma e chiusura di forza. Un impairment della chiusura di forma o forza può essere associato a disordini e dolore della regione lombo – pelvica. L'integrità funzionale del sistema lombo – pelvico, per il passaggio del carico attraverso le pelvi, può essere esaminato clinicamente con l'Active Straight-Leg-Raise test (ASLR test). Ai soggetti è stato quindi richiesto di effettuare l'ASLR test senza e con compressione manuale valutando le strategie di controllo motorio adottate e le variazioni del pattern respiratorio. È stato osservato durante l'ASLR test nei soggetti con SIJP una diminuzione del movimento del diaframma e in alcuni una perdita completa dell'escursione diaframmatica con relativa modificazione del pattern respiratorio. L'alterata funzione diaframmatica può rappresentare il tentativo del sistema neuromuscolare di controllare il passaggio del carico attraverso la regione lombo – pelvica. La funzione respiratoria risulta essere perturbata poiché il diaframma è reclutato per generare e controllare la pressione intra – addominale. Al contrario il gruppo di controllo non mostra alterazioni della respirazione, questo implica che il sistema neuromuscolare dei soggetti sani è in grado di coordinare la duplice funzione del diaframma (respiratoria e posturale)^{10,11,12}. Nello studio è stato messo in evidenza come la compressione durante l'ASLR test, nei soggetti con SIJP, normalizzi la cinematica del diaframma e non alteri il pattern respiratorio. In merito sono state proposte alcune ipotesi: nel caso di una perdita della chiusura di forma il sistema neuromuscolare potrebbe compensare tale deficit reclutando il diaframma per aumentare la pressione intra – addominale, producendo una alterazione della

respirazione. Applicando la compressione, determinando un aumento della stiffness del cingolo pelvico, il deficit è compensato, normalizzando la cinematica del diaframma e il pattern respiratorio. Un'altra possibilità è considerare l'ipotesi di un impairment della chiusura di forza, in questo scenario l'alterazione del movimento diaframmatico potrebbe risultare da un'incapacità del sistema neuromuscolare di creare l'adeguata chiusura di forza durante l'esecuzione dell'ASLR test. Le conclusioni dello studio portano a confermare l'influenza del diaframma nel sistema lombo – pelvico.

O' Sullivan et al. (2007)¹⁴ per avvalorare l'ipotesi di un deficit del controllo motorio locale, in soggetti con SIJP, che si manifesta con un'alterazione della cinematica diaframmatica e alterazione del pattern respiratorio, propone un intervento di apprendimento motorio (*Appendice, Capitolo 7*) diretto al reclutamento dei muscoli stabilizzatori locali lombo-pelvici, per normalizzare le strategie motorie scorrette associando una riduzione del dolore e della disabilità. Il case series conferma che un intervento specifico di controllo motorio modifica positivamente la cinematica del diaframma e del pavimento pelvico, normalizzando i pattern respiratori e diminuendo il dolore e la disabilità.

In un case control study Roussel N et al. (2009)¹⁵ per evidenziare la relazione tra le respirazione e il low back pain hanno valutato il pattern respiratorio in soggetti con LBP cronico in differenti condizioni e in test di controllo motorio confrontando i risultati con soggetti sani. I risultati indicano che nei soggetti con LBP cronico in attività in cui è richiesto il reclutamento dei muscoli stabilizzatori vi è un alterazione del pattern di respirazione, questa alterazione non è correlata con l'intensità di dolore percepita.

Nel 2006 è stata condotta una cross-sectional analysis¹⁶ per verificare la presenza di associazione tra back pain e incontinenza e disordini respiratori. Lo studio dimostra un'iniziale evidenza di associazione tra le problematiche respiratorie e back pain. Mostra infatti come le donne con disordini respiratori e

della continenza abbiano una maggiore prevalenza di back pain rispetto a donne che non presentano tali problematiche. I risultati dello studio provano che la compromissione delle funzioni posturali del diaframma e del pavimento pelvico, secondari a problematiche specifiche, possono contribuire allo sviluppo di back pain.

5. Discussione

Dai risultati ottenuti da questa revisione della letteratura scientifica emerge il ruolo stabilizzatore del diaframma nell'unità lombo – pelvica^{10,12,13,15}.

E' stata dimostrata la coattivazione anticipatoria del diaframma e del trasverso dell'addome in concomitanza di compiti che modificano la stabilità della colonna^{10,11,12}.

Dagli studi si è notato che tale meccanismo di stabilizzazione mantiene adeguata la pressione intra – addominale, determinando un aumento della stiffness della regione lombo – pelvica. L'attività stabilizzatrice del diaframma è presente sia in fase inspiratoria che espiratoria¹², altresì il reclutamento avviene in maniera prevalentemente tonica, indipendentemente dalla direzione della forza destabilizzante e dalla postura in cui il soggetto si trova.

Nei soggetti sani il sistema nervoso centrale è in grado di modulare e coordinare le funzioni respiratorie e posturali del diaframma¹². Questo meccanismo non è presente nei soggetti con dolore in cui è stata rilevata un'alterazione del pattern di reclutamento dell'unità muscolare lombo – pelvica^{13,14,15}.

Vi è iniziale evidenza che in soggetti con dolore sacro – iliaco, non specifico, è presente un impairment della cinematica diaframmatica con alterazioni dei pattern respiratori durante l'esecuzione di test di controllo motorio^{13,15}. Una normalizzazione dei pattern di reclutamento del diaframma è stato ottenuto attraverso un programma di stabilizzazione volto a ripristinare il reclutamento della muscolatura stabilizzatrice locale e il controllo motorio¹⁴; si è assistito inoltre a una diminuzione del dolore e della disabilità. Questo studio presenta una considerevole rilevanza clinica in quanto applica l'intervento di stabilizzazione con un approccio pragmatico riadattabile nella propria pratica clinica. Il training di stabilizzazione ha previsto il reclutamento della muscolatura stabilizzatrice locale (pavimento pelvico e trasverso dell'addome). Nella prima fase s'insegna al

soggetto la co-contrazione del trasverso e del pavimento pelvico in posizione supina, evitando di alterare il pattern di respirazione. Una volta raggiunto il corretto reclutamento, si prosegue con il training della capacità di mantenimento della co-contrazione. Nella seconda fase il soggetto deve attivare il nuovo pattern motorio in posizione seduta, mantenendo una lordosi neutra e il torace rilassato. Nella terza fase è richiesto al soggetto l'integrazione funzionale della muscolatura stabilizzatrice locale con il sistema muscolare globale. Nell'ultima fase si allena la muscolatura stabilizzatrice in compiti funzionali. L'intervento dell'apprendimento del controllo motorio è stato affiancato a un intervento di tipo cognitivo. Si è intervenuto sulle strategie di coping, le credenze rispetto la patologia e il locus of control adottato dai pazienti.

È stata confermata, in pazienti con low back pain cronico, la correlazione tra disfunzioni del controllo motorio e alterazioni della respirazione¹⁵, queste alterazioni non sono invece correlate con l'intensità del dolore.

Alcuni clinici suggeriscono di valutare il pattern respiratorio durante l'esecuzione di test di controllo motorio, in quanto un'alterazione dell'attività diaframmatica potrebbe essere considerata una strategia compensatoria per migliorare la stabilità lombo – pelvica⁶. In particolare è stata dimostrata l'associazione tra i disordini respiratori e la frequenza di lombalgia¹⁶. Questo sembra essere spiegato dalle limitazioni, secondarie a patologie respiratorie, delle funzioni posturali del diaframma¹⁶.

Il limite maggiore degli articoli esaminati è il campione, poco numeroso, escluso lo studio di Smith et al.¹⁶. La correlazione inter – osservatore della valutazione del pattern respiratorio è generalmente scarsa¹⁵. Nello studio di Roussel et al.¹⁵ è stata utilizzata solo la palpazione manuale e l'ispezione visiva per valutare i pattern respiratori. I lavori di Hodges et al.^{10,11,12} sono stati realizzati in una condizione controllata, infatti i meccanismi di coordinazione della funzionalità respiratoria e posturale del diaframma non sono stati valutati durante un normale

compito funzionale comparando successivamente i risultati con un gruppo sperimentale. Il case series di O'Sullivan et al.¹⁴ non è stato realizzato confrontando il gruppo sperimentale con un gruppo di controllo, non vi è stata cecità degli operatori e infine non è presente follow up dei pz a medio o a lungo termine.

6. Conclusioni

Da quanto emerge dalla letteratura si può affermare che il diaframma ricopre un ruolo importante nella stabilizzazione lombo – pelvica.

La sua funzione, nel mantenimento della stabilità, è stata dimostrata in diversi studi effettuati su soggetti sani. Dai risultati ottenuti è possibile classificare il diaframma nei muscoli stabilizzatori locali.

In presenza di dolore o dopo un'esperienza dolorosa, le strategie utilizzate dal sistema nervoso centrale per programmare e controllare il sub sistema attivo possono essere alterate. Sono stati infatti evidenziati impairments della funzione stabilizzatrice del diaframma e alterazione dei pattern di respirazione in soggetti con lombalgia e dolore sacro iliaco.

In seguito a un intervento riabilitativo, volto a ripristinare il corretto reclutamento dell'unità muscolare lombo – pelvica, si è assistito a una normalizzazione delle alterazioni respiratorie e della funzione stabilizzatrice del diaframma, concomitante a una diminuzione della disabilità e del dolore.

Sono necessari altri studi per confermare l'efficacia di un intervento di apprendimento del controllo motorio volto al miglioramento della funzione stabilizzatrice del diaframma, determinando una riduzione del dolore e della disabilità in soggetti con tali alterazioni. Gli studi devono essere orientati nel classificare in sotto gruppi le problematiche di stabilizzazione lombo – pelviche utilizzando approcci pragmatici e funzionali applicabili nella pratica clinica. Sono auspicabili studi clinici randomizzati controllati.

Allo stato attuale il clinico dovrebbe valutare il pattern di respirazione e il reclutamento del diaframma nel sistema lombo – pelvico in soggetti, con low back pain o pelvic girdle pain, che mostrano impairments della stabilità.

7. Appendice

Paradigma di utilità clinica utilizzato nello studio di O'Sullivan et al.
Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: A case series. Manual Therapy 12 (2007) 209–218.

Componenti Fisici Dell'intervento Di Apprendimento Motorio

Co-contrazione del pavimento pelvico e della parete addominale bassa trasversa (m trasverso dell' addome e fibre trasverse dell' obliquo interno) senza associare apnea e/o reclutare globalmente la parete addominale



Training della lordosi neutra in posizione seduta con il tratto toracico rilassato



Training del trasferimento del carico come il passaggio dalla pozione seduta all'ortostatismo



Training in ortostatismo della lordosi neutra con il tratto toracico rilassato



Integrazione della postura allineata durante il cammino e in monoappoggio

Training del caricamento della colonna con attività descritte come aggravanti dal paziente

Componenti Cognitive Dell'Intervento

- Ø Migliorare la comprensione del paziente sui meccanismi del dolore
- Ø Migliorare la consapevolezza e il controllo del corpo
- Ø Insegnare strategie per sviluppare il controllo del dolore
- Ø Migliorare le strategie positive di coping e le credenze riguardo il disturbo
- Ø Gestione autonoma del disturbo
- Ø Migliorare le capacità funzionali
- Ø Indipendenza dai trattamenti passivi

8. Bibliografia Background

1. Heather Grewar, Linda McLean. The integrated continence system: A manual therapy approach to the treatment of stress urinary incontinence. *Manual Therapy* 13 (2008) 375–386.
2. O'Sullivan PB. Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther.* 2000 Feb;5(1):2-12.
3. Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Man Ther.* 1999 May;4(2):74-86.
4. Ruth Sapsford. Rehabilitation of pelvic floor muscles utilizing trunk stabilization. *Manual Therapy* 9 (2004) 3–12.
5. Comerford MJ, Mottram SL. Movement and stability dysfunction—contemporary developments. *Man Ther.* 2001 Feb;6(1):15-26.
6. Comerford MJ, Mottram SL. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Man Ther.* 2001 Feb;6(1):3-14.
7. Peter B. O'Sullivan, Darren J. Beales. Diagnosis and classification of pelvic girdle pain disorders—Part 1: A mechanism based approach within a biopsychosocial framework. *Manual Therapy* 12 (2007) 86–97.

8. Britt Stuge, Inger Holma,b, Nina Vøllestad. To treat or not to treat postpartum pelvic girdle pain with stabilizing exercises? *Manual Therapy* 11 (2006) 337–34.
9. Kapandji I.A. *Fisiologia articolare vol.3 Tronco e rachide* 2006, Monduzzi Editore, pp. 146-147.

9. Bibliografia Foreground

10. Paul W. Hodges and S. C. Gandevia. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *Journal of Physiology* (2000), 522.1, pp. 165—175.
11. P. W. Hodges, J. E. Butler, D. K. McKenzie and S. C. Gandevia. Contraction of the human diaphragm during rapid postural adjustments. *Journal of Physiology* 1997 Dec 1;505 (Pt 2):539-48.
12. Paul W. Hodges And Simon C. Gandevia. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol* 89: 967–976, 2000.
13. Peter B. O’Sullivan, D. J. Beales, J. A. Beetham, J. Cripps, F. Graf, I. B. Lin, B. Tucker, and A. Avery. Altered Motor Control Strategies in Subjects With Sacroiliac Joint Pain During the Active Straight-Leg-Raise Test. *SPINE* Volume 27, Number 1, pp E1–E8 2002.
14. Peter B. O’Sullivan, Darren J. Beales. Changes in pelvic floor and diaphragm kinematics and respiratory patterns in subjects with sacroiliac joint pain following a motor learning intervention: A case series. *Manual Therapy* 12 (2007) 209–218.
15. Roussel N, Nijs J, Truijen S, Vervecken L, Mottram S, Stassijns G. Altered breathing patterns during lumbopelvic motor control tests in chronic low back pain: a case–control study. *Eur Spine J*. 2009 May 10.

16. Smith MD, Russell A, Hodges PW. Disorders of breathing and continence have a stronger association with back pain than obesity and physical activity. *Aust J Physiother.* 2006;52(1):11-6.
17. Beales DJ, O'Sullivan PB, Briffa NK. Motor Control Patterns During an Active Straight Leg Raise in Pain-Free Subjects. *SPINE* 34, 2008, Number 1, pp E1–E8.
18. Jacek Cholewicki, Krishna Juluru, Stuart M. McGill. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics* 32 (1999) 13-17.
19. Sarah K. Grimstone, Paul W. Hodges. Impaired postural compensation for respiration in people with recurrent low back pain. *Exp Brain Res* (2003) 151:218–224. Sarah K. Grimstone, Paul W. Hodges. Impaired postural compensation for respiration in people with recurrent low back pain. *Exp Brain Res* (2003) 151:218–224.
20. McLaughlin L. Breathing evaluation and retraining in manual therapy. *J Bodyw Mov Ther.* 2009 Jul;13(3):276-82.
21. Lee D. “The pelvic girdle - an approach to the examination and treatment of the lumbo-pelvic region.” Third edition. Churchill Livingstone 2004.