

STRETCHING DELLA CATENA CINETICA POSTERIORE DELL'ARTO INFERIORE: CONFRONTO TRA DUE DIFFERENTI MODALITÀ ESECUTIVE

L. SPAIRANI^{1,2}, M. SCHMID^{3,4,5}, F. COMBI², V. TONIATO², M.G. CUSELLA DE ANGELIS^{1,2,3,5}

¹ Dipartimento di Sanità Pubblica, Sperimentale e Forense, Unità di Anatomia Umana, Università degli Studi di Pavia, Italia

² Laboratorio di Anatomia funzionale ed educazione motoria, Università degli Studi di Pavia, Italia

³ Centre for health technologies (CHT), Università degli Studi di Pavia, Italia

⁴ Dipartimento di Ingegneria Industriale ed Informatica, Università degli Studi di Pavia, Italia

⁵ Centro di Ricerca Interdipartimentale nelle Attività Motorie e Sportive (CRIAMS), Università degli Studi di Pavia, Italia

RIASSUNTO

Lo stretching dei muscoli ischio-crurali (IC) è un esercizio molto praticato nell'attività fisica e nella rieducazione motoria. Esistono molte tecniche esecutive, ma non è chiaro come nelle diverse tecniche si distribuisce e dove si focalizza maggiormente lo stiramento nei vari distretti della catena cinetica posteriore (CCP). Lo scopo di questo studio è stato quello di confrontare la localizzazione della sensazione di stiramento (SS) durante l'esecuzione di due varianti dell'esercizio di stretching degli IC: l'esecuzione tradizionalmente più utilizzata, tecnica A (TA) e l'esecuzione proposta sperimentalmente, tecnica B (TB). L'ipotesi della ricerca è che la TB possa focalizzare meglio la SS a livello degli IC, coinvolgendo di meno il distretto lombare (dL). Lo studio è stato condotto su 161 soggetti, 75 maschi e 86 femmine, con diversi stili di vita e criteri d'esclusione predefiniti. Per comparare la SS percepita è stata utilizzata la tecnica del *Pain Drawing* (PD), riadattata al fine di poter localizzare le aree maggiormente interessate dall'allungamento durante le due tecniche di stretching. In entrambe le tecniche la SS è stata percepita maggiormente a livello degli IC rispetto alle altre zone della CCP, ma la TA, ha evidenziato un interessamento del dL e di altre zone in maniera leggermente superiore rispetto alla TB. Pertanto la TB può essere considerata l'esecuzione consigliabile per prevenire stress alla zona lombare o in presenza di algie lombari.

Parole chiave: Catena cinetica posteriore · Ischio-crurali · Stretching · Lombalgia · Sensazione di stiramento

ABSTRACT

Stretching of the posterior kinetic chain muscles, especially the hamstrings, is one of the most practiced exercises in all types of physical activity and postural rehabilitation protocols. More than one variant of stretching exercise for posterior kinetic chain are practiced, but is not clear how and where is the region of the posterior kinetic chain (PKC) most affected by stretching sensation.

The objective of the experimental trial was to compare the performance of two different variants of hamstrings (IC) stretching, highlighting for each one the regions of the posterior kinetic chain most affected by the stretching sensation (SS), first variant generally accepted practice (TA) and the execution of experimental suggested procedure (TB).

The hypothesis was that experimental suggested procedure TB focus the stretching sensation SS on the hamstrings muscles, decreasing the stress in the lumbar region.

A sample of 161 subjects, 75 males and 86 females, with different lifestyles and according to defined exclusion criteria was considered. The Pain-drawing technique, usually used for the localization of the pain throughout the body, has been rearranged in order to estimate the position and the surface amplitude of the felt by each subject.

Based on the results, both technical variants exhibit the same effectiveness and stretching sensation on hamstring (IC). However, with respect to TB, TA involves more the back and lumbar region.

Both techniques exhibit the same effectiveness of hamstrings stretching, but TB appears particularly relevant for subjects affected by LBP.

Key words: Posterior kinetic chain · Hamstrings · Stretching · LBP · Stretching sensation

INTRODUZIONE

L'allungamento dei tessuti connettivi, (stretching), coinvolge numerose strutture anatomiche (proteine contrattili, fasce muscolari, tendini, aponeu-rosi)¹, oltre ai complessi sistemi neurologici che regolano le risposte propriocettive^{2,3}. La sua effi-cacia, a scopo preventivo e rieducativo, è stata ampiamente documentata in letteratura⁴⁻⁸. Tra le varie forme di stretching, quello statico è la tipolo-gia più frequentemente usata. Questo stretching prevede il lento allungamento di un muscolo o di una catena muscolare, ottenuto mantenendo lo stiramento massimo sopportabile per un tempo variabile da alcuni secondi fino ad 1 minuto. L'elasticità della catena cinetica posteriore (CCP) degli arti inferiori, ischio-crurali (IC) e tricipite surale (TS), è fondamentale per una corretta fun-zionalità del distretto lombare (dL)⁹. Alcuni Autori ritengono che la rigidità degli IC, riducendo la lordosi lombare, possa causare sovraccarico al dL^{1,10}, suggerendo poi, come terapia, l'allunga-mento degli IC accorciati per correggere l'allinea-mento scorretto a livello lombare^{11,12}.

La cinematica del dL e dell'articolazione coxo-fe-morale (CF), due strutture strettamente correlate tra loro, è stata studiata durante la flessione del tronco in alcune attività quotidiane (A.D.L), in per-sone con o senza lombalgia^{10,13-15}. Nella flessione del tronco, raggiunta la massima apertura delle faccette articolari lombari ($\approx 60^\circ$)¹⁶, l'elasticità degli IC consente una coordinata rotazione ante-riore del bacino sulle teste femorali¹⁰, permetten-do un aumento della flessione del tronco senza indurre ulteriore stress alle strutture del dL¹⁰⁻¹⁷. Contrariamente, la rigidità degli IC, a causa della loro inserzione prossimale sulla tuberosità ischia-tica, trattenendo il bacino, ne limita la rotazione in avanti sulle teste femorali durante la flessione del tronco. Questo comportamento può provo-care un'eccessiva sollecitazione in allungamen-to delle strutture connettive del dL, contrattili ed inerti, con possibile insorgenza di lombalgia¹⁸. L'allungamento degli IC permetterebbe quindi di aumentare la mobilità CF durante la flessione del tronco¹⁸⁻²⁰ nel rispetto della mobilità del dL.

L'assunzione di posture differenti durante la procedura d'esecuzione dello stretching degli IC può determinare un diverso interessamento della CCP²¹⁻²³. Lo stretching degli IC viene clas-

sicamente proposto con esecuzioni diverse, ma tutte con la caratteristica di mantenere la gamba oggetto dell'allungamento completamente tesa, tecnica A (TA). In tal modo gli IC vengono posti in pretensionamento bloccando il bacino che non può così ruotare in avanti sulle teste femo-rali nella successiva flessione del tronco. Inoltre nell'esecuzione classica, le braccia sono protese in avanti senza appoggio, cioè in catena cinetica aperta, (c.c.a.). Ciò potrebbe creare uno stress alle strutture del dL.

L'obiettivo dello studio è stato quello di confron-tare la sensazione di stiramento (SS) percepita durante l'esecuzione della TA con quella per-cepita nell'esecuzione di una nuova tecnica di stretching degli IC, TB, basata sull'ipotesi che, mantenendo il ginocchio leggermente flesso e le mani in appoggio durante l'esercizio, cioè in cate-na cinetica chiusa (c.c.c.), si possa meglio foca-lizzare l'allungamento sugli IC riducendo il carico a livello del dL.

MATERIALI E METODI

Soggetti

Sono stati analizzati 161 soggetti, 75 maschi (M, 20-75 anni, media 47,5 e DS 15) e 86 femmine (F) di età confrontabile con quella della popolazio-ne maschile (media 48,5 e DS16). I soggetti sono stati scelti secondo tre tipologie di stili di vita: a) soggetti allenati praticanti attività motoria abitua-le; b) soggetti praticanti saltuaria e blanda attività fisica; c) soggetti sedentari.

Per la selezione dei soggetti sono stati rispettati i seguenti criteri di esclusione:

- presenza di protesi articolari (anca, ginocchio, caviglia e spalla), o placche e viti al rachide;
- episodi di lombalgie e sciatalgie negli ultimi 3 mesi;
- esiti di artrodesi alla tibio-tarsica, al tarso, ai metatarsi e alle falangi dei piedi;
- esiti recenti (ultimi 6 mesi) di strappi e/o stira-menti ai muscoli IC e al TS;
- artrosi femoro-tibiale tale da comportare un flexum irriducibile del ginocchio;
- Indice di massa corporea (BMI) > 30.

Disegno sperimentale

Per identificare la localizzazione della SS percepita dal soggetto al termine dell'esercizio di stretching, è stata riadattata la tecnica del *Pain Drawing* (PD)²⁸, solitamente usata per la valutazione clinica dei pazienti con dolore²⁴. Questa tecnica permette di misurare 2 parametri: *Pain Extent* e *Pain Frequency Map* che per questa ricerca sono stati rinominati rispettivamente *Stretching Distribution* e *Stretching Frequency Map*. Questi due parametri verranno di seguito dettagliatamente descritti. Una Body Chart (BCh), femminile e maschile, (Fig. 1 e 2 rispettivamente) rappresentante l'immagine del corpo vista posteriormente, è stata visualizzata su Ipad, attraverso il Software Sketchbook Pro (SKP). Ogni BCh è costituita da una tela a perimetro chiuso con una dimensione di 768x1024 pixel.

La tecnica del PD permette di ombreggiare, utilizzando una penna stilo digitale per tablet (CS100B, Wacom, Vancouver, WA, USA), le aree interessate dallo stiramento sulla BCh. Il carattere, lo spessore e il colore del tratto penna sono stati standardizzati empiricamente (SketchBook Opzioni tratto Pro, Autodesk, San Rafael, CA, Stati Uniti d'America) a garanzia di un ragionevole grado di precisione e di velocità d'esecuzione durante la compilazione del PD.

Un gruppo di operatori, che si erano allenati 2 mesi prima dell'inizio dello studio con il dispositivo nella pratica clinica della sperimentazione, hanno dato ad ogni soggetto una spiegazione verbale standardizzata sull'utilizzo del PD e sulla sua applicazione pratica utilizzando i tablet. Il PD è stato presentato ai soggetti come una metodologia utile per mostrare con precisione dove avvertivano la SS durante l'esecuzione dell'e-

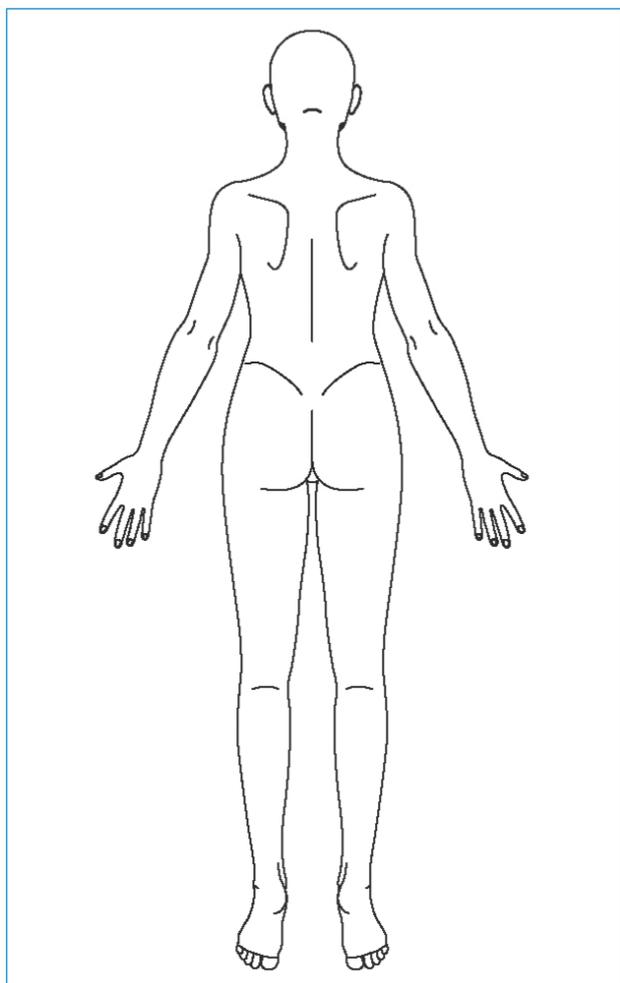


Fig. 1 - Body Chart (BCh), femminile.

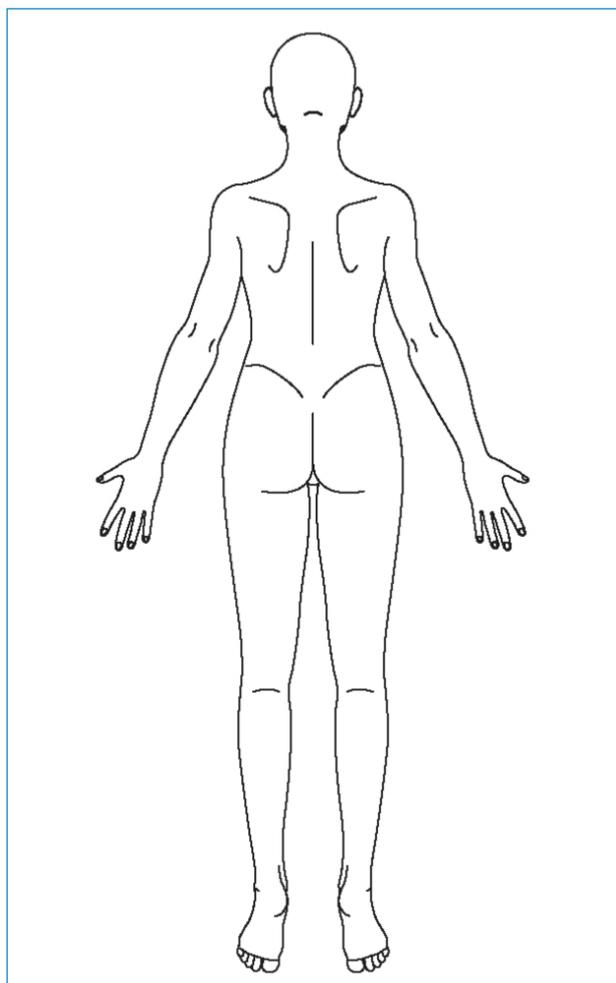


Fig. 2 - Body Chart (BCh), maschile.

esercizio. L'operatore presente durante la rilevazione ha sottolineato l'importanza di evidenziare in modo completo, tutte le aree del corpo dove veniva avvertita la SS. Alcune note tecniche su come utilizzare la penna stilo e sulla possibilità di correggere il disegno con una "gomma" sono state incluse nella spiegazione verbale. I soggetti sono stati così istruiti: "Per favore disegni l'area in cui ha sentito la SS e la riporti sull'immagine del corpo cercando di essere il più preciso possibile". Durante ogni rilevazione, prima di salvare e archiviare i PD, è stato chiesto ai soggetti se i PD corrispondevano alla loro SS reale in termini distribuzione/estensione. In caso contrario, i soggetti hanno avuto la possibilità di correggerlo. Successivamente il PD veniva memorizzato e archiviato attraverso il software dedicato SKP in grado di analizzare i dati al fine di ottenere delle mappe bidimensionali di intensità, SFM. (P_Bochan.exe, freeware disponibile per il download all'indirizzo <http://repository.supsi.ch/id/eprint/5729>).

Su ogni PD, sono stati calcolati via software i seguenti parametri:

1. Distribuzione sull'intero corpo della tensione o stiramento muscolare - *Stretching Distribution (SD)*.

I PD sono stati analizzati per quantificare la distribuzione della tensione. La distribuzione della tensione è espressa come numero di pixel colorati all'interno del perimetro della BCh. Pertanto, il numero di pixel definisce l'area in cui si è distribuita la SS indipendentemente dall'intensità.

2. Mappa di frequenza della tensione o stiramento muscolare - *Stretching Frequency Map (SFM)*.

I PD di tutti i soggetti vengono sovrapposti ed analizzati simultaneamente per generare mappe di frequenza. Una scala di colori indica la percentuale di individui che ha riportato la SS in una determinata area. I colori caldi indicano un'elevata frequenza cioè un elevato numero di soggetti che hanno percepito una SS in quella specifica area, contrariamente i colori freddi rappresentano una bassa frequenza.

Tecnica esecuzione dei test

Ogni soggetto ha effettuato l'esercizio di stretching statico degli IC utilizzando le due diverse tecniche, TA e TB sotto descritte. Entrambe le tecniche sono state effettuate sempre sullo stesso arto. L'arto su cui effettuare il test e l'ordine d'esecuzione delle due tecniche TA e TB è stato randomizzato tra i soggetti in modo da ottenere come risultato finale che il 50% dei soggetti effettuasse come prima esecuzione la TA (25% con gamba destra e 25% con gamba sinistra) e l'altro 50% dei soggetti effettuasse come prima esecuzione la TB (25% con gamba destra e 25% con gamba sinistra).

Prima di iniziare la sessione sperimentale, tutti i soggetti hanno effettuato delle prove preliminari per imparare la modalità di esecuzione delle due diverse tecniche di stretching e per familiarizzare con la modalità d'uso del PD. Sia per la TA che per la TB, le prove preliminari sono state effettuate sull'arto contro-laterale a quello utilizzato per la sessione sperimentale.

Il soggetto doveva eseguire l'esercizio prescelto mantenendo la perfetta staticità della posizione raggiunta per un tempo sufficientemente lungo, ma non superiore ai 10 sec. Tempo sufficiente per percepire e localizzare la SS nelle zone della CCP, concentrandosi nel riconoscimento di quelle dove veniva percepita la maggiore tensione. Immediatamente dopo il soggetto doveva ombreggiare su una BCh predisposta su iPad le aree memorizzate. Dopo una pausa di 5 minuti, durante la quale il soggetto era libero di muoversi e camminare, l'intera procedura veniva ripetuta utilizzando l'altra tecnica esecutiva.

La sperimentazione è stata effettuata con il consenso informato da parte dei soggetti coinvolti, previa approvazione del Comitato Etico locale e in accordo ai principi riportati nella Dichiarazione di Helsinki (1983).

Tecnica classica (TA)

Il soggetto mantiene l'arto da stirare allungato sul piano d'appoggio in rotazione neutra con il ginocchio in completa estensione. Gli arti superiori sono protesi in avanti verso il piede in c.c.a. Partendo da questa posizione il soggetto flette lentamente il busto in avanti, portando il mento in avanti verso la punta del piede, (capo in estensione), mantenendo il ginocchio esteso e portando

le mani il più possibile in avanti verso la punta del piede, flesso dorsalmente, fino al raggiungimento della posizione di massima tensione/stiramento sopportabile (Fig. 3). La posizione di massimo stiramento viene mantenuta per 10 secondi, tempo sufficiente a memorizzare le zone più interessate dallo stiramento.

Tecnica sperimentale (TB)

Il soggetto posiziona l'arto da stirare sul piano d'appoggio in rotazione neutra e con una leggera flessione del ginocchio (ca. 20°). L'angolo di flessione viene mantenuto costante per mezzo di un rotolo di materiale espanso posizionato sotto il cavo popliteo. Le mani sono in appoggio sul lettino così che le braccia siano in c.c.c. Partendo da questa posizione il soggetto flette lentamente il tronco in avanti mantenendo sempre le mani in appoggio e portando il mento in avanti (capo in estensione), verso la punta del piede flesso dorsalmente, fino al raggiungimento della posizione di massima tensione/stiramento sopportabile (Fig. 4). La posizione di massimo stiramento viene mantenuta per 10 secondi, tempo sufficiente a memorizzare le zone più interessate dallo stiramento.

RISULTATI

Tutti i soggetti hanno compilato correttamente le loro BCh colorando le aree dove avvertivano la SS. I risultati finali sono stati ottenuti mediante la sovrapposizione di tutte le BCh ottenendo, così, la SFM caratterizzata da una scala di colori diversi che corrispondono alla percentuale delle SS rilevate nelle diverse zone. I risultati ottenuti sono riportati in Fig. 5 per i maschi (Pannello A e B) e in Fig. 6 per le femmine (Pannello A e B).

Come si rileva dalle figure, vi sono differenze nella SD e nelle SFM sia tra i due sessi che tra le due tecniche. Le 3 gradazioni del colore rosso riportate nei Pannelli A e B indicano le aree dove maggiormente è stata avvertita la SS dai soggetti durante l'esecuzione delle tecniche. Queste aree rappresentano quindi le zone sulla BCh colorate dal maggior numero dei soggetti dopo l'esecuzione della TA o della TB. Le tre gradazioni di colori blu indicano invece le aree dove meno frequentemente è stata avvertita la SS durante l'esecuzione



Fig. 3 - Modalità di esecuzione classica (TA) dell'esercizio.



Fig. 4 - Modalità di esecuzione della Tecnica sperimentale (TB)

delle tecniche. Queste aree rappresentano quindi le zone sulla BCh colorate dal minor numero dei soggetti dopo l'esecuzione della TA o della TB.

Soggetti maschi

Nell'esecuzione della TA, il 32% (24 su 75) dei soggetti, ha riportato la SS nell'area colorata di rosso scuro, con una distribuzione pari a 141 pixel, che corrisponde alla zona degli IC e del TS. Nell'esecuzione della TB, il 41% (31 su 75) dei soggetti, ha riportato la SS nell'area colorata di rosso scuro, con una distribuzione pari a 149 pixel, che corrisponde alla zona degli IC e del TS. Pertanto nei soggetti maschi, in entrambe le tecniche, la zona degli IC e del TS è risultata essere l'area maggiormente interessata dalla SS.

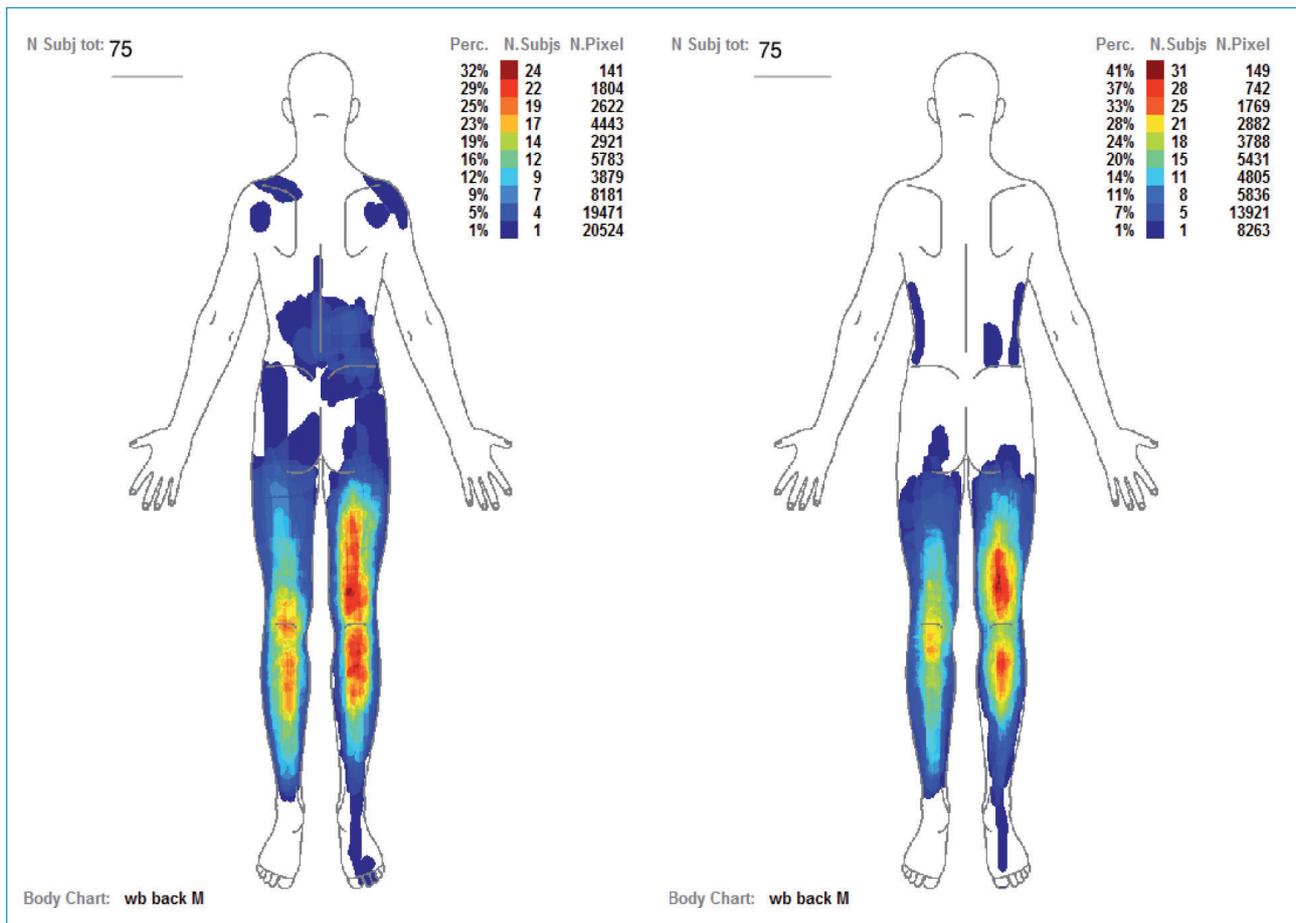


Fig. 5 - Pannello A e B – *Stretching Frequency Map* maschile. SFM ottenute sovrapponendo i PD di 75 Soggetti maschi. Il Pannello A si riferisce ai risultati ottenuti con l'esecuzione classica di stretching mentre il Pannello B si riferisce ai risultati ottenuti con l'esecuzione dell'esercizio di stretching da noi proposto. Ogni colore in alto a destra (Pannello A e B) è accompagnato dal corrispettivo valore numerico della percentuale di soggetti che hanno percepito la SS in quella determinata area del corpo. Sempre in alto a destra ad ogni colore è associata la dimensione dell'area, espressa in numero di pixel, interessata da quello specifico colore.

Il 15% dei soggetti maschi (12 su 75), con la TA e il 19% (14 su 75) con la TB, hanno riportato la SS, oltre che nell'area degli IC e del TS, anche in altre zone della CCP. Con la TA, come si evince dalla distribuzione delle aree blu, si è avuto un interessamento del dL in modo superiore rispetto alla TB. Inoltre, qualche soggetto, ha riportato la SS anche a livello del distretto dorso-lombare (dDL) e delle spalle, cosa non rilevata con l'esecuzione della TB.

Soggetti femmine

Nell'esecuzione della TA, il 34% (30 su 86) dei soggetti, ha riportato la SS nell'area colorata di rosso scuro, con una distribuzione pari a 275 pixel che corrisponde alla zona degli IC e del

TS. Nell'esecuzione della TB, il 35% (30 su 86) dei soggetti, ha riportato la SS nell'area colorata di rosso scuro con una distribuzione pari a 647 pixel che corrisponde alla zona degli IC e del TS. Anche per le femmine questi valori indicano che l'area dove maggiormente è stata avvertita la SS durante l'esecuzione delle tecniche è quella degli IC e del TS. Il 16% dei soggetti (14 su 86) sia con la TA che con la TB ha riportato la SS oltre che nell'area degli IC e del TS, anche in altre zone. Con l'esecuzione della TA, alcuni soggetti hanno riportato la SS a livello del dL, del dDL e delle spalle, mentre nell'esecuzione della TB alcuni soggetti hanno riferito la SS a livello del dL. Riassumendo, l'area più frequentemente interessata dalla SS è risultata essere quella degli IC e

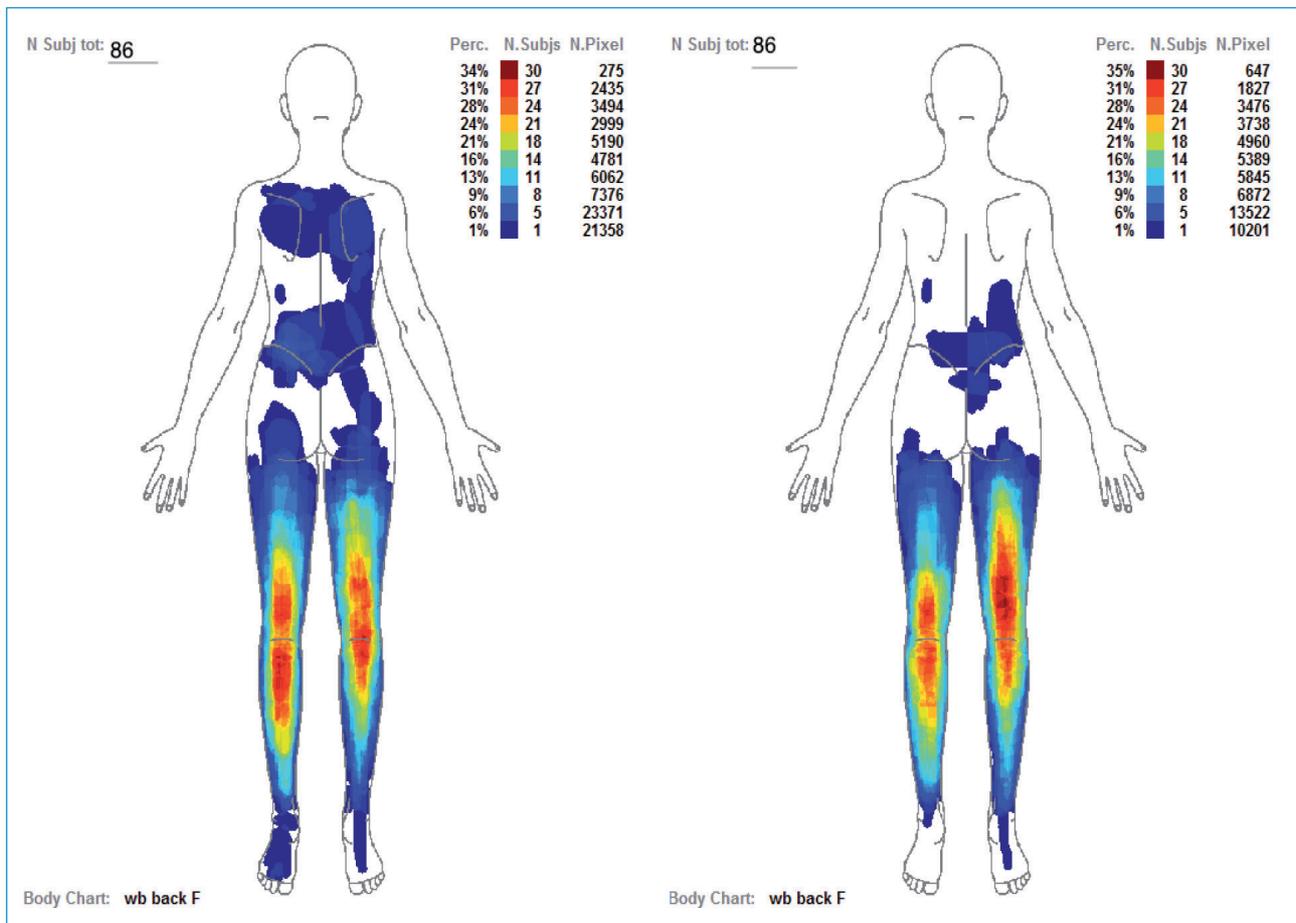


Fig. 6 - Pannello A e B - *Stretching Frequency Map* femminile. SFM ottenute sovrapponendo i PD di 86 soggetti femmine. Il Pannello A si riferisce ai risultati ottenuti con l'esecuzione classica di stretching mentre il Pannello B si riferisce ai risultati ottenuti con l'esecuzione dell'esercizio di stretching da noi proposto. Ogni colore in alto a destra (Pannello A e B) è accompagnato dal corrispettivo valore numerico della percentuale di Soggetti che hanno percepito la SS in quella determinata area del corpo. Sempre in alto a destra ad ogni colore è associata la dimensione dell'area, espressa in numero di pixel, interessata da quello specifico colore.

del TS: nell'esecuzione della TA (32% dei maschi e 34% delle femmine), nell'esecuzione della TB (41% dei maschi e 35% delle femmine). In una ridotta percentuale di soggetti, la SS è stata riportata anche in altre zone della CCP. L'esecuzione della TA ha visto interessare anche il dL, il dDL e le spalle, mentre l'esecuzione della TB ha coinvolto, in alcuni soggetti femmine, solo il dL.

DISCUSSIONE

Lo scopo dello studio è stato quello di confrontare due diverse tecniche esecutive (TA classica e TB sperimentale) dell'esercizio di stretching degli IC,

per valutarne gli effetti sulle varie zone della catena cinetica posteriore. Si è fatta l'ipotesi che la TB potesse comportare una migliore localizzazione dello stretching a livello degli IC e un minore coinvolgimento del dL. Il confronto si è basato sulla rilevazione della sensazione di stiramento percepita dai soggetti in seguito all'esecuzione di ciascuna tecnica. In particolare, le due esecuzioni, TA e TB, sono state confrontate sulla base di due parametri: la *Stretching Distribution* e la *Stretching Frequency Map*. Dall'analisi dei risultati è emerso che, per entrambe le tecniche, la sensazione di stiramento percepita era maggiormente localizzata a livello degli IC e del TS. Tuttavia nell'esecuzione della TA qualche soggetto ha riferito una sensazione di stiramento anche al dL, al dDL e

alle spalle. Con la TB, la sensazione di stiramento coinvolgeva in modo minore il dL e non veniva mai riferita nel dDL e nelle spalle. Pertanto, sembrerebbe che la TB proposta sperimentalmente, modificando la posizione del ginocchio e degli arti superiori, permetta di concentrare l'effetto dello stiramento precipuamente a carico degli IC e del TS, diminuendo il carico sul dL e senza praticamente interessare il dDL. Si ritiene che questo sia dovuto principalmente a una variazione, sul piano sagittale, della posizione del centro di massa (CoM) della parte superiore del corpo. La postura iniziale assunta e mantenuta durante l'esecuzione della TB permette, rispetto alla TA, un avvicinamento della posizione del CoM al centro di rotazione della leva il cui fulcro si trova a livello del dDL, la cui forza resistente è la forza-peso della parte superiore del corpo, e la cui forza motrice è la forza muscolare del dDL. In condizioni di equilibrio, questa postura permette una riduzione del braccio di leva della forza resistente con una conseguente riduzione del valore della forza motrice e quindi una diminuzione di tensione a carico del dDL. Il ginocchio flesso evita il pretensionamento degli IC e del TS consentendo al bacino di ruotare sulle teste femorali durante la flessione del tronco. L'asseccamento della rotazione anteriore del bacino, dovuto alla posizione flessa del ginocchio, potrebbe portare a sua volta ad una diminuzione della percentuale di rischio di possibili problemi di *overstretch* dei tessuti interessati.

Ben consapevoli che la metodologia di rilevazione della sensazione di stiramento attraverso la tecnica del PD rappresenta il limite maggiore di questo studio, ci si propone di ripetere il protocollo proposto utilizzando più appropriate tecniche di misura, come ad esempio l'elettromiografia.

CONCLUSIONI

In entrambe le tecniche studiate la SS viene maggiormente avvertita a livello degli IC. La TB sperimentale tuttavia, evidenzia un minore interessamento del dL e non coinvolge mai il distretto dorsale e le spalle come invece avviene con la TA. Si ritiene pertanto preferibile usare la TB in ambito riabilitativo in presenza di algie dorso-lombari.

BIBLIOGRAFIA

1. Wiemann K., Hahn K., *Influence of strength, stretching and circulatory exercises on flexibility parameter of the human hamstrings*, Int. J Sports Med 1997; 18: 340-346.
2. McHugh M.O., Kremenec I.J., Fox M.B., et al., *The role of mechanical and neural restraints to joint range of motion during passive Stretch*, Med Sci Sports Exerc 1998; 30: 928-932.
3. Sale D.G., Quinlan J., Marsh E., et al., *Influence of joint position on ankle plantarflexion in humans*, J Appl Physiol 1982; 52: 1636-1642.
4. Chan S.P., Hong Y., Robinson P.D., *Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols*, Scand J Med Sci Sports 2001; 11: 81-86.
5. Porter J.L., Wilkinson A., *Lumbar hip flexion motion. A comparative study between asymptomatic and chronic low back pain in 18 to 36 year old*, Med Spine 1997; 22: 1508-1513.
6. Safran M.R., Seaber A.V., Garrett W.E., *Warm up and muscular injury prevention an update*, Am J Sports med 1989; 8 (4): 239-249.
7. Shellock F.G., Prentice W.E., *Warming up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related Injuries*, Sport Medicine 1985; 2: 267-278.
8. Witvrouw E., Daneels L., Asselman P., et al., *Muscle flexibility as risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study*, Am J Sports Med 2003; 31: 41-46.
9. Nourbakhsh M.R., Arab A.M., *Relationship between mechanical factors and incidence of Low back pain*, J orthop Sports Phys Ther 2002; 32 (9): 447-60.
10. Esola M.A., McClure P.V., Fitzgerald G.K., et al., *Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain*, Spine 1996; 21: 71-78.
11. Cailliet R., *Il dolore somatico Vol. 2. Il dolore lombo-sacrale*, Lombardo Ed., Roma, 1977.
12. Woorel T.W., Perrin D.H., Gieck J.H., et al., *Comparison of isokinetic strength and flexibility measures between hamstring injured and noninjured athletes*, J orthop sports phys ther 1991; 13: 3.
13. Shum G.L., Crosbie J., Lee R.Y., *Effect of low back pain on the kinematics and joint coordination of the lumbar spine and hip during sit to stand and stand to sit*, Spine 2005a; 30: 1998-2004.
14. Shum G.L., Crosbie J., Lee R.Y., *Symptomatic and asymptomatic movement coordination of the lumbar spine and hip during an everyday activity*, Spine 2005; 30 (23): E697-E702.
15. Li Y., McClure P.W., Pratt N., *The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motion during forward bending*, Phys Ther 1996; 76: 836-845.
16. Kapandji I.A., *Fisiologia articolare - Tronco e rachide*, Vigort - Monduzzi Ed., 1994.
17. Perret C., Poiraudou S., Fermanian J., et al., *Pelvic mobility when bending forward in standing position: validity and reliability of two motion analysis devices*, Phys Med Rehabil 2001; 82: 221-226.
18. Kendall F., Lendall McCreary E., Provance P. G., et al., *I muscoli. Funzioni e test con postura e Dolore*, 5° edizione. Verduci Ed., Roma, 2005.
19. Heino J.G., Godges J.J., Carter C.L., *Relationship between hip extension range of motion and posture alignment*, J orthop sports phys ther 1990; 12: 243-247.

20. Mellin G., *Correlation of hip mobility with degree of back pain and lumbar spinal mobility in chronic low-back pain patients*, Spine 1988; 13: 668-670.
21. Boyce D., Brosky J.A., *Determining the minimal number of cyclic passive stretch repetitions recommended for an acute increase in an indirect measure of hamstring length*, Physioter Theory Pract 2008; 24: 113-120.
22. O' Sullivan K., Murray E., Sainsbury D., *The effect of warm-up, static stretching and dynamic on hamstring flexibility in previously injured subjects*, BMC Musculoskeletal Disord 2009; 10: 37.
23. Ryan E.D., Herda T.J., Cramer J.T., et al., *Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle*, Journal of stretching and conditioning research 2008; 22: 809-817.
24. Barbero M., Moresi F., Leoni D., et al., *Test - retest reliability of pain extent and pain location using a novel method for pain drawing Analysis*, Eur J Pain 2015; 19: 1129-1138.

CORRISPONDENZA:

Lorenzo Spairani
Via dell'industria 2, Torre d'isola (PV)
Tel.: +39 3398555231
email: lorenzo.spairani@unipv.it