

L'intrappolamento del nervo pudendo in un atleta Ironman: un caso clinico

Autori: Jaclyn A. Durante, BSc, DC*, e Ian G. MacIntyre, DC, FCCSS(C)**

* Graduate Student, Sport Sciences, Canadian Memorial Chiropractic College, Toronto, Canada

** Associate Professor, Canadian Memorial Chiropractic College, Toronto, Canada

Address correspondence to: Dr. Jaclyn Durante, 6100 Leslie St., Toronto, Ontario M2H 3J1 Phone: (416) 482-2340 ext. 242

Fax: (416) 482-2560 E-mail: jdurante@cmcc.ca

Estratto dal *Journal of the Canadian Chiropractic Association*

Estratto

Obiettivo: Presentare le caratteristiche diagnostiche e cliniche della sindrome da intrappolamento del nervo pudendo e rendere consapevoli i terapisti di questa rara e dolorosa condizione.

Specifiche cliniche: Il paziente è un maschio di 41 anni, atleta nelle competizioni di tipo Ironman. Egli lamentava un dolore costante e persistente al pene, sopraggiunto circa 12-24 ore dopo aver percorso una lunga distanza in bicicletta, e dolore durante l'atto sessuale. Gli era stata diagnosticata la "sindrome del ciclista", anche conosciuta come "sindrome da intrappolamento del nervo pudendo".

Intervento e risultati: Il paziente venne trattato due volte alla settimana, per quattro settimane, utilizzando il protocollo di trattamento per i tessuti molli descritto da Active Release Technique® [un metodo sviluppato da P. Michael Leahy, DC, CCSP. N.d.T.] sul muscolo otturatore interno. Dopo due settimane di trattamento il suo dolore era sceso a un punteggio di 5 su una scala da 1 a 10 e aveva ricominciato ad andare in bicicletta. Dopo quattro settimane il dolore era sceso d'intensità a 1/10, con la prosecuzione dell'attività ciclistica. Alle visite di controllo, approssimativamente 8 e 12 settimane dopo, il paziente aveva comunicato che il suo dolore era scomparso e aveva cominciato ad allenarsi per l'Ironman Lake Placid 2010.

Conclusione: L'intrappolamento del nervo pudendo è una rara e dolorosa condizione, ed è spesso mal diagnosticata in ragione del fatto che le sue manifestazioni cliniche possono essere confuse con quelle di altre patologie. È importante essere consapevoli delle specifiche caratteristiche cliniche per eseguire tempestivamente una diagnosi e garantire un trattamento appropriato.

Parole chiave: nervo pudendo, intrappolamento, nevralgia, otturatore interno, canale pudendo, ART®.



Introduzione

La nevralgia da intrappolamento del nervo pudendo (o “sindrome del ciclista”) provoca un dolore forte e pungente lungo il decorso del nervo stesso.¹ Ridotta sensibilità ai genitali e disfunzioni erettili sono i maggiori sintomi, dei quali in letteratura è stata riportata una percentuale rispettivamente del 50-91% e del 13-24% dei casi. La nevralgia del NP può essere causata da traumi, infezioni, tumori, parto, danni iatrogeni, chirurgia e/o microtraumi dovuti all’attività ciclistica.² È stato riscontrato che il 7-8% dei ciclisti ne fa esperienza durante gare a lunga distanza di più giorni.³ La diagnosi è spesso ritardata o male effettuata, causando ai pazienti una durata dell’affezione dai 2 ai 10 anni.⁴ È importante quindi comprendere le caratteristiche cliniche e i criteri diagnostici che permettono una diagnosi tempestiva e un trattamento appropriato.

Caso

Un atleta di 41 anni specializzato nelle gare di tipo Ironman [un tipo di triathlon che prevede 3,86 km di nuoto, 180 km in bicicletta e 42,195 km di corsa n.d.T.] lamentava un dolore costante al pene e una dolorabilità sorda al perineo, sopraggiunti circa 12-24 ore dopo aver percorso una lunga distanza in bicicletta. Il suo allenamento prevedeva un’attività di 6-11 ore alla settimana, per 3 giorni alla settimana. Il paziente cominciò a sentire dolore nei primi giorni del settembre 2008, ed entro la metà del mese avvertiva dolore al perineo dopo l’atto sessuale e bruciore durante la minzione. Il suo medico curante gli diagnosticò una prostatite e gli prescrisse una terapia antibiotica di 30 giorni. Alla visita successiva, lo informò che escludeva le MST (Malattie a Trasmissione Sessuale) e che la prostatite era sotto controllo; nonostante ciò, il dolore non era cambiato. Nei primi giorni di Ottobre il paziente venne indirizzato da un Urologo, che gli prescrisse un’altra terapia antibiotica per 30 giorni. A Novembre 2008, il dolore era salito a un’intensità di 9/10. Andò da un secondo Urologo, che gli spiegò che l’infezione e la bicicletta avevano causato un’inflammazione del nervo pudendo. A quel punto gli venne prescritto del Naprossene, 750 mg/gg. Consultò un Medico Sportivo, che gli consigliò di provare ad utilizzare nuovi sellini per la sua bicicletta. Il paziente disputò una gara alla fine del Novembre 2008 e smise di andare in bicicletta fino a Gennaio 2009. Con il riposo e l’assunzione del Naprossene il dolore scese a 5/10. A Gennaio 2009 riprese l’attività in bicicletta, e a Febbraio il dolore salì a 7/10. Il paziente riferì di provare sollievo nel sedersi su una bottiglia d’acqua fredda sistemata sulla regione perineale, e nel massaggiarsi le natiche con un Foamroller [cuscino cilindrico in schiuma di silicone utilizzato per esercizi di ginnastica posturale, n.d.T.]. Inoltre, provò ad utilizzare un nuovo sellino, che sembrò portargli un ulteriore sollievo. Gareggiò nell’Ironman del Luglio 2009 e successivamente interruppe l’attività da Luglio a Settembre 2009, e il dolore scese a un’intensità di 3/10. Riprese l’attività a Settembre per allenarsi per un mezzo-Ironman nel tardo autunno. Il dolore aumentò di nuovo a 9/10. A questo punto venne visitato da un Neurologo che gli diagnosticò la “sindrome del ciclista”, gli prescrisse Naprossene e riposo, e successivamente di provare un nuovo sellino. Nell’Ottobre 2009, il paziente si recò da un Chiropratico. All’esame obiettivo, venne riscontrata una dolorabilità alla palpazione della piccola incisura ischiatica e del muscolo otturatore interno. La palpazione in quest’area riprodusse il dolore di intensità 9/10 al pene e al perineo, e causò delle fascicolazioni nella circostante muscolatura glutea. A quel punto venne raggiunta una diagnosi di sindrome da intrappolamento del nervo pudendo. Il paziente venne trattato due volte a settimana per quattro settimane esclusivamente con un protocollo per il muscolo otturatore interno secondo il metodo Active Release Technique (ART)[®]. Dopo il primo trattamento sembrò che i sintomi si fossero aggravati, ma dopo due settimane il dolore era sceso a 5/10 e il paziente poté riprendere l’attività ciclistica. Dopo quattro settimane dal trattamento il dolore era sceso a 1/10. Otto settimane dopo, il dolore dopo l’atto sessuale e il dolore al pene e al perineo erano scomparsi, e il paziente poté cominciare ad allenarsi per un altro Ironman.



Discussione

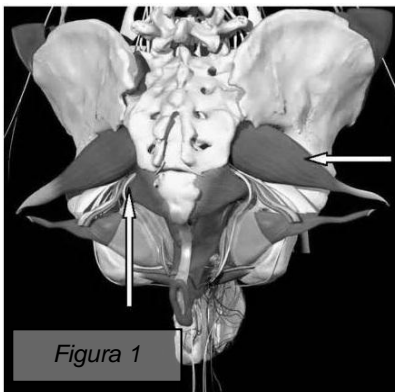
La nevralgia conseguente all'intrappolamento del Nervo Pudendo (NP), ha una variegata presentazione clinica; alcuni suggeriscono che questo avvenga in ragione del particolare decorso anatomico del nervo e del fatto che il nervo è composto da fibre miste. Il Nervo Pudendo, infatti, emerge dalle radici del plesso sacrale S2-S4, che per il 20% è costituito da fibre motorie, per il 50% da fibre sensitive e per il restante 30% da fibre autonome/viscerali.^{5,6,7} Discende medialmente e caudalmente relazionandosi al tronco del nervo sciatico.^{5,6,7} Da qui si porta lateralmente e entra nella regione glutea, e quindi attraversa il grande forame sciatico.^{5,6,7} Lungo il suo decorso è accompagnato dall'Arteria Pudenda Interna e dalla Vena Pudenda Interna, con le quali forma il pacchetto vasculonervoso pudendo, che circonda la terminazione del legamento sacrospinoso proprio alla sua inserzione sulla spina ischiatica.^{5,6,7} Qui il NP passa tra il legamento sacrospinoso (anteriormente) e il legamento sacro tuberoso (posteriormente), per poi portarsi nella regione perineale attraverso il piccolo forame sciatico, dove giace al di sotto del piano del muscolo elevatore dell'ano.⁵ Da qui entra in uno sdoppiamento della fascia del muscolo otturatore interno e nel suo foglietto mediale, che forma il canale pudendo.⁵ È qui che il NP si divide nelle sue tre branche terminali: nervo rettale inferiore, nervo perineale e nervo dorsale del pene/clitoride.⁵

Il nervo rettale inferiore innerva la cute attorno all'ano, provvede alla sensibilità della parte inferiore del canale anale e della regione perianale.^{5,8} Provvede inoltre all'innervazione motoria dello sfintere anale esterno.^{5,8}

Il nervo perineale garantisce l'innervazione motoria ai muscoli del pavimento pelvico (muscoli trasversi perineali, bulbospongioso, ischio cavernoso, sfintere uretrale ed elevatore dell'ano).^{5,8} Le branche sensitive del nervo perineale innervano il perineo e la superficie posteriore omolaterale delle grandi labbra.

Infine, il nervo dorsale del pene/clitoride costituisce la branca più superficiale, che si trova a livello della sinfisi pubica.^{5,8} Questo nervo porta afferenze dal clitoride e dal pene.

Il decorso anatomico del NP offre molti possibili punti in cui il nervo può andare incontro ad intrappolamento, causando un danno e/o i sintomi della "sindrome del ciclista". Questi punti sono: la zona della spina ischiatica; la zona compresa tra i legamenti sacrospinoso e sacrotuberoso; il processo falciforme (formato dalla porzione mediale del legamento sacrotuberoso, che si apre a ventaglio per



inserirsi sulla tuberosità ischiatica); la zona tra il muscolo elevatore dell'ano e il muscolo otturatore interno; la parte interna del canale pudendo; infine, la sindrome può essere causata da una compressione da parte del muscolo piriforme (*Figura 1*).^{1,5,6,9} È stato proposto un nuovo sito di intrappolamento, descritto come uno stretto canale osteofibroso che misura 3cm in lunghezza, riscontrato in 10 cadaveri maschili dissezionati.⁷ Questo canale è limitato superiormente e posteriormente dalla sinfisi pubica, lateralmente dal ramo pubico inferiore e dal legamento sospensorio, e medialmente dal corpo cavernoso del pene.⁷ È stato riscontrato che il nervo dorsale del pene decorre in questo canale.⁷

L'esatta fisiopatologia dell'intrappolamento del NP non è completamente nota, ma sono state avanzate delle teorie. Il danno può essere causato dallo stiramento o dalla compressione del nervo, che può portare a una neuropatia ischemica causata dalla temporanea perdita di apporto sanguigno (quindi di ossigeno) al NP.² Questo può apportare cambiamenti nel microcircolo e nella struttura fibrosa, come una fibrosi e/o un'infiammazione, portando a un indebolimento del NP.²



I ripetuti impatti subiti durante l'attività ciclistica generano un'estrema pressione a livello del perineo, che porta a un'aumentata frizione all'interno del canale pudendo e a una compressione da parte delle circostanti strutture muscolari (elevatoro dell'ano, otturatore interno, piriforme) e legamentose (sacrospinoso e sacrotuberoso).^{2,10,11} Questo microtrauma cronico conduce alle modificazioni fisiopatologiche sopra citate.²

Come è stato già detto, la presentazione clinica della nevralgia del NP è molto varia, in ragione del fatto che il NP è un nervo a composizione mista e possiede numerosi siti di potenziale intrappolamento, che prevedono sintomatologie differenti, in dipendenza dal luogo di compressione. I pazienti potrebbero sperimentare cicli di remissione e ricaduta di un dolore lungo il decorso del NP spesso descritto come bruciante, lacerante, "come una pugnalata", "come una scossa elettrica", acuto, esplosivo.⁶ La sensazione di intorpidimento ai genitali, il sintomo più comune, con una prevalenza del 50-90% nei ciclisti, è spesso il primo segno e deve essere considerato un allarme dai clinici.^{10,12} Un secondo sintomo molto comune è una disfunzione erettile, con un'incidenza nei ciclisti del 13-24%.¹⁰ Dolore e parestesie, che spesso partono da un punto preciso e poi si diffondono, possono estendersi all'inguine, alla faccia mediale della coscia, alla natica e all'addome.⁵

I pazienti possono anche riferire iperestesia e allodinia così intense da impedire di indossare certi indumenti che possano irritare l'area interessata.^{5,6} La nevralgia del pudendo si presenta più comunemente come unilaterale, ma in alcuni casi può essere anche bilaterale.^{5,6,13} I sintomi spesso si aggravano nel sedersi o nell'andare in bicicletta, e possono essere assenti o alleviati in piedi, in posizione supina o sedendosi sulla tavoletta del WC.⁸

I riscontri all'esame palpatorio sono meno concreti. Il dolore può essere evocato durante la palpazione o la pressione del nervo a livello della spina iliaca infero-medialmente all'incisura ischiatica.^{6,14} Il riscontro più comune è l'individuazione di una dolorabilità alla palpazione del muscolo otturatore interno.⁴ I sintomi possono essere esacerbati dall'esecuzione passiva di rotazione interna ed esterna d'anca, e di abduzione e adduzione contro resistenza ad anca flessa a 90%.⁴ Non esiste un test specifico ampiamente riconosciuto per la diagnosi della nevralgia del NP, e questo spiega perché questa sindrome sia così spesso mal diagnosticata o abbia una diagnosi molto tardiva.⁸ Come già detto, in alcuni casi la diagnosi può richiedere dai 2 ai 10 anni.⁴ Spesso, la nevralgia del NP viene diagnosticata per esclusione, dopo che tutte le altre ipotesi sono state scartate. In ogni caso, una lista di criteri diagnostici è stata stabilita e convalidata da un team multidisciplinare a Nantes, in Francia, e da membri della Società Francofona di Elettrofisiologia Perineale (Francophone Perineal Electrophysiology Club) nel 2008.¹⁵ I criteri sono stati redatti in quattro domande diagnostiche (*Tabella 1*).

Tabella 1: Riassunto da Labat et al 2008 – I Criteri Diagnostici della Nevralgia del Pudendo da intrappolamento (Criteri di Nantes)

Criteri diagnostici essenziali	Criteri diagnostici complementari	Criteri d'esclusione	Segni associati che non escludono la diagnosi
Dolore nel decorso del NP	Dolore neuropatico	Dolore esclusivamente coccigeo, pubico o ipogastrico	Dolore alle natiche nel sedersi
Dolore in posizione seduta	Allodinia o iperestesia	Prurito	Dolore sciatico
Dolore senza obiettivo deficit sensitivo	Sensazione di avere un corpo estraneo all'interno del retto o della vagina	Dolore parossistico	Dolore alla parte mediale della coscia
Dolore alleviato da un'anestesia chirurgica del nervo	Peggioramento del dolore durante il giorno	Anormalità evidenziate da esami radiologici che spieghino il dolore	Frequenza nella minzione o ritenzione urinaria
Il dolore non sveglia il paziente di notte	Dolore principalmente unilaterale		Dolore dopo l'eiaculazione
	Dolore evocato dalla defecazione		Dispareunia e/o dolore dopo il coito
	Dolorabilità/Indolenzimento alla palpazione		Disfunzione erettile
	Evidenze cliniche di deficit motorio a livello neurofisiologico		Normalità riscontrata al test neurologico



Dopo la corretta diagnosi, spesso il trattamento della nevralgia del NP include un ciclo di cure medico-chirurgiche. I terapeuti potrebbero cominciare col prescrivere antinfiammatori o antinevralgici. I pazienti possono optare per un'anestesia chirurgica del nervo con o senza l'aggiunta di steroidi, che hanno il potenziale di alleviare i sintomi per un periodo di tempo più lungo.⁵ La decompressione chirurgica del NP può costituire un'opzione per coloro che hanno un beneficio solo temporaneo con l'uso dell'anestesia.^{5,9,14} Si possono adottare tre approcci chirurgici differenti: transperineale, transgluteo, e attraverso la fossa ischio-rettale.^{5,14} In parallelo alla terapia, per ridurre i sintomi si possono introdurre alcuni accorgimenti nell'attività sportiva, che includono: stretching; pausa nell'attività (3-10 gg); perdere peso; utilizzare una sella più grande; utilizzare una sella senza punta o con punta flessibile; inclinare la sella leggermente verso il basso; usare un gel per la sella; passare a una posizione del corpo più verticale; staccarsi dalla sella per 20-30 secondi ogni 20 minuti; fare delle pause durante uscite lunghe ed assicurarsi che la bicicletta sia stata sistemata propriamente.^{1,2,3,10,13,16}

Nel caso presentato il chiropratico ha trattato il paziente usando il protocollo Active Release Technique (ART)[®], che è descritto come un sistema di terapia manuale che permette all'operatore di diagnosticare e trattare disfunzioni dei tessuti molli.¹⁷ La procedura generale è questa: si contatta il muscolo da trattare, si applica una tensione e si chiede al paziente di contrarre/accorciare attivamente il muscolo e in seguito di allungarlo/tenderlo attivamente.¹⁷

Il protocollo (ART)[®] specifico per l'otturatore interno è descritto come segue.

Il paziente si trova in decubito laterale, con il lato da trattare verso il soffitto, e l'anca in posizione neutra o abdotta. Il terapeuta contatta la porzione distale del muscolo e applica una tensione in direzione mediale. Mantenendo (o incrementando) la tensione il terapeuta porta l'anca in flessione, adduzione e rotazione esterna (si può coinvolgere un assistente per ruotare esternamente l'anca).¹⁷ Questa procedura viene ripetuta alcune volte per tutto il decorso del muscolo fino a quando il terapeuta constata soggettivamente che il tessuto è libero e le aderenze non sono più palpabili.¹⁷

Al momento, non esistono ricerche che descrivano gli effetti terapeutici del metodo (ART)[®] sulle disfunzioni muscolari. La letteratura contemporanea sui tessuti molli si è concentrata sul ruolo della fascia. La fascia è un tessuto connettivo denso e irregolare che garantisce una continuità tissutale in tutto il corpo.^{18,19,20,21} Avvolge non solo muscoli, fascicoli, fibre, tendini, ma penetra e avvolge gli organi, le ossa, i nervi.^{18,19,20,21,22} La Fascia è principalmente composta da fibroblasti, mastociti e macrofagi (componenti dell'immunità), mentre la matrice extracellulare è costituita da sostanza fondamentale (un gel denso), collagene e fibre di elastina.^{18,19,20,21,22} Sono state identificate nella fascia anche cellule contrattili che sono state definite miofibroblasti.^{18,19,20,21,22} È stato provato che gli organi del Ruffini, un tipo di meccanocettori ritrovati nella fascia, rispondono alle pressioni profonde.^{23,24,27,28} A seguito di una stimolazione degli organi del Ruffini, un segnale alterato viene trasmesso al SNC (Sistema Nervoso Centrale), che lo rinvia all'unità motoria creando un'alterazione di tono nel muscolo.^{23,24,27,28} Dato che il protocollo prevede l'applicazione di una pressione sul muscolo, questa può essere una probabile spiegazione dell'effetto terapeutico del metodo (ART)[®].

Un secondo meccanismo proposto può essere estrapolato dal lavoro di Cottingham (1985) e Schleip (2003).^{20,21,22,29} I recettori del Golgi, che sono terminazioni nervose sensitive, sono tradizionalmente collocati nei tendini, ma sono stati ritrovati anche nella porzione muscolare della giunzione muscolotendinea, nei legamenti, nelle capsule, nella fascia e nelle aponeurosi.²⁹ I recettori del Golgi sono disposti in serie nella fascia, e reagiscono alla contrazione/tensione del muscolo.^{20,21,22,30} In risposta a contrazione/tensione, le afferenze dai recettori del Golgi raggiungono gli interneuroni del midollo spinale, che, in risposta, inibiscono gli α -motoneuroni, rilassando il muscolo.^{20,21,27,30} Coinvolgendo il paziente nella contrazione/accorciamento seguita dall'allungamento/messa in tensione del muscolo, è possibile che il metodo (ART)[®] stimoli i recettori del Golgi, inibendo il tono del muscolo.

È opportuno ricordare che le spiegazioni suggerite sono teorie e che saranno necessarie ulteriori ricerche in futuro per comprendere pienamente il funzionamento del metodo ART[®].



Conclusione

La nevralgia da intrappolamento del nervo pudendo è di rara diagnosi, ma causa estremo dolore e limitazioni negli individui affetti. I pazienti possono essere costretti a sopportare la loro problematica per un periodo che va dai 2 ai 10 anni prima che venga effettuata la corretta diagnosi e quindi possano ricevere le dovute cure. In ragione della complessa struttura anatomica del NP, la nevralgia del pudendo ha varie presentazioni cliniche, che possono confondere i terapeuti. Pertanto, è importante essere al corrente di questa condizione e delle sue caratteristiche per evitare diagnosi tardive e/o inesatte, e per garantire ai pazienti un adeguato trattamento.

*Traduzione a cura di Luca Cascone
Per CRESO S.r.l. – Centro Ricerche e Studi Osteopatici*



Bibliografia

1. Benson JT, Griffis K. Pudendal neuralgia, a sever pain syndrome. *Am J Obst Gyn.* 2005;192:1663–1668.
2. Leibovitch I, Mor Y. The vicious cycling: bicycling related urogenital disorders. *Europ Urol.* 2005;47:277–287.
3. Asplund C, Barkdul T, Weiss BDI. Genitourinary problems in bicyclists. *Curr Sports Med Rep.* 2007;6:333–339.
4. Filler AG. Diagnosis and treatment of pudendal nerve entrapment syndrome subtypes: imaging, injections, and minimal access surgery. *Neurosurgery Focus.* 2009;26(2):E9.
5. Stav K, Dwyer P, Franzeog BS, et al. Pudendal neuralgia fact or fiction? *Obst Gyn Survey.* 2009;64(3):190–199.
6. Popeney C, Ansell V, Renney K. Pudendal entrapment as an etiology of chronic perineal pain: diagnosis and treatment. *Neurol Urodynamics.* 2007;26:820–827.
7. Hruby S, Ebmer J, Dellon L, et al. Anatomy of pudendal nerve at urogenital diaphragm-new critical site for nerve entrapment. *Urology.* 2005;66(5):949–952.
8. Hough DM, Wittenberg KH, Pawlina W, et al. Chronic perineal pain caused by pudendal nerve entrapment: anatomy and ct-guided perineural injection technique. *Am J Roentgenology.* 2003;181:561–567.
9. Robert R, Prat-Pradal D, Labat JJ, et al. Anatomic basis of chronic perineal pain: role of the pudendal nerve. *Surgical and Radiologic Anatomy.* 1998;20:93–98.
10. Carpes FP, Dagnese F, Kleinpaul JF, et al. Effects of workload on seat pressure while cycling with two different saddles. *J Sexual Medicine.* 2009;6:2728–2735.
11. Ramsden CE, McDaniel MC, Harmon RL, et al. Pudendal nerve entrapment as source of intractable perineal pain. *Am J Phys Med Rehabilitation.* 2003;82:479–484.
12. Andersen KV, Bovim G. Impotence and nerve entrapment in long distance amateur cyclists. *Acta Neurologica Scandinavica.* 1997;95:233–240.
13. Huang V, Munarriz R, Goldstein Bicycle riding and erectile dysfunction: an increase in interest (and concern) *J Sexual Medicine.* 2005;2:596–604.
14. Beco J, Klimov D, Bex M. Pudendal nerve decompression in perineology: a case series. *BioMed Central Surgery.* 2004;4:15.
15. Labat J, Riant T, Robert R, et al. Diagnostic criteria for pudendal neuralgia by pudendal nerve entrapment (Nantes criteria) *Neuro Urodynamics.* 2008;27:306–310.
16. Gemery JM, Nangia AK, Mamourian A, et al. Digital three-dimensional modelling of the male pelvis and bicycle seats: impact of rider position and seat design on potential penile hypoxia and erectile dysfunction. *Br J Urology International.* 2007;99:135–140.
17. Leahy M. Active Release Techniques® Soft Tissue Management Systems for the Lower Extremity. 2007. pp. 188–189.
18. Rolf IP. *Rolfing: The Integration of Human Structures.* Dennis Landman; Santa Monica: 1977.
19. Oschman JL. *Energy Medicine.* Churchill Livingstone; Edinburgh, Scotland: 2000.
20. Schleip R. Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. *J Bodywork Movement Ther.* 2003;7:11–19.
21. Schleip R. Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 2. *J Bodywork Movement Ther.* 2003;7:104–116.
22. Schleip R, et al. Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue. *Medical Hypothesis.* 2006;66:66–71.
23. Yahia L, et al. Viscoelastic properties of the human lumbodorsal fascia. *J Biomed Eng.* 1993;15:425–429.
24. Yahia L, et al. Sensory innervation of human thoracolumbar fascia. *Acta Orthopaedica Scandinavica.* 1992;63:195–197.
25. Hinz B, Gabbiani G. Mechanism of force generation and transmission by fibroblasts. *Current Opinion in Biotechnology.* 2003;14:538–546.
26. Staubesand J, et al. La structure fine de l'aponévrose jambière. *Phlébologie.* 1997;50(1):105–113.
27. Stecco C, et al. Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation. *Morphologie.* 2007;91:38–43.
28. Klinger W, Schleip R, Zorn A. *Structural Integration-J Rolf Institute.* 2004. European Fascia Research Project Report; pp. 1–10.
29. Cottingham JT. *Healing through touch - a history and a review of the physiological evidence.* Rolf Institute Publications; Boulder, CO: 1985.
30. Keirnan J. *Barr's: The Human Nervous System.* 8th Ed. Lippincott Williams and Wilkins; Philadelphia, Pennsylvania: 2005.

