UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA

campus savona

Università degli Studi di Genova

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2010-2011

Campus Universitario di Savona

Test di neurotensione nella valutazione dell'arto inferiore

Candidato: Matteo Pinelli

Relatore: Ft-OMT Luca Francini

a Chiara

Indice

1. ANATOMIA DEL SISTEMA NERVOSO PERIFERICO DEGLI ARTI INFERIORI pag. 4
   1.1. Plesso lombare pag. 4
   1.2. Plesso lombosacrale pag. 10

2. MATERIALI E METODI pag. 24

3. CONCETTI DI NEURODINAMICA pag. 25
   3.1. Introduzione pag. 25
   3.2. Adattamenti nervosi pag. 27
   3.3. Rapporto tra movimento articolare e movimento neurale pag. 30
      3.3.1. Movimenti delle strutture neurali – convergenza pag. 30
      3.3.2. Movimento dell'interfaccia meccanica – apertura e chiusura intorno al sistema nervoso pag. 31
   3.4. Manovre di sensibilizzazione e differenziazione strutturale pag. 33
   3.5. La sequenza del test neuro dinamico pag. 35

4. NEURODINAMICA SPECIFICA pag. 39
   4.1. La colonna vertebrale pag. 39
   4.2. L'arto inferiore pag. 43
      4.2.1. Anca pag. 43
      4.2.2. Ginocchio pag. 44
      4.2.3. Piede e caviglia pag. 45

5. DISFUNZIONI pag. 46
   5.1. Disfunzioni d'interfaccia meccanica pag. 46
   5.2. Disfunzioni neurali pag. 48

6. TEST NEURODINAMICI pag. 49
   6.1. Straight Leg Raise (SLR) pag. 49
   6.2. Test Neurodinamico Tibiale (TNT) pag. 60
   6.3. Test Neurodinamico Peroneale (PNT) pag. 62
   6.4. Test Neurodinamico Surale (SNT) pag. 65
   6.5. Straight Leg Raise Bilaterale (BSLR) pag. 67
   6.6. Slump Test pag. 69
   6.7. Slump Test Bilaterale pag. 79
   6.8. Prone Knee Bend (PKB) pag. 81
   6.9. Saphenous Neurodynamic Test pag. 84
   6.10. Obturator Neurodynamic Test pag. 85
   6.11. Femoral Slump Test (FST) pag. 87

7. DISCUSSIONI E CONCLUSIONI pag. 90

8. REFERENCE pag. 96

ABSTRACT

Introduzione. Il rilevamento di un coinvolgimento nervoso nei sintomi lamentati dal paziente è una competenza di primaria importanza in ambito clinico, che può venire espletata tramite l'esecuzione dei test neurodinamici. Ad ogni modo è opportuno conoscere almeno i valori di sensibilità e specificità dei vari test in modo da sapersi gestire nel migliore dei modi al fine del successo del trattamento sul paziente. Lo scopo di questa revisione della letteratura è quello di raccogliere dati relativi all'utilizzo di tecniche di valutazione neurodinamica delle principali strutture nervose dell'arto inferiore per verificarne l'affidabilità inter-operatore nonché la loro riproducibilità e interazione all'interno dei canoni classici dell'esame neurologico.

Materiali e Metodi. La ricerca è stata effettuata nelle 3 banche dati biomediche MEDLINE, PeDRO ed EMBASE identificando lavori concernenti test neurodinamici relativi agli arti inferiori per un totale di 11 lavori. Sono state cercate inoltre le reference delle bibliografie di tali articoli.

Risultati. Di dati circa l'affidabilità intra- ed inter-operatore dell'SLR test c'è abbastanza disaccordo in letteratura, come osservato dagli ultimi lavori (2002-2011) i quali hanno indicato una sensibilità compresa tra lo 0,36 e lo 0,80 e una specificità compresa tra lo 0,40 e lo 0,89. Per quanto riguarda lo Slump test, dai recenti lavori (2008-2011) si è notato un buon consenso tra i vari autori, indicando una sensibilità compresa tra 0,84 e 1 e una specificità dello 0,83; pochi gli articoli in merito ma in sostanziale accordo tra loro. Non esistono ancora degli studi che quantifichino in maniera esaustiva i valori si sensibilità, specificità e altri criteri di accuratezza, precisione e affidabilità del Prone Knee Bend test. Non si sono trovati inoltre lavori che citino espressamente l'esecuzione, la procedura, il pool di pazienti utilizzato ed i valori di affidabilità dei test neurodinamici per i nervi surale, tibiale, peroneale, otturatorio e safeno. Un solo lavoro è stato trovato che indagasse il Femoral Slump Test.

Discussioni e conclusioni. Vi è una sostanziale carenza di articoli che indaghino i criteri di affidabilità e precisione dei test neurodinamici utilizzati per gli arti inferiori. Tale mancanza potrebbe risiedere nella mancanza di uno standard metodologico da adottare in questi casi nonché nell'elevata dipendenza dalle capacità dell'operatore nel sospettare, individuare e interpretare un problema neurogenico. Rimane quindi il bisogno di future ricerche indaganti l'uso clinico dei test non analizzati ad oggi in letteratura, con la chiara definizione dei livelli di affidabilità sia intra- che inter-operatore. Ulteriori studi con una precisa esplicitazione dei livelli di sensibilità e specificità sarebbero auspicabili anche per l'SLR e lo Slump test, in modo da uniformarne i valori e saperli così interpretare nel migliore dei modi.

1 ANATOMIA DEL SISTEMA NERVOSO PERIFERICO DEGLI ARTI INFERIORI

1.1 PLESSO LOMBARE

Il plesso lombare è formato dal ramo ventrale del primo, secondo, terzo e parte del quarto nervo lombare.

I rami anteriori si uniscono per formare il *nervo otturatorio*.

Le divisioni posteriori dei tre nervi si uniscono per formare il *nervo femorale*; soltanto alcuni rami del secondo e del terzo formano il *nervo cutaneo laterale della coscia*.

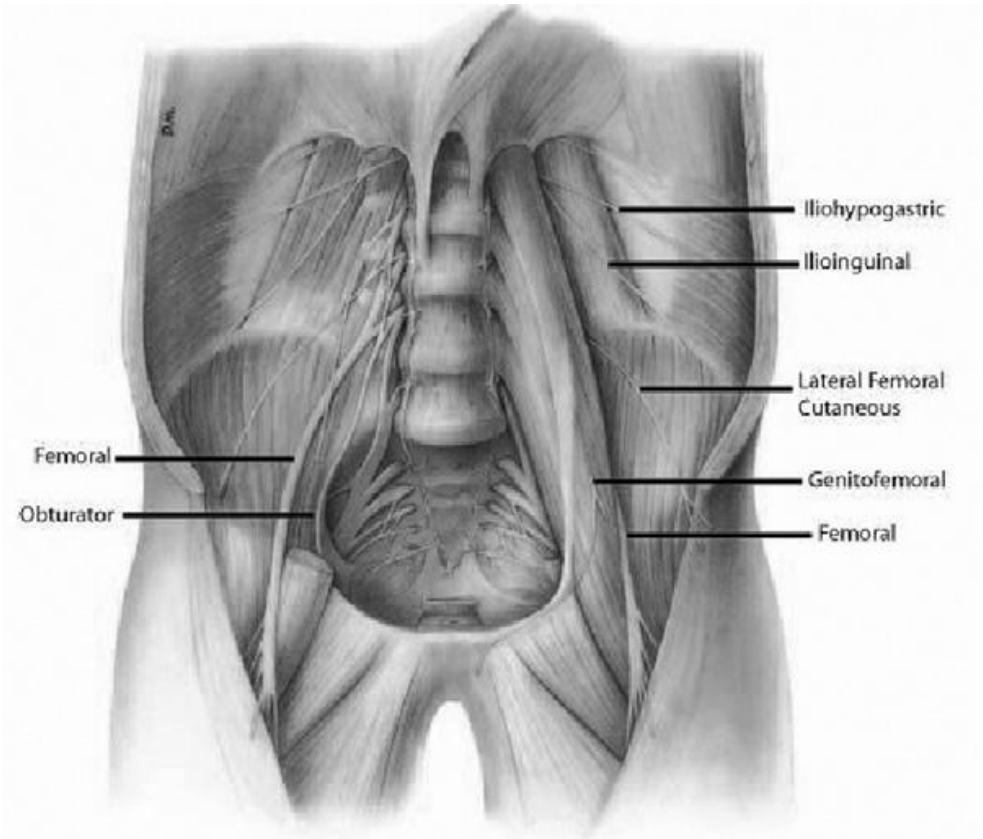

Figura 1. Plesso lombare con la muscolatura circostante. Immagine tratta da (Anloague 2009)

Nervo Otturatorio

E' formato dalle divisioni anteriori del secondo, terzo e quarto nervo lombare (L2, L3, L4), che si uniscono nel corpo del grande psosas, emergendo poi dal bordo mediale del muscolo, sulla parte laterale del sacro. Il nervo otturatorio incrocia l'articolazione sacroiliaca e l'otturatore interno per

entrare del forame otturatorio sotto il ramo superiore del pube, sopra la membrana otturatoria. Lasciando il canale, il nervo poggia sull'otturatore esterno e si divide nei rami anteriore e posteriore.

Il *ramo anteriore* scende nella faccia anteriore della coscia fino all'otturatore esterno e al piccolo adduttore, posteriormente al pettineo e all'adduttore lungo: i suoi rami terminali si trovano tra il grande adduttore e il setto intermuscolare mediale. Il ramo anteriore manda a sua volta rami all'adduttore lungo, al gracile e di solito all'adduttore breve e qualche volta al pettineo; manda la sua branca sensitiva alla cute sulla faccia mediale della coscia.

Il *ramo posteriore* perfora l'otturatore esterno e scende dietro l'adduttore breve e davanti al grande adduttore. Attraversa obliquamente il grande adduttore ed entra nella fossa poplitea. Il nervo termina perforando il legamento popliteo obliquo per innervare la parte posteriore del ginocchio, incluso il legamento crociato. Il ramo posteriore innerva l'otturatore esterno e il grande adduttore.

Nervo Femorale

E' il nervo primario della faccia anteriore della coscia ed è il più grande dei nervi periferici.

E' formato dalle divisioni anteriori del secondo, terzo e quarto nervo lombare (L2, L3, L4); emerge dal bordo laterale del grande psoas per scendere nel solco tra lo psoas e l'iliaco, profondamente alla fascia iliaca.

Passa nella coscia sotto il legamento inguinale lateralmente all'arteria femorale, raggiunge la fascia femorale ed entra nel triangolo femorale, dove di solito si divide quasi subito in un numero di rami che possono essere raggruppati in anteriori e posteriori.

A livello periferico il ramo anteriore innerva il sartorio e genera le due grandi branche cutanee anteriori (rami cutanei intermedio e mediale) del *nervo cutaneo anteriore della coscia*: il ramo cutaneo intermedio scende lungo la parte anteriore della coscia per fornire sensibilità cutanea alla zona stessa e al plesso rotuleo; il ramo cutaneo mediale provvede alla sensibilità cutanea sul lato mediale della coscia.

Il ramo posteriore innerva il quadricipite femorale, manda rami articolari all'anca e al ginocchio e dà origine al *nervo safeno*. Quando è ancora nell'addome, il nervo principale innerva l'iliaco.

In riferimento al nervo femorale sono state osservate (su cadavere) delle variabilità anatomiche: il nervo è stato osservato biforcarsi in due (e talvolta anche in un maggior numero) rami separati; nella maggior parte dei cadaveri questo processo si è verificato entro la porzione media del grande psoas. Queste divisioni erano separate tra loro dalle fibre muscolari del muscolo, per poi ricongiungersi a formare il nervo femorale prima che il nervo uscisse dalla cavità pelvica passando sotto il legamento inguinale (Anloague 2009).

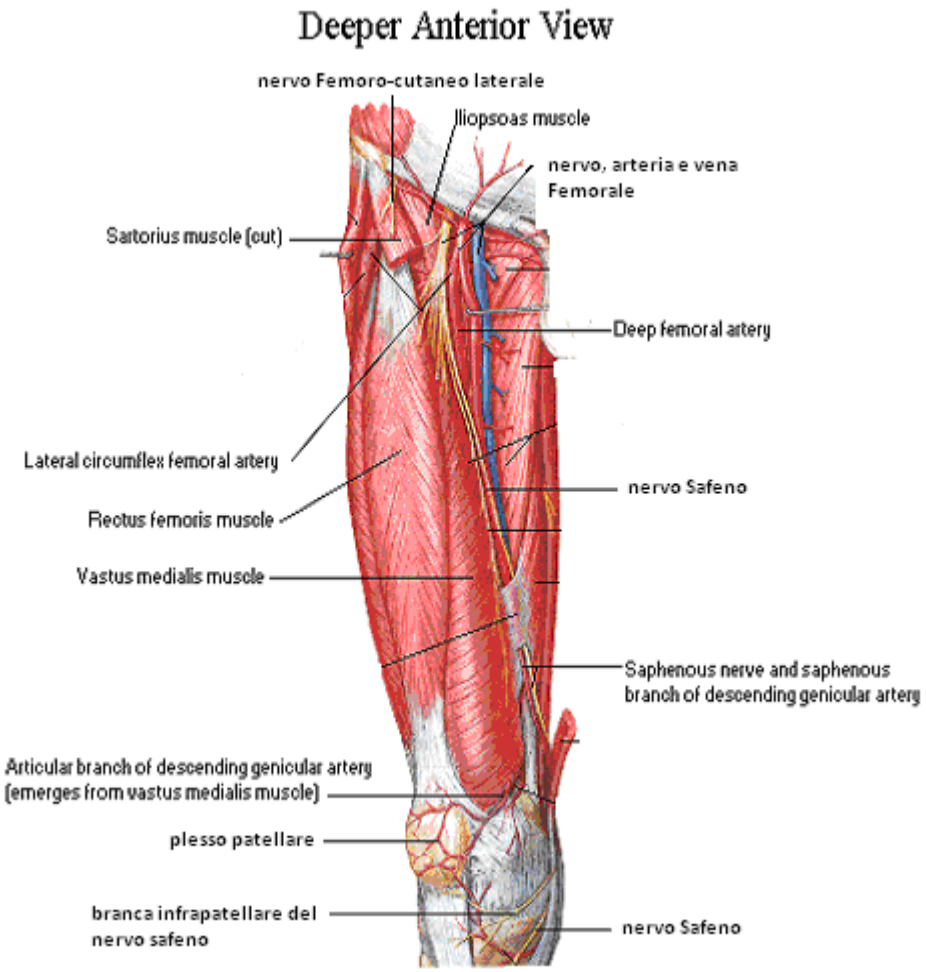

Figura 2: Decorso nervo Femorale. Immagine tratta da (Netter 2006)

NERVO CUTANEO ANTERIORE DELLA COSCIA

Nasce come rami intermedio e mediale dal margine laterale del nervo femorale nella parte superiore del triangolo femorale. Dopo essere entrato nel canale sottosartoriale ed essere passato dal lato mediale dell'arteria, il ramo mediale si divide in anteriore e posteriore, che diventano sottocutanei passando davanti e dietro al muscolo sartorio per innervare un'area di cute della parte inferiore del versante mediale della coscia, del ginocchio e della parte superiore della gamba.

Il ramo intermedio passa direttamente nella coscia, diventando superficiale perforando la fascia sopra il muscolo sartorio per innervare la cute della faccia anteriore della coscia e del ginocchio.

- Nervi del quadricipite femorale : i nervi per il *retto anteriore* e per il *vasto laterale* vanno con dei rami dell'arteria circonflessa femorale laterale a entrare nella faccia profonda dei muscoli. Il *vasto mediale* è innervato da due rami, uno dei quali entra prossimalmente e innerva anche il *vasto intermedio*. L'altro ramo accompagna il nervo safeno nel canale dell'adduttore fino a circa metà della

coscia, dove penetra la superficie mediale del muscolo. Il nervo per il vasto intermedio entra dalla superficie del muscolo, che attraversa per innervare il *legamento rotuleo*.

Tutti questi rami per i vasti innervano anche il ginocchio, mentre il nervo per il retto femorale manda un ramo all'anca.

NERVO SAFENO

Il nervo safeno, un'estensione del nervo femorale (il ramo più lungo del nervo femorale), è puramente sensitivo e innerva l'aspetto mediale del ginocchio e le regioni antero-mediali di tibia e caviglia. La sua componente prossimale (nervo femorale) passa anteriormente all'articolazione dell'anca nel fascio neurovascolare insieme all'arteria femorale: inizia circa 3 cm sotto sotto il legamento inguinale, attraversa il triangolo femorale per entrare nel canale degli adduttori lateralmente ai vasi femorali, dando un ramo per il plesso sottosartoriale. Segue il decorso del muscolo sartorio lungo la coscia per poi passare posteriormente al ginocchio attraverso la zampa d'oca; procede infine lungo la tibia fino alla caviglia.

Il nervo safeno perfora il tetto del canale adduttore e diventa cutaneo tra il sartorio e il gracile, dietro e medialmente al ginocchio, al quale manda un ramo. Passando dietro i condili mediali del femore e della tibia, discende lungo il versante mediale della gamba con la vena safena grande per trovarsi davanti al malleolo mediale. Il nervo passa poi sul versante mediale del piede per raggiungere la testa del primo metatarso.

Rami del nervo vanno alla cute e alla fascia davanti e lateralmente al ginocchio, alla gamba e al piede; per ultimo vanno alla base dell'alluce.

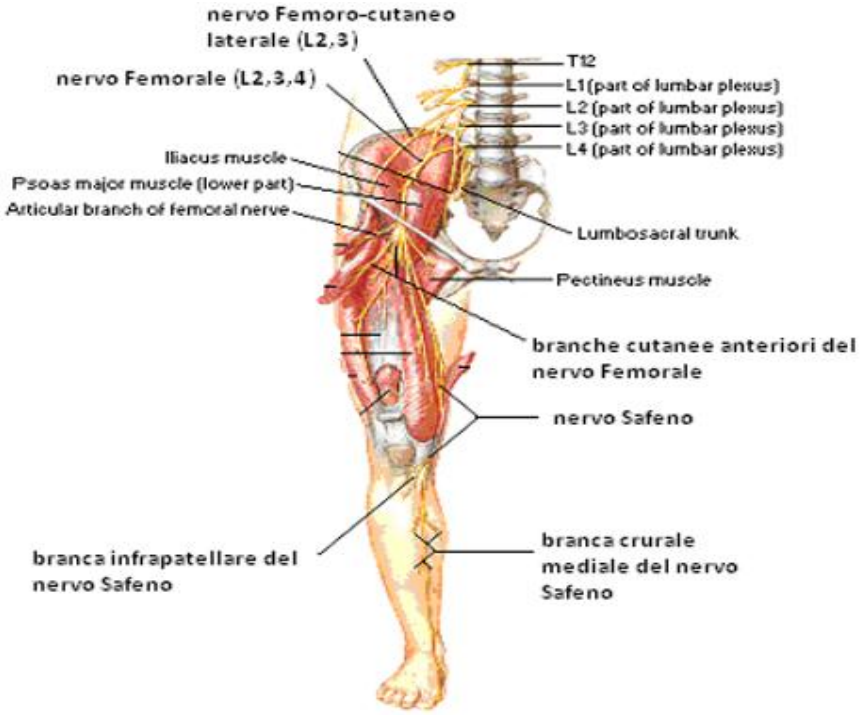

Figura 3: Decorso nervo femorale e nervo safeno con relativa muscolatura. Immagine tratta da (Netter 2006)

Nervo cutaneo laterale della coscia

E' formato dal ramo posteriore del secondo e del terzo nervo lombare (L2, L3), emergendo dal bordo laterale del grande psoas. Viaggia obliquamente lungo il muscolo iliaco in direzione della spina iliaca anteriore superiore (SIAS). Passa sotto e davanti alla superficie pelvica dell'ileo e lascia la pelvi medialmente alla SIAS, a volte attraverso e a volte sotto il legamento inguinale. Si dirige lateralmente attraverso o sotto il sartorio per poi raggiungere la fascia lata, dove diventa superficiale. Il nervo si divide quindi in due rami che scendono lungo la superficie laterale della coscia. Il *ramo anteriore* innerva la superficie antero-laterale della coscia e il ginocchio, mentre il *ramo posteriore* attraversa la fascia lata e innerva i due terzi laterali e prossimali della coscia sotto il grande trocantere.

I rami distali comunicano con i rami cutanei anteriori del nervo femorale e le diramazioni infrapatellari del nervo safeno per formare il *plesso rotuleo*.

Una variante relativa al nervo cutaneo laterale del femore riguarda una biforcazione dello stesso all'interno della cavità pelvica, prima della sua uscita nei pressi della SIAS; tale biforcazione normalmente si verifica dopo che il nervo esce dal bacino.

RIASSUNTO DELLA SEZIONE	
Nervi otturatorio e femorale	
Nervo otturatorio	
Da	divisioni anteriori del plesso lombare
Radici	L2, L3, L4
Muscoli innervati	adduttore lungo, breve e grande, gracile, otturatore esterno, pettineo (a volte)
Nervo femorale	
Da	divisioni posteriori del plesso lombare
Radici	L2, L3, L4
Muscoli innervati	iliaco, sartorio, quadricipite femorale (retto femorale, vasto mediale, intermedio e laterale)
Rami cutanei	nervo cutaneo anteriore della coscia, nervo safeno

1.2 PLESSO LOMBOSACRALE

Il plesso lombosacrale si trova sul muro posteriore della pelvi tra il piriforme e la sua fascia; è formato dai rami ventrali dalla quarta radice lombare fino alla quarta radice sacrale: il quinto lombare e la porzione inferiore del quarto formano il tronco lombosacrale che passa sopra l'ala del sacro per unirsi ai rami ventrali dal primo al quarto nervo sacrale.

Ogni ramo ventrale si divide in ramo anteriore e posteriore: convergono tutti nel grande forame ischiatico. Dall'unione di vari rami anteriori si formano i seguenti nervi: *nervo del quadrato del femore*, il *nervo dell'otturatore interno*, i *nervi pelvici splancnici*, il *nervo cutaneo femorale posteriore* e il *nervo pudendo*.

Dalla branca posteriore nascono invece i rami per il piriforme, il coccigeo e l'elevatore dell'ano, i *nervi glutei superiore e inferiore*, il *nervo femorale* e il *cutaneo posteriore*, il *nervo cutaneo otturatorio* e la *branca perineale di S4*.

Il *nervo sciatico* è formato dal *nervo tibiale* (ramo anteriore da L4 a S3) e dal *nervo peroneo comune* (branca posteriore da L4 a S2) uniti in una guaina comune.

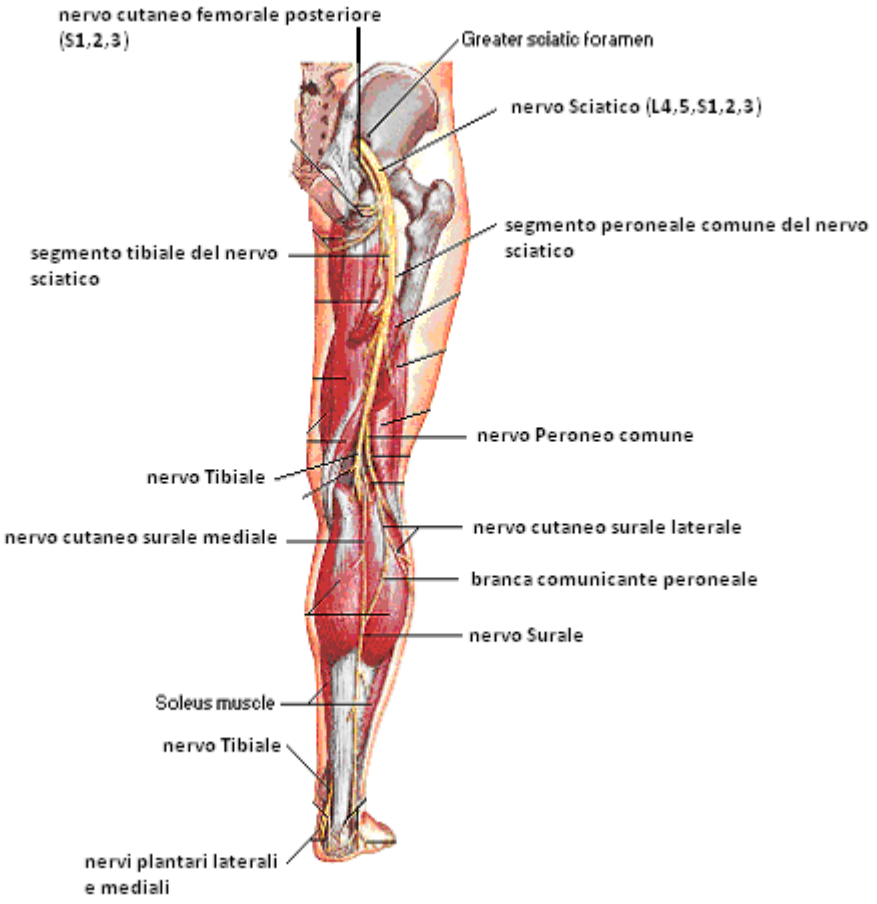

Figura 4: Decorso nervo sciatico. Immagine tratta da (Netter 2006)

Nervo gluteo superiore

E' formato dall'unione dei rami posteriori di L4, L5 e S1 e va indietro e in fuori per lasciare la pelvi sopra il piriforme con i vasi glutei superiori. Si divide nei rami superiore e inferiore che vanno in avanti tra il grande gluteo e il piccolo gluteo. Il ramo superiore innerva il medio gluteo, mentre l'inferiore innerva il piccolo gluteo e il tensore della fascia lata.

Nervo gluteo inferiore

Nasce dai rami posteriori di L5, S1 e S2. Abbandona la pelvi sotto il piriforme, superficialmente al nervo sciatico e passa direttamente nella superficie profonda del grande gluteo, che innerva.

Nervo cutaneo posteriore della coscia

E' formato dalla divisione anteriore di S2 e S3 e dalla divisione posteriore di S1 e S2. Lascia la pelvi attraverso il grande forame ischiatico sulla superficie posteriore del nervo sciatico sotto il piriforme e scende sulla faccia posteriore della coscia fino ad arrivare dietro il ginocchio profondamente alla fascia lata, che perfora. Qui originano rami che innervano la cute sopra la parte inferiore della natica, la faccia posteriore della coscia, la fossa poplitea e la parte superiore del polpaccio.

Nervo sciatico

E' formato dal ramo ventrale di L4, L5, S1, S2 e S3; abbandona la pelvi per entrare nella regione glutea attraverso il grande forame ischiatico, sotto o attraverso il piriforme. Si porta in basso nella parte posteriore della coscia profondamente al bicipite femorale passando sul gemello superiore, sull'otturatore interno, sul gemello inferiore, sul quadricipite femorale e sul grande adduttore.

A un certo punto, di solito a due terzi della coscia, si divide in due rami terminali: il *nervo peroneo comune* e il *nervo tibiale*. Ci può essere però una divisione del nervo in alto nella coscia, oppure le due componenti del nervo possono separarsi quando lasciano la pelvi. In quest'ultimo caso il nevo tibiale passa sotto il piriforme, mentre il nervo peroneo può passare sopra oppure perforare il muscolo. A livello superficiale, il nervo può essere disegnato come una linea passante da un punto a metà strada tra la tuberosità ischiatica e il grande trocantere del femore a un punto situato a due terzi della parte posteriore della coscia, dove si dividono gli ischiocrurali mediali e laterali.

Il nervo sciatico dà rami articolari al ginocchio e rami al semitendinoso, al semimembranoso, al bicipite femorale e a parte del grande adduttore. Il capo breve del bicipite femorale è innervato dal peroneo comune mentre gli altri sono innervati dal tibiale.

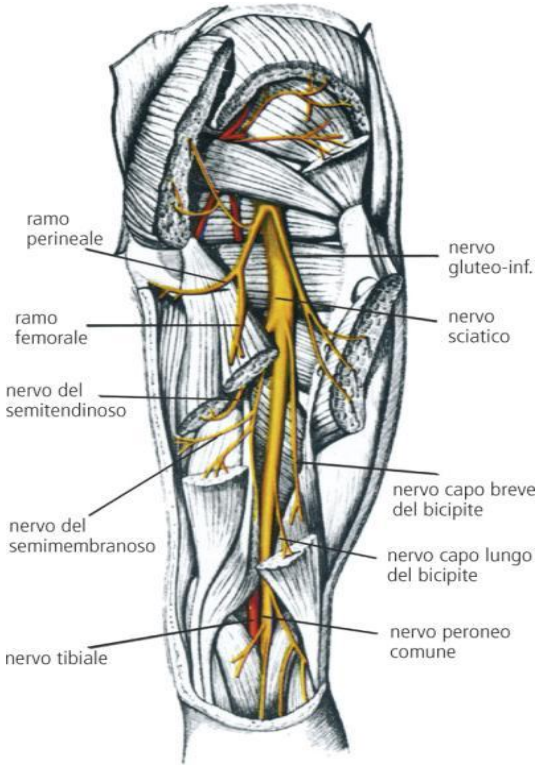

Figura 5: Decorso nervo sciatico a livello della coscia posteriore. Immagine tratta da *Dizionario della salute, ed. Corriere della Sera*

IL NERVO SCIATICO E IL PIRIFORME

Il nervo sciatico si forma nel bacino dalle divisioni anteriori delle radici dei nervi spinali da L4 a S3. Alla sua origine a livello del plesso sacrale ha un diametro di quasi 2 cm di larghezza. Possono essere distinti fin dall'inizio due tronchi nervosi, il nervo tibiale e il nervo peroneo comune, avvolti da un'unica guaina comune (guaina epineurale) (Güvençer 2009). Questi due tronchi lasciano il bacino attraverso il grande forame sciatico al di sotto del piriforme. Il nervo passa lungo la parte posteriore della coscia e si divide, nella regione prossimale del cavo popliteo, in *nervo tibiale* e *nervo peroneo comune*.

Vi è una stretta relazione tra il decorso del nervo sciatico e la muscolatura intrapelvica (soprattutto il piriforme). Il piriforme, uno dei muscoli intrapelvici, può comprimere il nervo sciatico e causare la cosiddetta "sindrome del piriforme": tale sindrome non si verifica solamente a causa di un'ipertrofia, infiammazione o irritazione del muscolo omonimo, ma può anche essere causata da variazioni congenite dello stesso e/o del nervo sciatico.

Il nervo, ancora indiviso, può emergere sopra o attraverso il piriforme. Le principali divisioni del nervo potrebbero risiedere in entrambi i lati del muscolo o, variante più comune, un ramo passare sopra e uno

sotto (Güvençer 2009). Ogni variazione può causare ovviamente una diversa presentazione clinica, cioè riflettere un diverso caso clinico specifico.

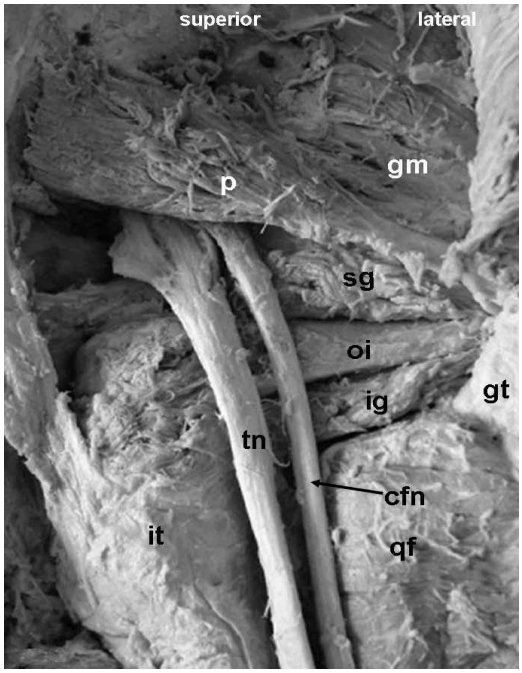

Figura 6: Il nervo tibiale (**tn**) e il nervo peroneo comune (**cfn**) si diramano dal nervo sciatico inferiormente al piriforme, attraverso il grande forame ischiatico.
gt: grande trocantere, **it**: tuberosità ischiatica, **gm**: piccolo gluteo, **p**: piriforme, **sg**: gemello superiore, **oi**: otturatore interno, **ig**: gemello inferiore, **qf**: quadrato del femore.
(Gluteo destro). Foto tratta dallo studio di Güvençer et al. (Güvençer 2009)

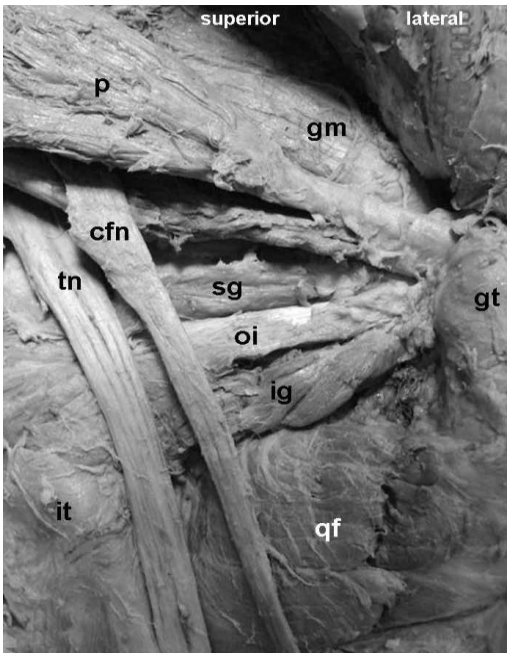

Figura 7: Il nervo peroneo comune (**cfn**) passa attraverso il piriforme (**p**), le fibre del nervo tibiale (**tn**), al contrario, decorrono inferiormente al muscolo, attraverso il grande forame ischiatico.
gt: grande trocantere, **it**: tuberosità ischiatica, **gm**: piccolo gluteo, **p**: piriforme, **sg**: gemello superiore, **oi**: otturatore interno, **ig**: gemello inferiore, **qf**: quadrato del femore.
(Gluteo destro). Foto tratta dallo studio di Güvençer et al. (Güvençer 2009)

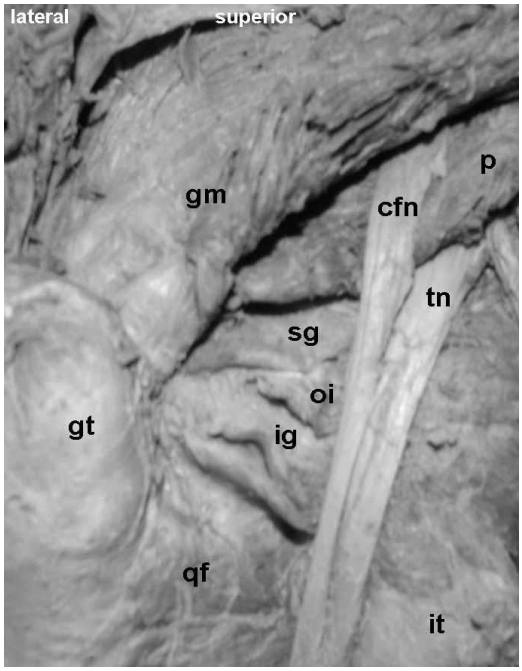

Figura 8: Il nervo peroneo comune (**cfn**) passa attraverso la porzione superiore del piriforme mentre il nervo tibiale (**tn**) decorre attraverso la parte inferiore dello stesso.
gt: grande trocantere, **it**: tuberosità ischiatica, **gm**: piccolo gluteo, **p**: piriforme, **sg**: gemello superiore, **oi**: otturatore interno, **ig**: gemello inferiore, **qf**: quadrato del femore.
(Gluteo sinistro). Foto tratta dallo studio di Güvençer et al. (Güvençer 2009)

La sindrome del piriforme è una delle cause non discogeniche di sciatica. Essa si verifica secondariamente alla compressione del nervo sciatico da parte di un "anomalo" piriforme. La presenza di variazioni nel rapporto tra il piriforme e il nervo sciatico possono contribuire al verificarsi di tale sindrome, dove il tipo di variazione può riflettere la diversità della presentazione clinica individuale: in altre parole, la compressione del solo nervo peroneo comune, del nervo tibiale o di un indiviso nervo sciatico, possono causare diversi quadri clinici.

L'esistenza di una divisione "alta" del nervo sciatico, così come un'anomala uscita delle sue branche dal bacino, possono facilitare una compressione dello stesso.

Il nervo sciatico può essere diviso in nervo peroneo comune e nervo tibiale a livello del bacino, e ciascuno di questi può lasciare la pelvi percorrendo un percorso separato.

Gli articoli ormai datati di Beaton (Beaton 1938) e di Beaton e Anson (Beaton & Anson 1937) indagarono a fondo la relazione esistente tra il nervo sciatico e il muscolo piriforme, così come la loro influenza nella provocazione di sintomi sia a livello del bacino che degli arti inferiori. Ne classificarono inoltre le possibili variazioni anatomiche nel seguente modo:

- Tipo 1: nervo indiviso sotto un indiviso muscolo
- Tipo 2: divisioni del nervo attraverso e al di sotto di un indiviso muscolo
- Tipo 3: divisioni sopra e sotto un indiviso muscolo
- Tipo 4: nervo indiviso passante in un muscolo diviso in due capi
- Tipo 5: divisioni del nervo attraverso e al di sopra dei due capi del muscolo
- Tipo 6: nervo indiviso passante al di sopra di un indiviso muscolo

NERVO TIBIALE

E' la porzione terminale del nervo sciatico ed è formato dalla branca anteriore dei rami ventrali di L4, L5, S1, S2 ed S3. Segue il decorso del nervo sciatico attraverso la fossa poplitea, dapprima lateralmente ai vasi poplitei per poi incrociarli superficialmente verso il lato mediale per entrare nella gamba sotto l'arco tendineo del soleo. Il nervo discende obliquamente in basso e in dentro tra il flessore lungo delle dita e il flessore lungo dell'alluce, per passare dietro al malleolo mediale sotto il retinacolo dei tendini flessori. Quando entra nella pianta del piede il nervo tibiale si divide in *plantare mediale* e *plantare laterale*.

Nella fossa poplitea, il nervo tibiale dà origine a rami muscolari per i due capi del gastrocnemio, del plantare, del popliteo e del tibiale posteriore. Il gastrocnemio è innervato a partire dalla sua faccia profonda mentre il soleo e il plantare sono innervati dalla faccia superficiale. Il nervo per il popliteo scende sulla faccia esterna del muscolo, gira intorno al suo bordo inferiore per entrare dalla faccia

profonda. Rami articolari vanno alla caviglia, al ginocchio, all'articolazione tibio-peroneale e rami cutanei formano il *nervo surale*. Il nervo surale scende tra i due capi del gastrocnemio e ne perfora la faccia profonda a metà del polpaccio. E' raggiunto dal nervo peroneo comunicante, passa dietro il malleolo laterale e lungo il bordo laterale del piede. Il nervo surale è sensitivo per la cute posteriore e laterale del terzo inferiore della gamba e laterale del piede e del quinto dito, tranne sopra la falange distale.

Nella gamba, il nervo tibiale dà rami muscolari alla faccia profonda del soleo, del flessore lungo delle dita, del flessore lungo dell'alluce e del tibiale posteriore. Inoltre, dà origine a rami articolari per la caviglia e a una branca cutanea per il tallone e per la parte posteriore del piede.

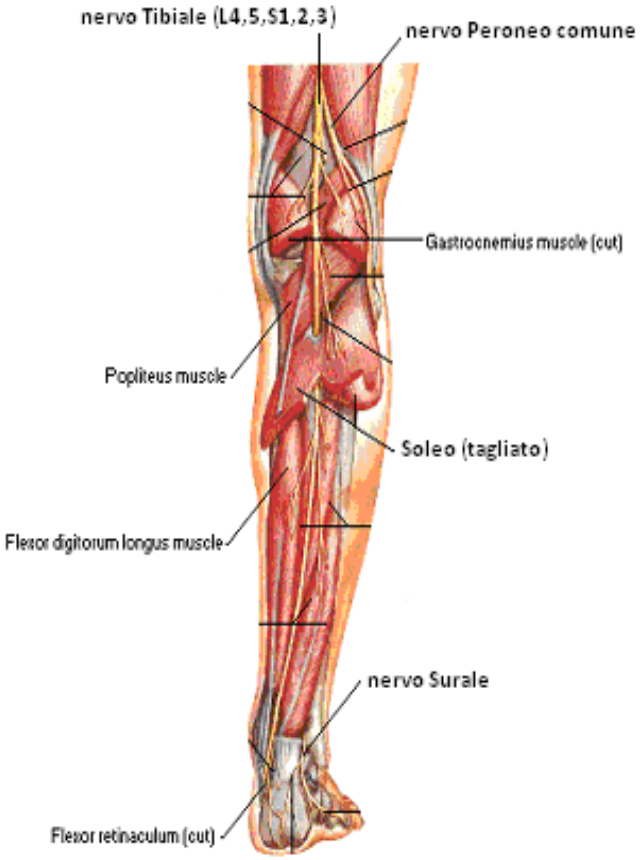

Figura 9: Decorso nervo tibiale e parte del nervo peroneo comune. Immagine tratta da (Netter 2006)

NERVO SURALE

Il nervo cutaneo mediale surale, il nervo peroneo comunicante, e talvolta il nervo cutaneo laterale surale sono conosciuti come i maggiori contribuenti alla formazione del *nervo surale*. Il nervo cutaneo mediale surale parte dal ramo tibiale del nervo sciatico alla linea mediana della fossa poplitea. Discende tra i due capi della gastrocnemio e attraversa la fascia profonda prossimalmente alla gamba. Il nervo peroneo comunicante nasce dal nervo peroneo comune vicino alla testa del perone e attraversa il capo laterale del gastrocnemio fino ad unirsi al nervo cutaneo mediale surale per formare il nervo surale.

Il nervo surale è un puro nervo sensitivo ad eccezione di alcune fibre amieliniche autonomiche. Fornisce la sensibilità dell'aspetto postero-laterale della gamba, del malleolo laterale e della parte laterale del piede.

Classicamente, il nervo surale è formato dall'unione tra il nervo cutaneo mediale surale e il nervo peroneo comunicante, oppure solamente da uno dei due nervi citati. A volte, il nervo cutaneo laterale surale diventa nervo peroneo comunicante, per poi unirsi al nervo cutaneo mediale surale. Il nervo

surale corre leggermente obliquo verso il basso, attraversa il bordo laterale del complesso tendine-calcagno, passa dietro e al di sotto del malleolo laterale, approccia i tendini dei muscoli peroneali attraversando, infine, l'aspetto dorso-laterale del piede (Kim 2006).

La proporzione di soggetti in cui il nervo surale è formato dall'unione tra il nervo cutaneo mediale surale e il nervo peroneo comunicante varia dal 60% al 93% . Il sito di unione tra i due nervi è localizzato nella maggior parte della popolazione nel terzo distale della gamba e la lunghezza media del nervo surale, dopo l'anastomosi tra il nervo cutaneo mediale surale e il nervo peroneo comunicante (o nervo cutaneo laterale surale), è stata misurata essere di circa 16 cm dalla sede punto di unione al malleolo laterale ((Kim 2006).

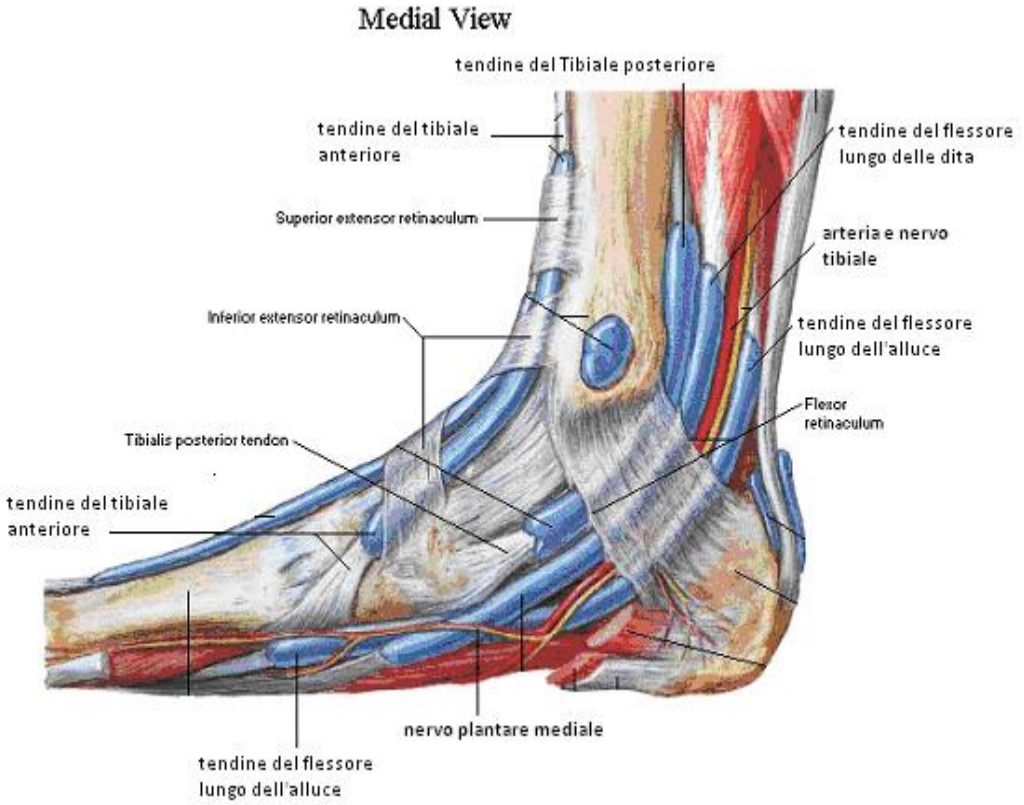

Figura 10: Particolare del passaggio del nervo tibiale dietro al malleolo mediale; si notano in ordine antero-posteriore i tendini del tibiale posteriore, flessore lungo delle dita, arteria e nervo tibiale, tendine del flessore lungo dell'alluce. Immagine tratta da (Netter 2006)

NERVO PLANTARE MEDIALE

Si dirige in avanti profondamente all'adduttore dell'alluce, accompagnato medialmente dall'arteria plantare mediale, fino all'intervallo tra il muscolo e il flessore breve delle dita. Innerva l'adduttore dell'alluce, il flessore breve delle dita e il primo lombricale. Alla base dei metatarsi il nervo attraversa

il piede generando rami cutanei per il versante mediale della pianta e dell'alluce, nonché per i lati adiacenti di quest'ultimo, del secondo , del terzo e del quarto dito, oltre alla superficie dorsale della falange distale e del letto ungueale. I rami articolari vanno alle articolazioni del tarso e del metatarso.

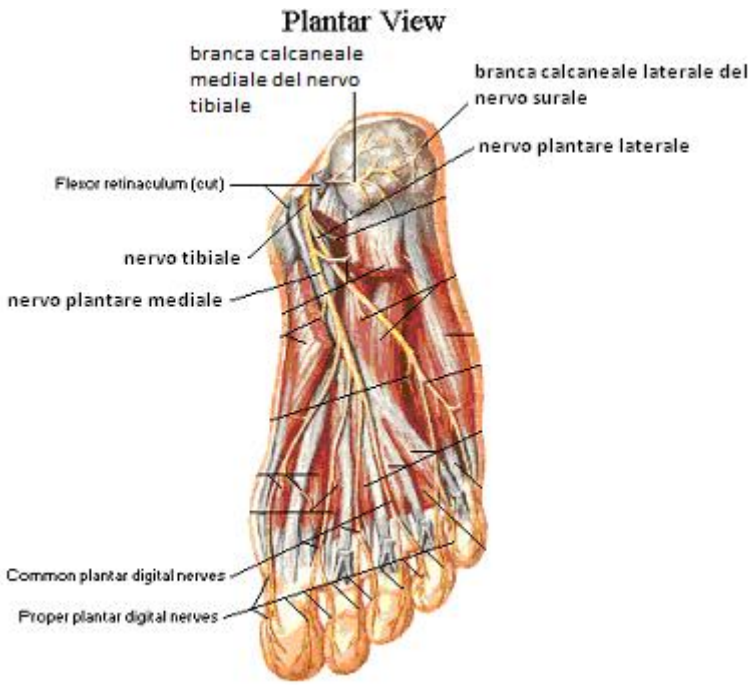

Figura 11: Nervo plantare mediale e laterale. Immagine tratta da (Netter 2006).

NERVO PLANTARE LATERALE

Va in avanti e lateralmente verso la base del quinto metatarso, tra il flessore breve delle dita e il quadrato della pianta. Si divide poi i due rami, *superficiale* e *profondo*. Il ramo superficiale si porta avanti tra il flessore breve delle dita e l'abduttore del quinto dito, mentre il ramo profondo passa medialmente all'arco plantare sulla faccia plantare delle basi metatarsali. Il nervo plantare laterale dà origine a rami muscolari per il quadrato della pianta, il flessore del quinto dito, l'adduttore del quinto dito, l'adduttore dell'alluce, i tre lombricali laterali e tutti i muscoli interossei. Fornisce inoltre rami cutanei per il versante laterale della pianta e del quinto dito, inclusi la pianta e il dorso della falange distale. Rami articolari vanno alle articolazioni tarso-metatarsali.

E' opportuno ricordare la somiglianza della distribuzione del nervo plantare laterale nel piede con quella del nervo ulnare nella mano e quella del nervo plantare mediale nel piede con quella del nervo mediano nella mano.

NERVO PERONEO COMUNE

E' il ramo terminale laterale del nervo sciatico ed è composto dalle divisioni posteriori di L4, L5, S1, S2. Passa lungo il lato superiore della fossa poplitea, profondamente al bicipite femorale e al suo tendine fino a raggiungere la parte posteriore della testa del perone. Procede poi verso il collo del perone nel ventre del peroneo lungo, dove termina dividendosi in *nervo peroneo profondo* e *nervo peroneo superficiale*. Il nervo può essere palpato dietro la testa del perone e quando gira intorno al collo. Il nervo peroneo comune fornisce rami al ginocchio e all'articolazione tibio-peroneale prossimale. Il nervo cutaneo laterale del polpaccio innerva i lati posteriore e laterale dei due terzi prossimali della gamba. Di solito nasce insieme al nervo peroneo comune che raggiunge il nervo surale al terzo medio della gamba.

- *Nervo peroneo superficiale*: scende verticalmente tra l'estensore lungo delle dita e il peroneo lungo davanti al perone. A circa metà gamba diventa superficiale perforando la fascia profonda e portandosi anteriormente, dividendosi quindi nei suoi rami terminali, i *nervi cutanei dorsali intermedio* e *mediale*, che passano sopra la parte antero-laterale della caviglia per entrare nel piede. Il nervo peroneo superficiale fornisce rami al peroneo lungo e breve, e rami cutanei alla parte antero-laterale della gamba e del malleolo laterale. La branca cutanea dorsale mediale innerva il lato mediale del dorso del piede, l'alluce e i lati adiacenti secondo e terzo dito. La branca intermedia superiore innerva il dorso del piede e le zone adiacenti del terzo, quarto e quinto dito. La cute sopra la falange distale è innervata anche da rami provenienti dai nervi plantari.

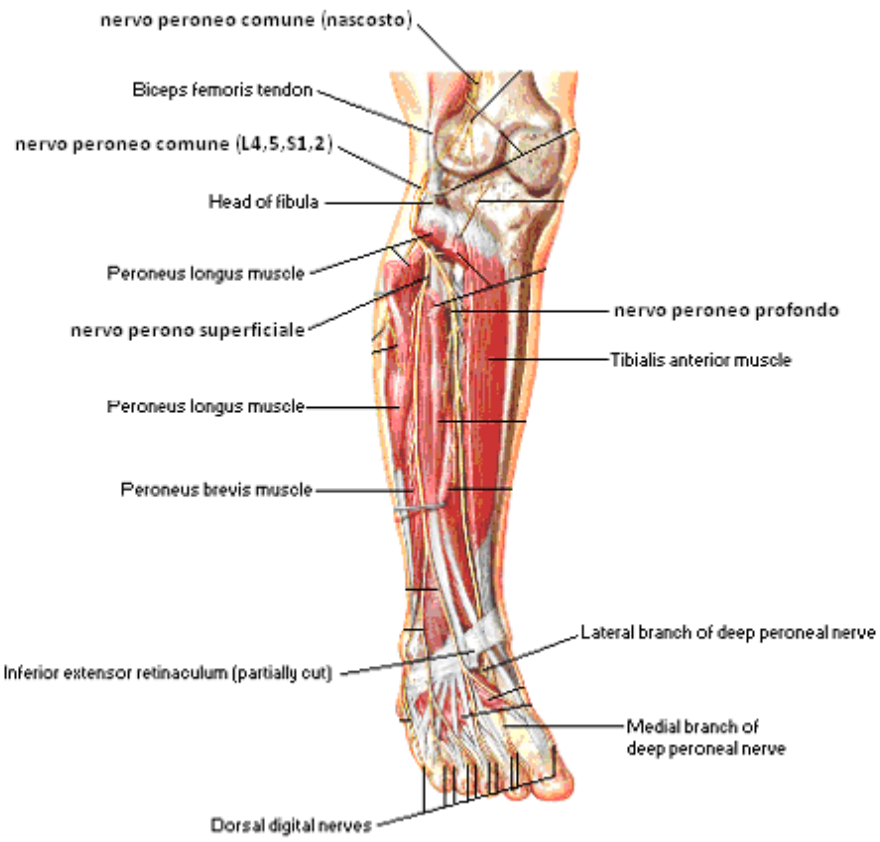

Figura 12: Decorso del nervo peroneo comune con le divisioni in nervo peroneo superficiale e profondo. Immagine tratta da (Netter 2006)

- *Nervo peroneo profondo*: passa in basso e medialmente nel compartimento anteriore della gamba, profondamente all'estensore lungo delle dita, per raggiungere i vasi tibiali anteriori sulla faccia anteriore della membrana interossea. Scende sulla membrana interossea profondamente all'estensore lungo dell'alluce e al retinacolo superiore dei tendini estensori. A livello della caviglia, il nervo si trova profondamente al retinacolo inferiore e al tendine dell'estensore dell'alluce, che lo incrocia. Quando entra nel dorso del piede, il nervo si trova superficialmente tra i tendini degli estensori dell'alluce e delle dita e si divide in due rami, *laterale* e *mediale*. Il ramo mediale passa nello spazio tra l'alluce e l'indice e innerva la cute dei lati adiacenti fino all'articolazione interfalangea distale. Il ramo laterale innerva l'estensore breve delle dita e molte articolazioni del piede, soprattutto quelle laterali. Nella gamba il nervo fornisce rami muscolari all'estensore lungo delle dita, al tibiale anteriore, all'estensore lungo dell'alluce e al peroneo terzo; oltre a ciò manda rami articolari all'articolazione tibio-peroneale distale della caviglia.

RIASSUNTO DELLA SEZIONE	
Nervi del plesso lombosacrale	
Nervo gluteo superiore	
Da	plesso lombosacrale
Radici	L4, L5, S1
Muscoli innervati	medio e piccolo gluteo, tensore della fascia lata
Nervo gluteo inferiore	
Da	plesso lombosacrale
Radici	L5, S1, S2
Muscoli innervati	grande gluteo
Nervo sciatico	
Da	plesso lombosacrale
Radici	L4, L5, S1, S2, S3
Muscoli innervati	semitendinoso, semimembranoso, bicipite femorale, componente ischiocrurale del grande adduttore
Nervo tibiale	
Da	ramo terminale del nervo sciatico
Radici	L4, L5, S1, S2, S3
Muscoli innervati	gastrocnemio, soleo, plantare, popliteo, tibiale posteriore, flessore lungo delle dita, flessore lungo dell'alluce
Branche cutanee	nervo surale, ramo peroneo comune
Nervo plantare mediale	
Da	ramo terminale del nervo tibiale
Muscoli innervati	adduttore dell'alluce, flessore breve delle dita, primo lombricale, flessore breve dell'alluce
Nervo plantare laterale	
Da	ramo terminale del nervo tibiale
Muscoli innervati	quadrato della pianta, flessore breve del quinto dito, abduttore del quinto dito, adduttore dell'alluce, tre lombricali laterali, interossei plantari e laterali

Nervo peroneo comune	
Da	ramo terminale del nervo sciatico
Radici	L4, L5, S1, S2
Rami cutanei	nervo cutaneo laterale del polpaccio, ramo peroneo comune
Nervo peroneo superficiale	
Da	ramo terminale del nervo peroneo comune
Muscoli innervati	peroneo lungo e breve
Nervo peroneo profondo	
Da	ramo terminale del nervo peroneo comune
Muscoli innervati	estensore lungo delle dita, tibiale anteriore, estensore lungo dell'alluce, peroneo terzo, estensore breve delle dita

2 MATERIALI E METODI

Gli articoli sono stati identificati da una ricerca in MEDLINE, EMBASE e PEDRO, ricercando lavori riportati in letteratura dal 2002 ad oggi.

Nella stringa di ricerca non sono stati utilizzati MeSH headings (in quanto non specifici per la neurodinamica) ma direttamente parole in libera:

- "***Straight Leg Raise***", ottenendo un totale di 112 articoli. Da questa prima ricerca sono stati esclusi tutti gli articoli riguardanti l'Active Straight Leg Raise test (in quanto test funzionale e non neurodinamico) e tutti gli articoli non riguardanti l'SLR test, ottenendo quindi 5 articoli. I restanti articoli concernenti l'SLR test sono stati identificati dalle bibliografie degli articoli precedentemente trovati e da quelli citati dal testo di Shacklock (Shacklock 2005) "Clinical Neurodynamics: a new system om musculoskeletal treatment".
- "***Slump test***", da questa seconda ricerca sono stati identificati 56 articoli dai quali, esclusi quelli non pertinenti con il test, ne sono stati ricavati 9. Di quest'ultimi, in particolare, 2 trattavano anche dell'SLR e uno si riferiva esclusivamente al Femoral Slump Test.
- Con il termine "***Femoral Slump Test***" è stato recuperato un unico articolo, già reperito peraltro con la precedente stringa di ricerca (*Slump test*).

Per i restanti test neurodinamici relativi agli arti inferiori non è presente in letteratura alcun articolo specifico a riguardo, per cui sono stati utilizzati direttamente libri di testo quali "Clinical Neurodynamics: a new system om musculoskeletal treatment" di Shacklock (ed. 2005), "The Neurodynamic Techniques" del NOI group, e gli appunti del Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici (VIII edizione) e del corso sulla neurodinamica (arti inferiori) "Neurodynamic Solutions (NDS)" a cui fa capo sempre Michael Shacklock.

Lo scopo di questa revisione della letteratura è quello di raccogliere dati relativi all'utilizzo di tecniche di valutazione neurodinamica delle principali strutture nervose dell'arto inferiore per verificarne l'affidabilità inter-operatore nonché la loro riproducibilità e interazione all'interno dei canoni classici dell'esame neurologico.

3 CONCETTI DI NEURODINAMICA

3.1 Introduzione

La neurodinamica è l'applicazione clinica della meccanica e della fisiologia del sistema nervoso, elementi integrati tra loro e con il sistema muscolo scheletrico (Shacklock 1995).

Il corpo umano viene identificato come un sistema a tre parti in relazione al sistema nervoso:

Interfaccia meccanica

Il corpo è il contenitore del sistema nervoso nel quale il sistema muscolo-scheletrico rappresenta l'interfaccia meccanica relativamente al sistema nervoso (Shacklock 1995).

L'interfaccia meccanica può essere anche chiamata come letto del nervo, identificando con esso tutto ciò che risiede accanto al sistema nervoso, quali tendini, muscoli, ossa, dischi intervertebrali, legamenti, fascia e vasi sanguigni. Con le posture ed i movimenti eseguiti nel quotidiano, il sistema nervoso si allunga e si accorcia, si piega, curva e si attorciglia su se stesso, con conseguente modifica simultanea delle strutture neurali. Una buona conoscenza delle interazioni tra sistema nervoso e sistema muscolo-scheletrico è una parte fondamentale della pratica clinica, affinché la valutazione ed il trattamento possano essere diretti in modo specifico verso di essi.

Strutture neurali

Le strutture neurali sono semplicemente quelle che costituiscono il sistema nervoso. Sono inclusi il cervello, nervi cranici e midollo spinale, piccole radici nervose, radici nervose e nervi periferici (tra cui i tronchi del simpatico) e tutti i loro relativi tessuti connettivi, rappresentati nel SNC dalle meningi (Pia mater, Aracnoide e Dura mater) e nel SNP dall'endonevrio, mesonevrio, epinevrio e perinevrio. Anche il tessuto connettivo del sistema nervoso produce una forma di meccanismo nocicettivo: questo è dovuto al fatto che anch'essi sono tessuti innervati e quindi provvisti di nocicettori.

Le funzioni che si possono distinguere nelle strutture neurali sono di due tipi: meccanico e fisiologico. Le funzioni meccaniche del sistema nervoso sono la tensione, il movimento e la compressione; quelle fisiologiche includono il flusso sanguigno intraneurale, la conduzione dell'impulso, il trasporto assonale, l'infiammazione e la meccanosensibilità.

Tessuti innervati

I tessuti innervati sono tutti quelli che prendono contatto con le terminazioni nervose. Un test del tessuto innervato (ad esempio un test di forza o un test resistito) può essere un importante aspetto del test neurodinamico, sia se eseguito indipendentemente che con la contemporanea esecuzione del test neurodinamico stesso.

Una lesione del tessuto innervato, ad esempio a causa di una sua iperattività, potrebbe in alcuni casi produrre uno stiramento eccessivo di un nervo periferico o della radice nervosa; inoltre, in termini di fisiologia, il sistema nervoso interagisce in entrambe le direzioni, afferenti ed efferenti, con i tessuti innervati, producendo azioni clinicamente importanti. L'infiammazione, sia nelle strutture neurali che in quelle muscolo-scheletriche, è regolata dal sistema nervoso; cambiamenti nella fisiologia del sistema nervoso periferico, come in caso di neuropatia o disordine della radice nervosa, possono portare a cambiamenti nella risposta infiammatoria del tessuto muscolo-scheletrico innervato, aumentandone o diminuendone il flusso di sostanze chimiche infiammatorie (sostanza P e CGRP) (Shacklock 1995b). In clinica ciò è visibile valutando la risposta infiammatoria attraverso la stimolazione nocicettiva della cute sovrastante il tessuto innervato in questione. Una differenza nella quantità di vasodilatazione indotta rispetto al corrispondente controlaterale può farci sospettare un problema neuropatico: in particolare una ridotta vasodilatazione correla con una denervazione mentre, al contrario, un rossore aumentato (aumentata vasodilatazione) potrebbe essere connesso con un tratto neurale ipersensibilizzato (Lynn 1992).

I tessuti innervati forniscono inoltre al terapista la possibilità di agire direttamente sui nervi. Per esempio, un meccanismo con cui si possono usare i tessuti innervati per testare il nervo femorale e le radici nervose associate è dato dal movimento del muscolo quadricipite: uno stretching del muscolo applica tensione al nervo, conducendo così a tecniche di valutazione e trattamento. Un altro esempio è lo stress test del nervo mediano quando si applica tensione al nervo con l'estensione del dito medio (Laban 1989).

Una problematica della struttura neurale può causare una disfunzione a livello del tessuto innervato; a volte però, il trattamento dello stesso può portare benefici e risolverne la causa neurale. Per esempio, un disturbo di una radice nervosa può produrre *trigger point* nei muscoli innervati; risulta quindi in questo caso essenziale includere nel trattamento anche una terapia sul muscolo, per poter far fronte a un problema iniziato come disordine di una radice nervosa, per finire poi come problema multifattoriale.

3.2 Adattamenti nervosi

Il sistema nervoso possiede una naturale capacità di adattarsi e resistere a forze meccaniche che si generano dai movimenti quotidiani. Questa capacità è essenziale nella prevenzione di danni e malfunzionamenti.

Affinché il sistema nervoso si possa muovere normalmente deve essere in grado di sopportare tensione, scorrere (scivolare) nel suo contenitore ed essere comprimibile, in quanto tutti gli eventi meccanici imposti dalle attività della vita quotidiana al sistema nervoso, centrale e periferico, sono di fatto combinazioni di tensione, scorrimento e compressione. E' possibile, in alcuni casi, verificare che una particolare componente domina il problema clinico.

a. TENSIONE

Il primo degli eventi meccanici primari a cui il sistema nervoso è sottoposto è la generazione di tensione poiché i nervi, essendo collegati a ciascuna estremità del loro contenitore (letto del nervo), vengono posti in tensione (allungamento) ad ogni allungamento del contenitore. Le articolazioni sono i punti chiave dove il nervo viene elongato. La prima struttura che protegge il nervo da una tensione eccessiva è il *perinevrio*. Questo è composto da tessuto connettivo denso, possiede una notevole resistenza alla trazione longitudinale ed ha elevata elasticità; permette inoltre ai nervi periferici di sopportare un carico del 18-22% circa prima del rottura e quindi lesione (Sunderland 1961, 1991).

b. SCORRIMENTO (SLIDING)

Il secondo evento meccanico primario che si verifica nel sistema nervoso è il movimento delle strutture neurali rispetto ai tessuti adiacenti (McLellan 1976). Questo è anche chiamato escursione o sliding (scivolamento), e si verifica sia longitudinalmente che trasversalmente. Lo scivolamento è un elemento essenziale della funzione neurale perché serve a dissipare tensione nel sistema nervoso. Lo scivolamento del nervo avviene secondo un gradiente di pressione: scorre spostandosi verso il punto di massima tensione per produrre una equalizzazione della stessa lungo tutto il tratto neurale.

Sliding longitudinale

Lo scorrimento di nervi secondo il gradiente di tensione permette di portarne il tessuto verso la zona sottoposta ad allungamento. In questo modo la tensione è distribuita lungo tutto il sistema nervoso in modo uniforme, evitando così di averne in quantità elevata solamente in una particolare porzione di nervo.

Un esempio dell'effetto protettivo dello sliding neurale lo si riscontra nel fatto che il flusso sanguigno nei nervi periferici risulti bloccato già all' 8-15% di allungamento (Lundborg 1996), ma il letto del nervo contenente il nervo mediano si allunga del 20% da una posizione di completa flessione di gomito

verso la piena estensione (Millesi 1995). Se lo scorrimento del nervo dalla sua componente prossimale e distale verso il luogo in cui la tensione viene applicata (il gomito) non si dovesse verificare, risulterebbero danni da ischemia neurale. Tuttavia il nervo mediano continua a funzionare normalmente anche se teniamo il nostro gomito dritto per un periodo prolungato: questo perché la deformazione del nervo è probabilmente solo del 4 - 6% (Millesi 1995) ed è dovuto allo sliding del nervo dal polso e dalla spalla verso il gomito (CONVERGENZA). Un altro esempio di effetto protettivo dello scorrimento longitudinale è rappresentato dallo *Straight Leg Raise* (SLR), in cui il letto del nervo sciatico/tibiale si allunga fino a 124 millimetri (Beith 1995). Calcolato in una persona alta 1,75 m, questo ammonterebbe a circa il 14% di allungamento del letto del nervo. Ciò nonostante non viene prodotta lesione con l'SLR, il che significa che il nervo è protetto da un eccessivo allungamento da un meccanismo intrinseco, a scorrimento. Al contrario, i nervi hanno più probabilità di incorrere in un malfunzionamento se vengono eseguiti ulteriori movimenti, che, impedendo lo scorrimento, creano un simultaneo aumento della tensione neurale da entrambe le estremità.

Sliding trasversale

Anche lo sliding trasversale è fondamentale in quanto aiuta a dissipare la tensione e la pressione esercitata sui nervi. Questo meccanismo avviene attraverso due modalità: la prima è quella di consentire ai nervi, una volta che la tensione viene applicata, di prendere il decorso più breve tra due punti. Ciò è particolarmente importante nei siti dove il movimento trasversale è una parte fondamentale della biomeccanica nervosa locale, ad esempio il nervo peroneo superficiale sopra la caviglia. La seconda si verifica quando i nervi vengono sottoposti ad una pressione laterale esercitata dalle strutture vicine, come tendini e muscoli. La pressione laterale indotta dal movimento dei tendini flessori, ad esempio, fa sì che il nervo mediano al polso scivoli trasversalmente dalla sua posizione di riposo (Greening 1999).

c. COMPRESSIONE

La compressione è la terza funzione meccanica primaria del sistema nervoso. Le strutture neurali si possono distorcere in diversi modi, tra cui il cambiamento di forma, in base alla pressione esercitata su di esse. In questi casi ossa e tendini, in combinazione con muscoli e fascia, sono gli elementi che vanno a premere maggiormente sul nervo. L'equivalente spinale di queste manovre è rappresentato dall'estensione e flessione laterale ipsilaterale, le quali chiudono il canale spinale e i forami intervertebrali attorno alle radici nervose.

In questo modo, l'interfaccia meccanica trasmette forze verso il sistema nervoso, che risponde quindi a questo stress modificando le proprie dimensioni e posizione.

Ancora una volta il sistema nervoso si muove in modo efficace secondo un gradiente di pressione. I movimenti dell'interfaccia meccanica assumono un particolare valore clinico: spesso è necessario regolare la posizione dell'interfaccia in modo da modificare la quantità di pressione esercitata sulle strutture neurali, sia nel fare diagnosi che nell'impostare e praticare un trattamento specifico rispetto al problema esistente.

La pressione applicata sul sistema nervoso può essere aumentata o diminuita eseguendo rispettivamente un movimento in chiusura o in apertura.

Una compressione eccessiva potrebbe causare danni alle strutture neurali e ciò viene evitato, per quanto possibile, dall'*epinevrio*, che rappresenta l'imbottitura del nervo ed è quello che protegge gli assoni da una simile sollecitazione lesiva. Si compone di tessuto connettivo più fine e meno denso di quello perinevriale, caratteristica che dà al nervo qualità spugnose e permette allo stesso un ritorno elastico una volta che la pressione viene rimossa (Sunderland 1991).

3.3 Rapporto tra movimento articolare e movimento neurale

3.3.1 MOVIMENTI DELLE STRUTTURE NEURALI – **convergenza**

Il movimento articolare è la prima maniera attraverso cui forze inducenti movimento vengono applicate al sistema nervoso. Nella parte convessa delle articolazioni si verifica un aumento della lunghezza del letto del nervo, al contrario essa si riduce sul lato concavo. Gli eventi neurali dipendenti dal movimento articolare sono quindi influenzati dalla posizione del nervo rispetto all'asse articolare. Se il nervo si trova sul lato convesso, sarà sottoposto a forze in allungamento, mentre se il nervo è situato sul lato concavo sarà sottoposto a forze in accorciamento.

Anche se il "contenitore" nervoso (letto del nervo) si allunga sul lato convesso dell'articolazione, i nervi non assecondano interamente questo movimento. Questo perché parte di tessuto neurale viene "prestato" da ciascuna estremità del tratto di nervo verso il punto in cui avviene il movimento dell'interfaccia.

Questo è quello che prima è stato menzionato essere lo scivolamento longitudinale secondo il gradiente di tensione, e cioè uno scivolamento relativo del nervo verso l'articolazione in movimento. Lo sliding nervoso avviene in direzione dell'articolazione dove il nervo viene posto in allungamento: questo fenomeno è chiamato "*convergenza*", ed è dato dalla capacità del nervo di prestare tessuto e scivolare (slide) da entrambe le estremità in direzione dell'articolazione dove il nervo è sottoposto a tensione.

Il fenomeno della convergenza si verifica negli arti e nella colonna vertebrale nei segmenti spinali più mobili (C5-C6, C4-C5) durante movimenti nel piano sagittale. La convergenza sembra essere un evento neurodinamico universale e si verifica sul lato convesso dell'articolazione in movimento: si può dire che il nervo scivola verso l'articolazione dove il letto del nervo viene elongato. Se più articolazioni vengono mobilizzate, la convergenza sarà più evidente a livello di quella che viene mobilizzata maggiormente.

In generale, il movimento di una sola articolazione non evoca molta tensione nelle strutture neurali, appunto perchè i nervi sono in grado di scivolare verso l'articolazione dalle loro terminazioni prossimali e distali, mantenendo bassa la tensione. Tuttavia, un allungamento del nervo in diversi punti lungo il suo decorso, come quanto avviene muovendo articolazioni contigue, riduce la quantità di scorrimento del nervo (o capacità di "prestare" tessuto nervoso) verso una particolare articolazione. Per questo motivo, movimenti di più articolazioni in serie, producono maggiore allungamento dei tessuti neurali di quanto avviene, invece, quando una sola articolazione viene mobilizzata.

3.3.2 MOVIMENTO DELL'INTERFACCIA MECCANICA - **apertura e chiusura intorno al sistema nervoso**

Nel diagramma rappresentato (Fig. 13) ogni movimento viene considerato relativamente al sistema nervoso. Un asse centrale passante attraverso lo schema illustra la posizione neutra, in quanto divide l'apertura e la chiusura ai lati. Il movimento di *chiusura* riduce la distanza tra i tessuti neurali, aumentando la pressione esercitata sugli stessi. L'*apertura* avviene nella direzione opposta e induce una riduzione della pressione applicata sugli elementi neurali.

Nella pratica cinica si possono trovare molto frequentemente in caso di sindrome radicolare disfunzioni di apertura o chiusura ridotta.

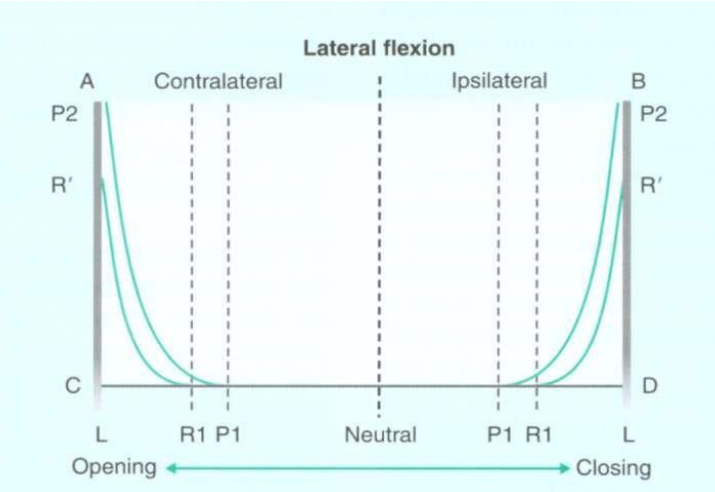

Figura 13: Diagramma apertura-chiusura.
P1: barriera del dolore; **R1**: barriera della resistenza incontrata.
Immagine tratta da (Shacklock 2005)

Meccanismo di CHIUSURA

definizione: i meccanismi di chiusura sono quelli che determinano un aumento di pressione sulle strutture neurali, riducendo lo spazio intorno ad esso (Phalen 1970).

Un esempio spinale è l'esecuzione di un'estensione/flessione laterale che esercita pressione sulle radici nervose ipsilaterali nei loro forami intervertebrali. Manovre di chiusura come questa sono particolarmente utili nella diagnosi di disfunzione di interfaccia nelle problematiche neurali.

In aggiunta alle strutture articolari e ai tunnel osteofibrotici, anche i muscoli possono determinare un aumento di pressione sul sistema nervoso. La compressione del nervo da parte dei muscoli durante la

loro contrazione o durante un loro allungamento (stretching) è un fenomeno normale; una contrazione muscolare eccessiva potrebbe tuttavia essere la causa di una neuropatia.

Questo può non causare cambiamenti nella conduzione nervosa, soprattutto se la compressione non è grave ed è solo intermittente, ma può risultare molto dolorosa.

In tema di valutazione funzionale, è possibile tramite specifici test clinici verificare se una disfunzione d'interfaccia sia dovuta principalmente ad una componente contrattile o di allungamento (stretch).

Questo si ottiene combinando un test neurodinamico rilevante per il nervo specifico con la contrazione attiva o l'allungamento passivo muscolo d'interfaccia, verificandone la modificazione della sintomatologia evocata.

Meccanismi di APERTURA

definizione: i meccanismi di apertura sono quelli che inducono una riduzione della pressione esercitata sulle strutture neurali grazie ad un aumento dello spazio attorno ad esse.

Ad esempio, rilasciando il muscolo piriforme si va a ridurre la pressione esercitata sul nervo sciatico. Nella colonna vertebrale, un movimento in flessione e/o inclinazione e/o rotazione sarebbe in grado di aprire il forame e quindi ridurre la pressione esercitata sulle radici del nervo controlaterale. Questi movimenti sono ampiamente utilizzati nel trattamento delle disfunzioni d'interfaccia meccanica per vari tipi di radicolopatia.

3.4 Manovre di sensibilizzazione e differenziazione strutturale

Il sistema nervoso è un continuum, viene visto cioè come un'unica struttura continua e questo fa si che qualsiasi forza venga applicata ad una porzione di tessuto nervoso sia dissipata e trasmessa lungo tutto il sistema stesso, con un fenomeno tanto più evidente quanto maggiore è la forza/tensione applicata al tessuto neurale.

Grazie alla sua natura continua, il sistema nervoso fornisce la capacità di una differenziazione strutturale, aspetto molto importante sia nella diagnosi che nel trattamento.

La differenziazione strutturale viene effettuata in tutti i test neurodinamici al fine di ottenere informazioni circa il coinvolgimento o meno del sistema nervoso nel meccanismo scatenante la sintomatologia e viene ottenuta muovendo le strutture neurali nella sede in questione senza muovere i tessuti muscoloscheletrici dell'area stessa: qualsiasi cambiamento dei sintomi del paziente con la manovra differenziante sta ad indicare un probabile meccanismo neurale nella genesi del problema.

Si pone però la questione se le manovre di differenziazione strutturale muovano selettivamente le strutture neurali, in quanto fascia e tendini passano lungo il loro decorso in modo similare ai nervi. La completa validità della differenziazione strutturale non è stata, infatti, ancora provata.

Le **manovre di sensibilizzazione** sono movimenti che incrementano la forza sulle strutture neurali in aggiunta a quelli utilizzati nel test.

Le manovre sensibilizzanti possono essere utili per caricare o spostare il sistema nervoso nella sensibilizzazione dei test neurodinamici. Tuttavia, dal momento che vanno a muovere anche le strutture muscolo-scheletriche, non sono così efficaci come i movimenti di differenziazione per determinare l'esistenza di un problema neurodinamico (Sunderland 1991, Shaddock 1995).

Questo è il motivo per cui sono chiamati movimenti sensibilizzanti piuttosto che movimenti di differenziazione.

I movimenti di sensibilizzazione per il quadrante inferiore sono costituiti dalla flessione laterale controlaterale della colonna vertebrale, rotazione interna e adduzione d'anca.

Le **manovre di differenziazione strutturale** enfatizzano il sistema nervoso producendo movimento nelle strutture neurali dell'area in questione senza muovere le strutture muscolo-scheletriche dell'area stessa; vengono quindi utilizzate per stabilire se un meccanismo neurodinamico è implicato nella produzione dei sintomi.

Se si verifica un cambiamento dei sintomi contemporaneamente con i movimenti di differenziazione potrebbe essere giustificata l'esistenza di una disfunzione neurodinamica.

Un test neurodinamico viene considerato positivo se evoca sintomi neurogeni; ad ogni modo la positività del test non significa necessariamente che il problema sia a carico del sistema nervoso. Un punto fondamentale nella valutazione delle risposte ai test neurodinamici rimane così la distinzione positività Vs negatività solo dopo l'esecuzione di una manovra di differenziazione.

Se la risposta è negativa, cioè se i sintomi rimangono costanti durante la differenziazione strutturale, è probabile che vi sia un problema a carico dei tessuti muscoloscheletrici (o altri tessuti molli). Se la risposta alla differenziazione strutturale è positiva, è probabile che la disfunzione sia a carico del sistema nervoso.

Differenziazione strutturale negativa - risposta muscoloscheletrica

La differenziazione strutturale è negativa quando sintomi, range di movimento e/o resistenza al movimento rimangono costanti e stabili durante una manovra di differenziazione. Di conseguenza viene escluso il sistema nervoso come causa dei sintomi, e la risposta è considerata di origine muscoloscheletrica. Ad esempio possiamo avere in caso di LBP che la risposta all'SLR rimane costante con l'aggiunta della dorsiflessione di caviglia.

Differenziazione strutturale positiva - risposta neuro dinamica

La differenziazione strutturale è positiva e può definire il sistema nervoso come disfunzionale quando sintomi, range di movimento e/o resistenza al movimento cambiano (si modificano) con una manovra di differenziazione. Tale modificazione della risposta al test può risultare sia in un suo aumento che in una sua diminuzione.

3.5 La sequenza del test neurodinamico

La sequenza neurodinamica è l'esecuzione di un set particolare di movimenti di segmenti corporei nell'intento di produrre specifici eventi meccanici sul sistema nervoso, secondo quella particolare sequenza (o ordine).

E' bene tenere in considerazione alcune regole fondamentali durante l'esecuzione di un test neurodinamico:

- La sequenza dei movimenti influenza la distribuzione dei sintomi in risposta al test neurodinamico (Shacklock 1989, Zorn 1995).
- Vi è maggiore probabilità di produrre una risposta localizzata nella regione che viene mobilizzata per prima o in maniera più forte (Shacklock 1989, Zorn 1995).
- La maggiore tensione nervosa avviene a livello dell'articolazione che viene mossa per prima. La direzione dello scorrimento neurale è influenzata dall'ordine con cui le componenti del test vengono eseguite (Lew 1994).

Forza

Nello svolgimento di un test neurodinamico è il fisioterapista che controlla la quantità di forza con cui eseguire il movimento. L'uso di una forza eccessiva provoca sintomi inutili. E' preferibile utilizzare pertanto solo una minima forza al fine di ottenere le necessarie informazioni e trattare così in modo efficace. Decisamente più importanti, rispetto alla forza applicata, sono la specificità della tecnica e il processo di "clinical decision making".

Resistenza al movimento

La resistenza al movimento è diversa dalla forza. Entrambe sono importanti nei test neuro dinamici ma la forza si riferisce a ciò che il terapista imprime, mentre la percezione della resistenza è ciò che il terapista sente.

Frequentemente la resistenza percepita dal fisioterapista è data dalla contrazione muscolare (Hall 1995). Tuttavia, ciò che provoca la contrazione è ancora aperto al dibattito. Alcuni autori sostengono che la contrazione dei muscoli che proteggono la struttura neurale sia una risposta alla stimolazione meccanica della struttura stessa (Howe 1997) oppure, in alcuni casi, è possibile che i nervi stessi forniscano una parte della resistenza al movimento.

La resistenza al movimento è molto importante in quanto può indicare un processo protettivo che deve essere rispettato, anche se non sempre evitato. E' utile, oltre alla diagnosi, anche per il trattamento, in cui il terapista può decidere se andare o no verso la resistenza a seconda delle esigenze del paziente.

Velocità e durata del movimento test

La velocità di esecuzione del test neurodinamico è un'altra variabile da tenere in considerazione per i diversi effetti sul sistema nervoso.

I nervi hanno bisogno di tempo per adattarsi alle forze e, in stati acuti e sensibilizzati, tali esigenze saranno più marcate: in questo caso, una tecnica lenta nell'esecuzione, avrà meno probabilità di provocare sintomi.

In generale, le tecniche lente sono più sicure di quelle veloci, in quanto i nervi avranno l'opportunità di adattarsi alle forze applicate ed i pazienti avranno più tempo per proteggersi con la contrazione muscolare.

In aggiunta, con movimenti lenti si avranno meno probabilità di produrre impulsi da fibre nervose danneggiate rispetto a movimenti veloci (Howe 1997).

La durata del movimento è anch'essa un aspetto importante nella applicazione del test neurodinamico, a causa di un potenziale danno evocato dal mantenimento di una tensione prolungata. E' noto, infatti, che più una manovra che aumenta la tensione o compressione nervosa viene mantenuta, maggiore è la possibilità di produrre ischemia neurale e cambiamenti nella conduzione. Detto ciò, solitamente non è consigliabile sostenere un test neuro dinamico per più di pochi secondi. Tuttavia, in circostanze eccezionali, può essere indicato il mantenimento prolungato di un test: a volte, ad esempio, i muscoli dei pazienti proteggono i nervi in modo così efficace che può essere opportuno sostenere la prova per più tempo in modo da aumentare la lunghezza del muscolo e rendere così il test più efficace. Inoltre, alcuni pazienti non presentano sintomi se non realizzando il test in modo mantenuto; in questa situazione, l'esecuzione di una prova sostenuta potrebbe anche essere giustificata.

SLIDER E TENSIONER NEURODINAMICO

Lo **slider** è una manovra neurodinamica il cui scopo è quello di produrre un movimento di scivolamento (scorrimento, sliding) delle strutture neurali relativamente ai tessuti adiacenti.

In alcuni siti sono numerosi i tessuti adiacenti ai nervi, e le dinamiche di questi in relazione ai nervi possono variare notevolmente. Pertanto, può essere importante distinguere i particolari tessuti rispetto ai quali la struttura neurale deve scorrere.

Il valore dello slider neurale è quello di produrre un significativo movimento del nervo senza generare grande tensione o compressione. Di conseguenza sono generalmente più utili nella riduzione del dolore e nel miglioramento dell'escursione nervosa. Per eseguire uno slider del nervo deve venire applicata una forza longitudinale ad una estremità del tratto nervoso mentre viene rilasciata tensione all'altro

estremo. Nel tentativo di ridurre la tensione, i nervi, seguendone il gradiente, scivoleranno verso il punto di applicazione della stessa.

Il **tensioner** è un test neurodinamico che produce un incremento della tensione nelle strutture neurali. Si basa sulle proprietà viscoelastiche del sistema nervoso e non oltrepassa il limite elastico. In questo modo la tecnica non produce alcun danno e, se eseguita gentilmente, è in grado di migliorare le funzioni viscoelastiche e fisiologiche del tessuto nervoso.

La tensione viene applicata ai tessuti neurali aumentando la distanza tra le due estremità del nervo. Una caratteristica fondamentale del tensioner è che, oltre alle articolazioni, anche il tessuto innervato può essere utilizzato per applicare tensione al nervo.

Un esempio di tensioner è lo Slump test, in cui la flessione del collo, unita all'estensione di ginocchio e dorsiflessione tibiotarsica, va ad applicare tensione ad entrambe le estremità del tratto neurale.

Test per le diversi componenti – interfaccia, tessuto neurale e tessuto innervato

Gli aspetti chiave dei movimenti neurodinamici sono principalmente riprodurre i sintomi del paziente, oppure mostrare altre anomalie come un ridotto range di movimento raggiungibile o evidenziare una funzione muscolare alterata.

E' possibile, e talvolta consigliato, eseguire test neurodinamici per ciascuna delle diverse componenti del problema clinico. I test possono essere effettuati verso le strutture di interfaccia, quelle neurali o quelle innervate.

Interfaccia meccanica

Nel dirigere le prove neurodinamiche verso le interazioni tra il sistema muscolo-scheletrico ed il sistema nervoso, le decisioni sui movimenti da eseguire saranno derivate dalla meccanica dell'interfaccia in relazione alla funzione della adiacente struttura nervosa, sempre comunque in base alle esigenze del paziente. Per esempio, le manovre in chiusura vengono eseguite temporaneamente per applicare una pressione al sistema nervoso ad uno specifico sito, in modo da valutare come il sistema nervoso tollera la chiusura. Inoltre, un movimento in chiusura può essere utilizzato per verificare se questo movimento è coinvolto nella produzione dei sintomi. Essendo un componente di diagnosi meccanica, le manovre in chiusura sono quindi utili nel determinare se il problema è di tipo interfacciario.

In sostanza, si va a testare la capacità dell'interfaccia meccanica di eseguire la sua normale funzione di chiusura o apertura, valutando come il sistema nervoso risponde a questi eventi.

Struttura neurale

Nel dirigere il test verso le strutture neurali vengono impiegate due tipi di manovre. Non necessariamente in ordine di importanza, la prima è lo slider, in cui viene valutata (con una modalità utile anche ai fini del trattamento) la capacità dei nervi di effettuare e rispondere adeguatamente ai normali movimenti di scorrimento. La seconda è il tensioner, il cui obiettivo è valutare la capacità dei nervi di rispondere adeguatamente all'allungamento meccanico.

Tessuto innervato

Per testare il tessuto innervato possono venire effettuate prove meccaniche di un tendine o dei muscoli che si riferiscono alla struttura neurale, indipendentemente o insieme alla valutazione della struttura neurale stessa. Per esempio, se il muscolo del polpaccio è doloroso, può essere testato in contrazione o in allungamento mentre non vengono applicate sollecitazioni al sistema nervoso, cioè con l'arto inferiore posto in posizione anatomica. Nel caso del test combinato sistema nervoso-tessuti innervati, la contrazione o l'allungamento dei muscoli del polpaccio verrebbe eseguita con l'arto posto in posizione di test neurodinamico. In questo caso i muscoli del polpaccio verrebbero quindi testati, ad esempio, in posizione di SLR, al fine di rilevare eventuali anomalie nell'interazione tra i sistemi muscolo-scheletrico e neurale. Frequentemente, i test che combinano il tessuto neurale con il tessuto innervato sono più sensibili che la valutazione di ogni componente presa singolarmente.

4 NEURODINAMICA SPECIFICA

4.1 La colonna vertebrale

FLESSIONE ed ESTENSIONE

La flessione della colonna vertebrale determina un allungamento delle strutture neurali spinali in quanto il canale nel quale sono contenute si trova dietro l'asse di rotazione dei segmenti della colonna stessa. Questo li pone sul lato che si allunga durante la flessione e che si accorcia durante l'estensione. Il canale spinale si allunga di ben 9 centimetri durante la flessione di tutta la colonna vertebrale (regione lombare - 5 cm) (Louis 1981).

Poiché le strutture neurali sono attaccate alla loro terminazione caudale (coccige) e alla Dura Mater del cranio, con la flessione vengono tirate da entrambe le estremità (Fig. 14).

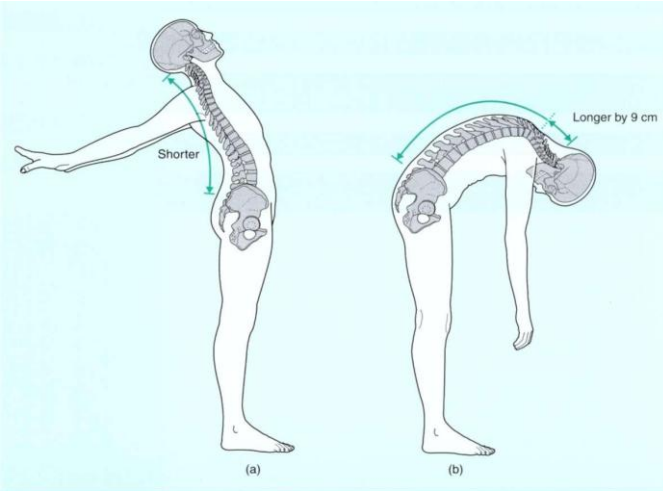

Figura 14: Movimento della colonna vertebrale e cambiamento in lunghezza delle strutture neurali. Immagine tratta da (Shacklock 2005)

Lo spazio attorno alle strutture nervose della colonna vertebrale aumenta con la flessione e diminuisce con l'estensione (Fig. 15). Nella colonna lombare, questi eventi si verificano sia nel canale centrale che nei forami intervertebrali (Schonstrom 1989). Il canale si apre del 16% e l'area dei forami intervertebrali aumenta fino al 27-30% passando dalla completa estensione alla completa flessione (Inufusa 1996). In generale, la flessione riduce le forze di compressione che agiscono sulle strutture neurali della colonna vertebrale, ed è per questo che sintomi dovuti ad esempio a stenosi della radice del nervo sono spesso alleviati da un movimento in flessione (chinarsi in avanti) e provocati/esacerbati dall'estensione (stare in piedi e camminare).

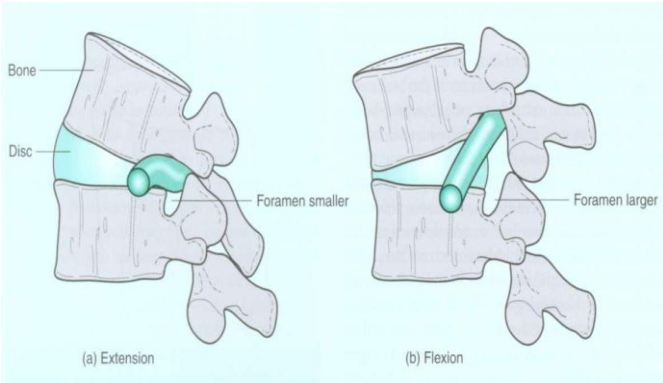

Figura 15: Cambiamenti delle dimensioni del forame di coniugazione nei movimenti di flessione ed estensione. Immagine tratta da (Shacklock 2005)

L'evento chiave che si verifica nei tessuti neurali della colonna vertebrale con la flessione è un aumento della tensione: il midollo spinale e le strutture connesse si allungano notevolmente, tanto che anche i vasi sanguigni divengono srotolati e allungati.

Una flessione cervicale produce uno scorrimento cefalico dei contenuti neurali della regione lombare (Breig 1978). Al contrario, l'SLR produce uno scorrimento caudale delle radici nervose lombo-sacrali nei forami intervertebrali e del midollo spinale cervicale (Breig 1978).

I movimenti della colonna vertebrale intorno alle strutture neurali inducono solitamente una convergenza verso C5-6 e L4-5, i più mobili segmenti spinali (Fig. 16).

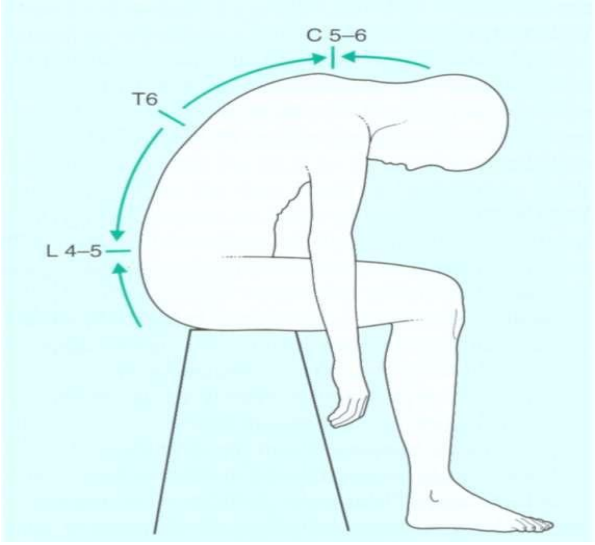

Figura 16: Flessione completa della colonna vertebrale con convergenza delle strutture neurali verso L4-L5 e C5-C6. Immagine tratta da (Shacklock 2005)

Usi clinici dei movimenti di flessione ed estensione

Il terapista può servirsi dei movimenti sagittali per arrivare ad individuare una problematica meccanica relativa alla colonna vertebrale.

La flessione spinale determina un aumento della tensione nelle strutture neurali, ma può ridurre la compressione su di esse. L'estensione aumenta la compressione sugli elementi neurali, senza determinare alcuna tensione. Per esempio, sintomi dovuti ad un problema radicolare non in grado di tollerare la tensione verranno spesso evocati dallo Slump test (che coinvolge appunto la flessione). Viceversa, sintomi causati da una stenosi del canale spinale o dei forami intervertebrali vengono in genere evocati da movimenti in estensione, a causa appunto dei loro effetti in chiusura sulle strutture neurali.

In definitiva, si può affermare che una diagnosi meccanica di un problema di tensione si ricerca con la flessione e un problema in chiusura di interfaccia con l'estensione.

INCLINAZIONE E GLIDE LATERALE

L'evento chiave associato alla flessione laterale in relazione all'interfaccia meccanica sono, a livello dei forami intervertebrali, la chiusura attorno alle radici nervose sul lato ipsilaterale e l'apertura su quello controlaterale (Fujiwara 2001). Si determina quindi un aumento della pressione sulle radici nervose sul lato ipsilaterale ed una riduzione sul lato controlaterale.

Questo porta ad un aumento di tensione nelle strutture neurali sul lato convesso del rachide e ad una riduzione della tensione in quelle sul lato concavo, il che va a produrre sollecitazioni meccaniche che arrivano al sistema nervoso periferico. Nell'arto inferiore, ad esempio, il nervo sciatico viene spostato prossimalmente nella pelvi durante la flessione laterale controlaterale del rachide lombare.

Uso clinico dell'inclinazione e glide laterale

La flessione e il glide laterale sono particolarmente utili per due motivi:

Differenziazione strutturale: la flessione laterale controlaterale è in genere più efficace nella differenziazione di una componente neurale di sintomi distali rispetto alla flessione laterale ipsilaterale, a causa delle variazioni di tensione evocate lungo il tratto di nervo.

Nel quadrante inferiore, la flessione laterale controlaterale della colonna lombare può essere utilizzata per differenziare una componente neurale dei sintomi durante l'SLR e lo Slump test (Shacklock 2005).

Sensibilizzazione: nella sensibilizzazione dei test neurodinamici l'inclinazione controlaterale risulta spesso essenziale, ancora una volta grazie alla sua capacità di aumentare la tensione sui tratti nervosi. Tale manovra ha dimostrato aumentare la risposta sintomatica dei test neurodinamici sia negli arti superiori che in quelli inferiori (Shacklock 2005, Lew 1985).

La diagnosi meccanica può essere notevolmente migliorata con l'utilizzo della flessione laterale. L'elicitazione di dolore con la flessione laterale ipsilaterale può indicare un problema in chiusura dell'interfaccia meccanica. Al contrario, una provocazione di dolore con una flessione laterale controlaterale può implicare la presenza di tensione sulle strutture neurali dal lato controlaterale.

ROTAZIONE

Fa si che i forami intervertebrali si chiudano dal lato ipsilaterale e si aprano in quello controlaterale, elemento da tenere in considerazione nel valutare l'esistenza di un problema in chiusura o in apertura d'interfaccia.

TEST NEURODINAMICI CONTROLATERALI

Lo svolgimento di una tecnica neurodinamica controlaterale è in grado di produrre un cambiamento dei sintomi nell'arto opposto preposizionato già in posizione neurodinamica, elemento che prova l'esistenza di una problema neurodinamica nella genesi dei sintomi. In sostanza viene eseguito e mantenuto un test neurodinamico su un arto, mentre viene effettuato lo stesso test sull'arto controlaterale: i sintomi nel primo arto dovrebbero andare così a ridursi/scomparire (Elvey 1979).

I movimenti controlaterali del sistema nervoso possono venire utilizzati sia per la diagnosi che per il trattamento, soprattutto se la tecnica produce un miglioramento e può essere integrata nella gestione del paziente.

TECNICHE NEURODINAMICHE BILATERALI

Esistono parallelismi tra test neurodinamici controlaterali e bilaterali. Tecniche neurodinamiche bilaterali sono particolarmente utili nella produzione di movimenti craniali e caudali del midollo spinale. Un esempio ne è la risposta all'ULNT 1 che frequentemente si riduce con l'aggiunta di un SLR bilaterale (Elvey 1979). Questo si verifica perché il midollo spinale viene trazionato verso il basso nel canale e lo stress sulle radici nervose viene così ridotto, non essendo concentrata su un punto focale della struttura neurale. Nel contesto dell'ULNT 1, l'SLR bilaterale induce una diminuzione della tensione sulle radici dei nervi cervicali. Simili avvenimenti si verificano durante l'applicazione clinica di un test controlaterale.

L'SLR e lo Slump test sono particolarmente adatti alla realizzazione di tecniche bilaterali. Nella regione lombare, il movimento caudale del midollo spinale può essere prodotto eseguendo l'SLR bilateralmente mentre il collo è in posizione di estensione; un movimento cefalico dello stesso viene invece generato attraverso il rilascio dell'SLR e l'aggiunta della flessione cervicale (tipici esempi di slider delle strutture neurali della colonna vertebrale).

4.2 L'arto inferiore

42.1 Anca

FLESSIONE

Lo *Straight Leg Raise* (SLR) si è confermato un test molto affidabile per la grande quantità di movimento e di tensione che determina nel nervo sciatico e nelle radici nervose lombosacrali (Shacklock 2005, Inufusa 1996). In termini d'interfaccia meccanica, la flessione d'anca produce un aumento della tensione nei muscoli ischiocrurali, inducendo così, già a partire da 10° di flessione, una rotazione posteriore di bacino (Shacklock 2005). Questo a sua volta produce una flessione del rachide lombare (Breig 1978), spostando in questo modo tutti i tessuti locali muscolo-scheletrici e neurali della regione lombopelvica. Quindi l'SLR di per sé non fa distinzione tra strutture neurali e muscolo-scheletriche: la differenziazione strutturale, pertanto, è una requisito necessario. Si è sempre pensato che l'SLR tensioni e sposti il nervo sciatico distalmente attraverso l'intera lunghezza degli arti inferiori; in realtà con la flessione d'anca viene applicata tensione al nervo tramite un allungamento dell'interfaccia e, invece di produrre un diffuso movimento distale del nervo sciatico lungo gli arti, si verifica una convergenza dello stesso in direzione dell'anca (Shacklock 2005).

Poiché l'allungamento viene avviato all'anca, le strutture neurali craniali e caudali ad essa scorrono rispettivamente distalmente e prossimalmente verso la stessa. L'intensità della tensione che si verifica durante l'SLR non è stata ancora stabilita. Tuttavia il letto del nervo tra l'anca e caviglia si allunga fino a 124 millimetri che, in una persona di media altezza, può essere calcolato tra il 10% e il 17%. La flessione d'anca rappresenta il 44% della variazione totale della lunghezza del letto del nervo durante l'esecuzione dell'SLR (Beith 1995).

ROTAZIONE MEDIALE

La rotazione mediale d'anca aumenta la tensione nel plesso lombosacrale (con le radici nervose ad esso correlate) e nel nervo sciatico (Shacklock 2005), e ciò è dovuto al fatto che le strutture neurali si trovano posteriormente all'articolazione. Rappresenta pertanto un movimento importante di sensibilizzazione dell'SLR e dello Slump test, con la sua capacità di aumentarne le risposte sintomatiche-sensoriali sia nei pazienti che nei soggetti normali.

ADDUZIONE

L'adduzione d'anca aumenta la risposta all'SLR. Ad oggi, una misura diretta della tensione che si determina nei tessuti neurali durante l'adduzione non è stata ancora eseguita; ad ogni modo, in alcune circostanze, può venire utilizzata per sensibilizzare l'SLR.

ESTENSIONE

Nei soggetti normali l'estensione d'anca aumenta la risposta al Prone Knee Bend (PKB). E' probabile che questo avvenga tramite il movimento del muscolo ileopsoas, attraverso il quale passa il plesso lombare. Anche se aumentando l'estensione d'anca si ha un incremento della risposta sintomatica, è possibile che, in alcuni soggetti, la risposta non abbia più una origine neurale; pertanto, l'aumento dei sintomi con l'estensione d'anca non viene considerato come differenziazione strutturale neurale (Shacklock 2005).

4.2.2 Ginocchio

ESTENSIONE

L'estensione di ginocchio aumenta la lunghezza del letto del nervo sciatico fino a 60 mm e rappresenta il 49% dell'allungamento totale dello stesso durante l'SLR (Beith 1995). Il nervo sciatico e il nervo tibiale convergono verso il ginocchio, scorrendo rispettivamente distalmente e prossimale (Shacklock 2005).

Il movimento in estensione è clinicamente utile in quanto consente facilmente di osservare cambiamenti nella risposta sintomatica. Questo movimento può venire quindi usato per mobilizzare nervi che si trovano anche a grande distanza dal ginocchio, come ad esempio il nervo tibiale posteriore (Shacklock 1995) o le radici nervose lombo-sacrali, senza produrre così eccessive sollecitazioni meccaniche in queste strutture.

FLESSIONE – *Prone Knee Bend*

Il PKB viene utilizzato clinicamente per applicare tensione alle radici nervose medio-lombari e al nervo femorale (Shacklock 2005) grazie al muscolo quadricipite che ne traziona le terminazioni nervose. Tuttavia il PKB non è un test puramente neurale. Questo perché, attraverso la connessione del muscolo retto femorale alla "spina iliaca antero inferiore (SIAI)", si verifica durante il test una rotazione anteriore del bacino e quindi un potenziale coinvolgimento di una qualsiasi delle strutture lombo-pelviche come fonte di dolore alla schiena o al bacino, il che necessita di ulteriori manovre di differenziazione strutturale.

4.2.3 Piede e caviglia

DORSIFLESSIONE

La dorsiflessione tibio-tarsica ha mostrato aumentare tensione al nervo tibiale (Beith 1995) e, relativamente all'SLR, è stato osservato produrre un movimento caudale nelle radici nervose lombo-sacrali (Shacklock 2005). Clinicamente, la dorsiflessione di caviglia assume spesso il valore di manovra di differenziazione strutturale e di sensibilizzazione per la sua capacità di produrre movimento nel nervo sciatico e nelle radici nervose lombo-sacrali.

EVERSIONE

Il nervo tibiale posteriore viene posto in tensione da un movimento in eversione di caviglia (Daniels 1998), in quanto il nervo decorre lungo la faccia mediale dell'articolazione, dietro al malleolo mediale.

DORSIFLESSIONE/INVERSIONE - nervo surale

Un movimento in dorsiflessione/inversione del complesso caviglia-piede mette in tensione il nervo surale a causa del suo decorso posterolaterale intorno alla caviglia. Tale nervo potrebbe danneggiarsi in caso di distorsione di caviglia.

PLANTIFLESIONE/INVERSIONE - nervo peroneo

A causa del passaggio del nervo peroneo superficiale sopra l'aspetto antero-laterale della caviglia, esso viene tensionato e mobilizzato distalmente lungo la gamba con un movimento in flessione plantare/inversione di caviglia-piede (Shacklock 1989).

Alcune distorsioni di caviglia producono danni in questo nervo (Kleinrensink 1994); questo potrebbe spiegare il motivo per cui test neurodinamici per il nervo peroneo (varianti dello Slump test e dell'SLR) diventano abnormi in alcuni pazienti con una simile problematica (Pahor 1996).

L'aggiunta della plantiflessione/inversione di caviglia è una preziosa manovra di sensibilizzazione e differenziazione del coinvolgimento peroneale nel caso di dolore distale agli arti inferiori. L'utilizzo di tale manovra è rilevante anche in presenza di sindrome del piriforme: in coloro che hanno una divisione alta del nervo sciatico nelle sue componenti peroneali e tibiali è in grado di produrre forze specifiche che stressano in particolar modo la parte peroneale dello sciatico al bacino (Shacklock 1989).

5 DISFUNZIONI

5.1 Disfunzioni d'interfaccia meccanica

Disfunzioni d'interfaccia meccanica avvengono quando la forza esercitata sul sistema nervoso dai movimenti dell'interfaccia risulta anomala o eccessiva.

DISFUNZIONI IN CHIUSURA

La disfunzione in chiusura viene definita come un'alterazione del meccanismo di chiusura delle strutture d'interfaccia (articolazioni, muscoli e altri tessuti) attorno al sistema nervoso, la quale produce forze anormali o indesiderabili sulle strutture neurali adiacenti.

Chiusura ridotta: la disfunzione in chiusura ridotta avviene quando il complesso d'interfaccia manca di un appropriato movimento in direzione di chiusura. Spesso, in questo tipo di disfunzione, specialmente nelle prime fasi, è meglio lavorare in apertura delle strutture neurali in modo da ridurre la pressione esercitata su di esse.

Chiusura eccessiva (eccesso di chiusura): avviene quando l'interfaccia mostra un maggiore (o indesiderabile) movimento rispetto alla normalità in direzione di chiusura. Quando si verifica un eccesso di chiusura in una articolazione è probabile che sia correlato a condizioni di ipermobilità o instabilità. Può essere anche il risultato di un'alterazione del controllo motorio o essere dovuto ad un problema muscolare. In ogni caso, una disfunzione in chiusura eccessiva è strettamente legata ad instabilità e ridotto controllo motorio, che devono essere affrontati in modo da ridurne gli effetti sul sistema nervoso.

DISFUNZIONI IN APERTURA

La disfunzione in apertura è definita come un'anormalità nel meccanismo di apertura dell'interfaccia meccanica localizzata adiacente al sistema nervoso.

Apertura ridotta: il complesso di movimento attorno al sistema nervoso non va in apertura sufficientemente, o non lo fa nella maniera desiderata. In questo caso, la radice del nervo non può mai essere completamente alleviata dalla pressione e può sensibilizzarsi e divenire dolorosa a causa delle perturbazioni nel suo sottile flusso sanguigno. Un esempio d'insufficiente apertura nei segmenti vertebrali lo si ha quando questi possono inclinarsi e ruotare normalmente verso il lato ipsilaterale ma non lo eseguono, invece, nella direzione controlaterale, portando in questo modo ad una incompleta apertura del forame.

Apertura ecessiva (eccesso di apertura): l'eccesso di apertura avviene quando il movimento in apertura d'interfaccia è più ampio del normale oppure indesiderabile, esercitando così un'eccessiva

tensione sugli elementi neurali. Nel problema di apertura eccessiva è possibile che il sistema nervoso venga allungato eccessivamente attraverso una trazione esercitata sui tessuti giacenti sul lato controlaterale, impartendo così un'eccessiva tensione sulle radici e sul plesso nervoso.

Disfunzioni patoanatomiche

Le disfunzioni patoanatomiche avvengono quando una struttura d'interfaccia di dimensioni o forma anormali esercitano una pressione indesiderabile sugli elementi neurali.

Patologie nell'interfaccia meccanica in grado di comprimere e irritare il sistema nervoso sono, nella colonna vertebrale, protrusioni discali, articolazioni edematose, stenosi, osteofiti e tumori. Negli arti sono rappresentate invece da alcune patologie costituite da gangli, guaine sinoviali e tendini infiammati, tunnel nervosi stenotici, muscoli e tendini anomali, protuberanze ossee e crescite di corpi estranei.

Nella disfunzione patoanatomica il movimento in direzione di chiusura provoca dolore o non avviene affatto. Questa disfunzione è spesso dovuta a "lesioni occupanti–spazio", in cui il dolore è provocato da movimenti in chiusura esercitanti una pressione eccessiva sulla struttura neurale. Di conseguenza il corpo a volte adotta posture antalgiche, come una posizione in chiusura ridotta (o anche francamente in apertura) al fine di proteggere il tessuto neurale e le strutture muscolo-scheletriche.

Disfunzioni patofisiologiche

Le disfunzioni patofisiologiche sono dovute a cambiamenti patofisiologici nell'interfaccia meccanica che possono causare dinamiche patologiche nelle adiacenti strutture neurali.

Un problema di questo tipo nell'interfaccia meccanica può anche produrre effetti negativi sul sistema nervoso. Per esempio, l'infiammazione delle strutture muscolo-scheletriche produce gonfiore e può esercitare una certa pressione sul sistema nervoso.

Un altro meccanismo attraverso il quale cambiamenti fisiopatologici nell'interfaccia possono influenzare gli elementi neurali è quello causato da un bulging del nucleo polposo. In pochi minuti le sostanze chimiche che si trovano nella regione epidurale possono penetrare nelle radici nervose attraverso piccole vene che collegano lo spazio epidurale con i capillari intraneurali delle stesse. La fisiologia della radice del nervo può diventare in questo modo profondamente disturbata con conseguenze negative anche sulla conduzione nervosa, fino allo sviluppo di edema intraneurale. Concludendo, questa è effettivamente una risposta infiammatoria innescata dalla semplice presenza di specifiche sostanze estranee, e si verifica in assenza di un aumento della pressione sulla struttura neurale (Olmarker 1998).

La mera esposizione della radice nervosa al materiale del nucleo polposo sensibilizza la radice stessa.

5.2 Disfunzioni neurali

DISFUNZIONI SLIDER

Le disfunzioni slider avengono quando una struttura neurale dimostra una ridotta escursione rispetto alla normalità o è ipersensitiva ai movimenti di sliding. La riduzione dello sliding del nervo produce un incremento di tensione e stress nei tessuti neurali, con una conseguente origine dei sintomi.

Può succedere, ad esempio, che il midollo spinale e il tessuto durale possano essere legati al canale spinale; i tessuti neurali contigui si allungano internamente più del normale come compenso della perdita di movimento. Questa mancanza di movimento del nervo è legata ad aderenze alla sua interfaccia di tessuto connettivo, spesso causate da cicatrici tra l'epinevrio e i tessuti adiacenti. Cicatrizzazioni perineurali che riducono il movimento nervoso avvengono in molte problematiche dei nervi periferici e sono collegate ad irritazione da attrito. Aderenze nelle radici nervose sono associate ad un movimento ridotto delle stesse nei casi di dolore radicolare cronico (Sunderland 1991).

L'aderenza dei tessuti cicatriziali perineurali aumenta anche la tensione nei tessuti che la formano, il che li rende una potenziale fonte di sintomi.

Tali tipi di disfunzioni vengono identificate ovviamente con test di sliding nervoso.

DISFUNZIONI TENSIONER

Disfunzioni nel tensionamento dei tessuti neurali avvengono quando le dinamiche di tensione del sistema nervoso sono anormali o indesiderabili e danno origine a tensioni anormali nelle strutture neurali oppure rendendole troppo sensibili a tali eventi.

I movimenti attivi e passivi rivelano la perdita di range di movimento quando il nervo è posto sotto tensione. Questo punto è importante perché, quando il nervo non è sotto tensione, il movimento delle articolazioni e dei relativi muscoli si normalizza. I test neurodinamici mostrano un ridotto range di movimento rispetto alla normalità e spesso riproducono i sintomi del paziente. La ragione per cui, in caso di disfunzione tensioner, tali test risultano molto probabilmente anormali e viene riscontrata ipomobilità è che la tensione rappresenta il meccanismo primario dei test standard, rendendo le disfunzioni tensioner facilmente rilevabili.

La palpazione spesso rivela dolorabilità lungo il tratto di nervo di interesse.

6 TEST NEURODINAMICI

6.1 Straight Leg Raise (SLR)

INDICAZIONI

L'SLR è un test usato per esaminare il movimento e la sensibilità meccanica delle strutture dei nervi lombosacrali e la loro estensione distale, che consiste nel tronco lombosacrale e nel plesso del bacino, i nervi sciatico e tibiale e il loro prolungamento nella gamba e nel piede.

PAZIENTE: supino, allineato, simmetrico, rilassato e collo in posizione neutra; nessun cuscino sotto la testa per ragioni di consistenza del test. Tronco e bacino ne lateroflessi ne ruotati, anche non addotte ne abdotte. E' necessario l'utilizzo di un lettino piano e stabile. La posizione dell'anca, del collo e della colonna lombare possono influenzare la tensione esercitata sulle radici nervose durante l' SLR e quindi è opportuno una standardizzazione delle posizioni in modo da aumentare l'affidabilità del test.

TERAPISTA: in piedi a lato del paziente, sguardo rivolto craniale verso il viso del paziente.

PRESA: la mano distale del terapista afferra la parte posteriore della gamba appena prossimalmente alla caviglia, cercando di evitare il tallone che in alcuni pazienti è spesso causa di dolore alla caviglia stessa. La mano prossimale del terapista viene posizionata anteriormente al di sopra della rotula, prossimalmente all'inserzione distale del tendine quadricipitale. Questa posizione della mano è scelta per evitare una compressione femoro-rotulea e susseguente dolore.

ESECUZIONE: il movimento da effettuare consiste in una flessione d'anca a ginocchio esteso.

E' opportuno prevenire ogni variazione dei movimenti sul piano frontale e trasverso, cioè adduzione/abduzione e rotazione interna/esterna d'anca, in quanto ognuno di essi è in grado di sensibilizzare il test (Chang –Yu H Sieh 1983) (Rebain 2002) (Breig and Troup 1979).

Il terapista solleva l'arto da esaminare prestando attenzione ai sintomi e alle reazioni riferite dal paziente. E' da ricordare che le strutture nervose vengono massimalmente poste sotto stress (tensionate) tra i 60-80° di flessione d'anca (Rebain 2002), specialmente per quanto riguarda le radici L5-S2. Durante il movimento, è cruciale che il terapista prevenga qualsiasi flessione del ginocchio poiché piccoli cambiamenti nella posizione dello stesso produrranno cambiamenti significativi nella risposta e nel range di movimento raggiungibile col test.

Figura 17: Straight Leg Raise

CRITERI DI POSITIVITÀ DELL'SLR: IMPLICAZIONI PER L'AFFIDABILITÀ DEL TEST

Non esiste ad oggi alcun accordo sui criteri di positività del test. Molti degli studi hanno utilizzato l'insorgenza di dolore e/o sintomi come risultato positivo, una misura alquanto soggettiva e inaffidabile. Alcuni studi hanno descritto la sensazione di allungamento come parte di un SLR positivo, avvertito di solito nella parte posteriore della coscia, anche se a volte poteva essere riferito come indefinito.

Il dolore può essere avvertito distalmente al ginocchio, lungo la gamba, con un decorso simile al nervo sciatico o, ancora, apparire come una combinazione di dolore alla schiena e alla gamba. Questa incoerenza nell'individuazione di un risultato positivo del test rifletterebbe la ridotta affidabilità inter-osservatore. Toby Hall nel suo studio (Hall 1998) ha dimostrato che il terapista manipolativo-ortopedico è in grado di rilevare in modo affidabile R1 (range all'insorgenza della resistenza), anche se questo non ha alcuna validità o potere discriminativo. Egli suggerisce invece che l'insorgenza di attività muscolare, M1, è probabilmente una misura più accurata e clinicamente più utile nel valutare un'anormale meccanosensitività del sistema nervoso.

MOVIMENTI DI SENSIBILIZZAZIONE

Durante l'esecuzione del test il rachide cervicale e la caviglia devono essere in posizione neutra; è però possibile utilizzare movimenti distali per rendere più specifico l'SLR facendo uso del piede e della caviglia.

Applicando una dorsiflessione tibio-tarsica si tende a ridurre il range raggiungibile con l'SLR, al contrario l'aggiunta di una flessione cervicale sembra avere poco influenza. Ciò è stato già segnalato da Troup (Troup 1979), che ha affermato, invece, che la flessione cervicale và a provocare dolore alla schiena o alla gamba quando viene utilizzata in posizione seduta.

Slater è stato l'unico autore a citare l'aggiunta di varianti quali la flessione plantare con inversione e la rotazione mediale/adduzione d'anca. Egli suggerì che queste componenti dell'SLR vanno a tensionare

maggiormente la componente del *nervo peroneo comune*, coinvolgendolo così nella diagnosi differenziale.

Per testare maggiormente la componente del *nervo tibiale* si porta in flessione dorsale ed eversione la tibio-tarsica; al contrario, per valutare la componente del *nervo surale*, si porta la caviglia in flessione dorsale ed inversione.

Per quanto riguarda la rotazione del bacino e dell'anca durante l'esecuzione del test, è stato assunto che debbano essere in posizione neutra all'inizio della procedura, con una fisiologica rotazione di bacino che si verifica dopo alcuni gradi di elevazione dell'arto inferiore.

In pazienti con uno specifico problema alla radice del nervo i sintomi possono essere evocati più facilmente quando l'SLR viene combinato con uno specifico test dei nervi periferici, corrispondente esattamente ad una determinata radice nervosa.

DIFFERENZIAZIONE STRUTTURALE

La differenziazione strutturale viene applicata nel modo seguente:

Per sintomi prossimali è utilizzata la dorsiflessione tibio-tarsica. Il terapista stabilizza la gamba del paziente sulla sua spalla facendo attenzione che il ginocchio rimanga esteso: la mano distale si muove intorno al versante mediale dell'arto del paziente e l'altra mano tiene il piede in modo da produrre la dorsiflessione.

Per sintomi distali talvolta è già sufficiente la sola flessione d'anca. Per esempio, se il paziente riferisce dolore al piede o al tallone con l'anca in flessione e la caviglia in posizione neutra, è già evidente che un movimento prossimale ha prodotto un cambiamento nella sintomatologia distale e un'ulteriore differenziazione non è perciò necessaria (Rebain 2002).

Figura 18: Differenziazione strutturale con dorsiflessione di caviglia

Figura 19: Manovra di sensibilizzazione dell'SLR con rotazione mediale e adduzione d'anca

NOTE: Flessione cervicale attiva

Una differenziazione strutturale dell'SRL è spesso eseguita dal terapista chiedendo al paziente di eseguire una flessione attiva del collo. Purtroppo questa manovra è del tutto errata e può produrre una grande varietà di falsi positivi e falsi negativi. L'inadeguatezza di questo metodo sta nel fatto che durante la flessione cervicale attiva si vanno a contrarre i muscoli addominali, provocando così un tilt posteriore di bacino. Questo a sua volta va a ridurre l'angolo di flessione d'anca e spesso riduce i sintomi (falso negativo), grazie appunto ad un abbassamento dell'SLR tramite un meccanismo ad origine inversa. Al contrario, alcuni pazienti attivano i flessori d'anca i quali, ruotando il bacino anteriormente, vanno a produrre un aumento dell'SLR (falso positivo).

In considerazione di quanto sopra, la flessione attiva del collo nella differenziazione dell'SLR non è raccomandata (Rebain 2002).

AFFIDABILITÀ INTRA E INTER-OPERATORE

Poca enfasi è stata posta negli studi circa l'affidabilità intra- ed inter-osservatore dell'SLR nell'ordinario contesto clinico. Questa è da considerarsi come una notevole mancanza, in quanto riuscire a stabilire se il test è affidabile o meno è una questione che deve essere documentata prima che la validità clinica del test diventi significativa.

Francesco Capra (Capra 2011) ha messo in relazione i reperti di imaging di risonanza magnetica con i risultati ottenuti nell'SLR. I reperti di imaging hanno mostrato "ernia del disco lombare" (LDH) in 1305 pazienti. Di questi soggetti, 741 sono risultati positivi al test SLR. La sensibilità è stata quindi 0,36 mentre la specificità era dello 0,74. Valori predittivi positivi e negativi erano 0,69 e 0,52, rispettivamente. Il Likelihood Ratio (LR) positivo era pari a 1,38, mentre quello negativo era 0,87. Tali valori tendevano a diminuire quando la fascia di età considerata passava da 16-25 a 76-85 anni.

Questi risultati indicano quindi una scarsa precisione dell'SLR nella diagnosi di ernia del disco lombare se confrontato con i risultati della risonanza magnetica. Il potere discriminante dell'SLR sembra diminuire con l'aumentare dell'età, ragion per cui risposte positive o negative possono essere meno determinanti nei pazienti più anziani.

Majlesi e Togay H, (Majlesi 2008) hanno misurato la sensibilità e la specificità dello *Slump test* confrontato con l'SLR nei pazienti con e senza ernie discali lombari.

E' stato portato avanti uno studio prospettico caso-controllo su 75 pazienti con disturbi suggestivi di ernia del disco lombare. I 75 pazienti ammessi allo studio dovevano presentare dolore lombare e/o alla gamba, e avere risultati di risonanza magnetica (MRI) del rachide lombare. 38 pazienti presentavano segni di ernia alla risonanza magnetica. I pazienti del gruppo di controllo (n = 37) non avevano ne bulging ne ernie del disco alla MRI. Lo *Slump test* e l'SLR erano stati eseguiti durante la valutazione di tutti i pazienti dal secondo autore. I risultati di MRI sono stati valutati e registrati dal primo autore.

Lo *Slump test* è risultato più sensibile (0,84) rispetto all'SLR (0,52) nei pazienti con ernie discali lombari. L'SLR è risultato essere leggermente più specifico (0,89) rispetto allo *Slump test* (0,83) il quale, tuttavia, dovrebbe essere utilizzato più frequentemente quale strumento sensibile nell'esame fisico dei pazienti con sintomi imputabili a ernie discali lombari. Grazie alla sua specificità superiore, l'SLR può invece aiutare a identificare pazienti che presentano ernie con compressione della radice nervosa passibili di intervento chirurgico.

L'SLR e le prove di Slump sono state tradizionalmente utilizzate per identificare compressioni delle radici nervose derivanti da ernia del disco. Tuttavia, essi possono essere più appropriati come test di valutazione della meccanosensibilità del tessuto neurale lombosacrale.

Walsh J e Hall T (Walsh 2009) hanno analizzato l'accordo e la correlazione esistente tra i test SLR e Slump in un campione di soggetti che avvertiva dolore lombare e alle gambe.

Lo studio fu condotto secondo un disegno osservazionale trasversale. Furono reclutati 45 soggetti con dolore alla gamba unilaterale. L'SLR e lo *Slump test* sono stati eseguiti su ciascun lato e, in caso di riproduzione del sintomo, veniva portata la caviglia in dorsiflessione. Sono stati fissati come criteri di positività dei test la riproduzione dei sintomi, intensificati dall'aggiunta della dorsiflessione della caviglia. Un inclinometro è stato utilizzato per misurare il range di movimento (ROM) raggiunto.

Dai risultati dello studio si è notato un sostanziale accordo tra l'SLR e lo Slump (kappa = 0,69) con una buona correlazione nel ROM raggiunto tra i due test (r = 0,64) sul lato sintomatico. Nei soggetti positivi in entrambi i test il ROM venne trovato notevolmente ridotto rispetto a quello ottenuto dal lato controlaterale e a quello raggiunto dai soggetti negativi al test.

Quando i due test sono risultati positivi, e cioè in caso di riproduzione dei sintomi alla gamba intensificati dalla dorsiflessione della caviglia, hanno mostrato un sostanziale accordo e una buona correlazione in un campione di soggetti con dolore alla gamba. Se interpretate correttamente, queste prove possono dare informazioni utili sulla meccanosensibilità del tessuto nervoso, anche se ulteriori criteri devono essere soddisfatti prima di trarre definitive conclusioni in relazione a tale parametro del sistema neurale.

Alon Rabin (Rabin 2007) nel suo studio di coorte reclutò 71 pazienti con segni/sintomi compatibili con radicolopatia lombare ed esiti di indagini di risonanza magnetica (MRI), su ciascuno dei quali eseguì l'SLR. Identificò quindi una sensibilità dell'SLR pari a 0,67.

Ekedahl (Ekedahl 2010) ha confrontato l'utilizzo della *Roland-Morris Disability Questionnaire* [RMDQ] relativa alla disabilità con l'SLR e il *Fingertip-to-floor test* prima e dopo una stratificazione per sesso e, sulla base dei risultati dello Slump test, per presenza/assenza di dolore radicolare. In questo studio trasversale sono stati valutati soggetti con lombalgia acuta o subacuta con (n = 40) e senza (n = 35) dolore radicolare.

Gli autori hanno esaminato la relazione tra il RMDQ (variabile di riferimento), l'SLR e il *Fingertip-to-floor test*. In tutto il campione sono state trovate discrete correlazioni tra i due test fisici (SLR e *Fingertip-to-floor*) e il RMDQ. Dopo la stratificazione per sesso, la correlazione tra il RMDQ e il ROM in flessione (relativo al *Fingertip-to-floor test*), e tra il RMDQ e l'SLR, è aumentato nelle donne e diminuito negli uomini. Nei pazienti con dolore radicolare buone correlazioni sono state trovate tra il RMDQ e il ROM in flessione (r = 0,68 per gli uomini e r = 0,70 per le donne), moderata correlazione tra il RMDQ e l'SLR dal lato sintomatico nelle donne (r = 0,60) e discreta correlazione tra il RMDQ e l'SLR dal medesimo lato negli uomini (r = 0,28).

In conclusione, dopo la stratificazione per sesso e per presenza/assenza di dolore radicolare, il presente studio supporta una buona validità del *Fingertip-to-floor test* sia per gli uomini che per le donne con dolore radicolare. L'SLR, tuttavia, è risultato di minor valore come indicatore di "auto-riportata disabilità" (RMDQ) dopo la stratificazione, soprattutto per gli uomini.

Il rilevamento di un coinvolgimento del nervo a livello dell'interfaccia meccanica rappresentata dalla colonna vertebrale è una preoccupazione di primaria importanza nella valutazione di sintomi sia prettamente lombari che irradiati lungo gli arti inferiori. La risonanza magnetica (MRI) è diventata la metodica diagnostica di prima scelta per questo rilevamento. Tuttavia, l'accordo tra gli esiti della risonanza magnetica e altri metodi diagnostici nella rilevazione del coinvolgimento nervoso non è stato pienamente valutato.

Nello studio di Bo C Bertilson (Bertilson 2010) vennero reclutati 61 pazienti e valutati per problematica di origine nervosa tramite body chart (Pain drawing) ed esame fisico strutturato per sensibilità, riflessi, forza e test neurodinamici. I pazienti dovevano avere effettuato indagini di MRI relative ala colonna lombare. Il "Pain drawing" segnalava la localizzazione dei sintomi e la qualità degli stessi (riferiti agli ultimi 3 mesi): il paziente veniva invitato a sfumare la body chart a seconda della gravità e del tipo di disagio e a descriverlo accanto alla figura, ad esempio: dolore, formicolio, bruciore, intorpidimento, crampi.

I valutatori erano in cieco rispetto ai risultati di imaging.

La sensibilità delle indagini di MRI nell'individuare un coinvolgimento nervoso era significativamente inferiore e ha mostrato una debole associazione rispetto ai risultati dell'esame fisico e del "Pain drawing". Nel segmento vertebrale L4-L5, dove la maggior parte dei risultati di coinvolgimento nervoso sono stati rilevati, la sensibilità media di una MRI con risultati di impegno nervoso rispetto ad un esame fisico-neurologico positivo variava dal 16 al 37%. La specificità media di MRI positiva (visibile) per irritazione del nervo nello stesso segmento variava era del 61-77%. Valori predittivi positivi e negativi di MRI-visibile per coinvolgimento nervoso nel segmento L4-L5 variavano del 22-78% e 28-56% rispettivamente.

L'autore così concluso che in pazienti con sintomi nervosi di lunga data la risonanza magnetica sottovaluta in modo significativo la presenza di un coinvolgimento del nervo, rilevato invece da un esame fisico-neurologico e dal "Pain drawing". Un esame fisico-neurologico e l'uso del "Pain drawing" possono quindi rivelare che molti pazienti con sintomatologia lombare ed esiti di MRI invisibili hanno in realtà il bisogno di un trattamento finalizzato e mirato alla risoluzione del coinvolgimento nervoso.

In uno studio di Benjamin S Boyd (Boyd 2009) sono stati analizzati soggetti che non riferivano sintomi lombalgici; sul campione così individuato è stato misurato e confrontato l'angolo di flessione d'anca raggiunto e sono stati raccolti dati circa l'attività elettromiografica di superficie al momento della comparsa dei sintomi (P1) e al momento della loro massima intensità (P2) durante l'SLR test, con dorsiflessione della caviglia (DF-SLR) e flessione plantare della stessa (PF-SLR). Gli elettrodi sono stati collocati sopra il grande gluteo, semitendinoso, bicipite femorale, gastrocnemio mediale, soleo, retto femorale, vasto mediale e tibiale anteriore.

Il range in flessione d'anca era significativamente ridotto durante il DF-SLR di una media di 5,5° (SD ± 6,6°) in P1 (P = 0,001) e 10,1° (SD ± 9,7°) in P2 (P = 0,001), rispetto al PF-SLR.

Sempre rispetto al PF-SLR, nella posizione in P1 del DF-SLR, è stata rilevata una maggiore frequenza di attivazione dei gruppi muscolari distali e contrazioni più ampie dei gruppi muscolari prossimali.
L'85% dei soggetti non ha avuto alcun nessun sintomo in posizione di partenza nel PF-SLR e il 75% nel DF-SLR. Per quei soggetti che hanno riferito sintomi nella posizione iniziale, la localizzazione degli stessi è stata nella gamba anteriore, posteriore dell'anca, coscia posteriore e gamba posteriore.
Durante il PF-SLR la zona sintomatica più frequente per P1 era nella coscia posteriore, seguita dalla gamba posteriore. Quando questo test è stato portato a P2, la coscia posteriore è rimasta la posizione-sintomo più frequente, mentre aumentava la frequenza dei sintomi alla gamba posteriore. Al contrario, durante il DF-SLR, sono stati più frequentemente riferiti sintomi distali alla gamba posteriore in P1, mentre in P2 i sintomi venivano identificati distali alla gamba posteriore e plantari al piede.
La qualità dei sintomi veniva indicata come sensazione di allungamento, tensione e/o dolore.
Dallo studio si è notato che l'aggiunta della dorsiflessione di caviglia durante l'SLR induce precoci attivazioni muscolari distali e riduce il range in flessione d'anca. Si può concludere quindi che l'SLR test, eseguito fino alla comparsa dei sintomi (P1) e con l'aggiunta di manovre sensibilizzanti, permette con maggiore sensibilità l'identificazione di risultati significativi dello stesso.
Lo studio di Ros Chow (Chow 1994) volle valutare se l'accuratezza test-retest dell'SLR fosse dovuta semplicemente ad un artefatto della memoria motoria del paziente esaminato piuttosto che un dato reale intrinseco del test. Vennero valutati 16 soggetti: la procedura consisteva nell'esecuzione dell'SLR per sei volte consecutive, con un intervallo di 30 secondi tra le prove. A variare era la posizione di partenza: la prima esecuzione del test avveniva da una posizione standard (S) di partenza posta 10 cm sopra l'orizzontale; le successive 4 prove avvenivano rispettivamente da posizioni 10 e 5 cm sotto tale posizione, e 5 e 10 cm sopra tale posizione (nell'ordine A, B, C, D). Si concludeva infine con la ripetizione del test a partire dalla posizione standard (S). I soggetti erano bendati per eliminare qualsiasi condizionamento visivo e il test veniva considerato positivo all'insorgenza di P1, ovvero la posizione nel range articolare dove il paziente iniziava ad avvertire dolore (o dove esso veniva incrementato nei pazienti con dolore a riposo). Gli autori ipotizzarono che per posizioni di partenza più basse i pazienti avrebbero riportato P1 a gradi articolari inferiori e che, al contrario, per posizioni di partenza più alte i pazienti avrebbero riportato P1 a livelli articolari superiori.
I risultati dello studio indicarono in realtà che la posizione di partenza non influenzava in modo significativo l'esito del test: in altre parole i pazienti riportavano P1 agli stessi gradi articolari indipendentemente dalla posizione di partenza adottata. Dai dati di tale studio gli autori hanno così concluso che l'accuratezza test-retest dell'SLR è alquanto elevata, con un "intraclass correlation

coefficient" (ICC value) pari a 0,95; in altre parole, il 95% delle variazioni nelle misure dell'SLR riflettono reali rilevamenti clinici di disfunzioni neurodinamiche.

Dallo studio si può notare inoltre un accordo intra-osservatore dell'88% se si considera una variazione di ± 5° per i 6 test eseguiti su ogni paziente, che sale al 100% considerando invece una variazione di ± 6°.

In conclusione si può affermare l'SLR non è un test influenzato ne da artefatti della memoria motoria ne da condizionamenti visivi o kinestetici derivati dall'escursione della gamba. L'alta riproducibilità di P1 su SLR ripetuti appare non influenzata dalla memoria della distanza attraverso la quale la gamba viene sollevata; cambiamenti nelle misure rilevate nell'SLR per più di 5° sembrano essere attribuiti a reali modificazioni neurodinamiche piuttosto che a errori nelle misurazioni stesse.

L'SLR si pone così come misura obiettiva del comportamento del dolore nelle valutazioni e ri-valutazioni di pazienti con LBP e/o lombosciatalgia. L'autore puntualizza, infine, che cambiamenti nel range articolare definito in P1 possono essere utilizzati in maniera accurata nel determinare l'efficacia dei trattamenti volti al miglioramento dell'SLR test.

Infine, la revisione di Rebain (Rebain 2002) ha selezionato articoli dal 1989 al 2000, ottenendone 20, dai quali gli autori hanno identificato una sensibilità dell'SLR pari a 0,8 ed una specificità dello 0,4, il che sta a significare che è clinicamente più significativo un risultato negativo al test, in quanto capace di escludere la presenza del problema, piuttosto che uno positivo, poiché in questo caso la sensibilità eccede considerevolmente la specificità. In considerazione di ciò l'SLR si è rivelato un test con alta capacità di "Ruling Out": il valore diagnostico del test nell'individuare la presenza di un'irritazione nervosa dovrebbe proprio risiedere nella sua alta capacità di escluderne l'esistenza in caso di test negativo; con un test altamente sensibile, i soggetti negativi al test possono venire considerati, con poca possibilità di sbagliare, come "esclusi" (rule out) da quella determinata disfunzione.

MECCANISMI DELLA LIMITAZIONE DELL'SLR

La positività dell'SLR viene segnalata dal dolore lamentato dal paziente. Per quanto riguarda i meccanismi responsabili di questo dolore, secondo alcuni autori (Hall 1998) (Rebain 2002) la compressione della radice nervosa è quella più probabile.

La radice del nervo sciatico, essendo relativamente fissa tra la dura madre e il forame intervertebrale, non è in grado di allontanarsi da una protrusione discale, e la conseguente compressione e trazione caudale indotta dal test può generare dolore.

Studi in vitro hanno osservato un movimento della radice del nervo in prossimità del disco intervertebrale tra la Dura madre e il ganglio della radice dorsale.

La direzione del movimento della radice è stata segnalata come caudale, ma anche laterale verso il peduncolo.

E' stato anche osservato che la Dura madre possiede una quantità di movimento inferiore alla radice nervosa intratecale a livello del peduncolo, il che implica una maggiore sollecitazione della stessa, la quale può quindi essere una concausa del dolore riprodotto.

Straight Leg Raise (SLR)	
Struttura indagata	Nervo sciatico (con le sue estensioni), radici L4-S3
Movimento test	Flessione d’anca a ginocchio esteso
Manovra di sensibilizzazione	Flessione cervicale; inclinazione controlaterale della colonna lombare; rotazione mediale con adduzione d’anca; dorsiflessione tibio-tarsica
Differenziazione strutturale	Flessione dorsale e plantare tibio-tarsica

Figura 20: Straight Leg Raise (SLR)

Articolo	Sensibilità	Specificità	VPP	VPN	Likelihood Ratio POSITIVO	Likelihood Ratio NEGATIVO
Capra F et al. 2011**Validity of the Straight-Leg Raise Test for Patients With Sciatic Pain With or Without Lumbar Pain Using Magnetic Resonance Imaging Results as a Reference Standard** Manipulative Physiol Ther. 34(4):231-8. Epub 2011 May 5	0,36	0,74	0,69	0,52	1,38	0,87
Majlesi J et al. 2008 **The sensitivity and specificity of the Slump and the Straight Leg Raising tests in patients with lumbar disc herniation** J Clin Rheumatol. 14(2):87-91	0,52	0,89				
Alon Rabin 2007 **The Sensitivity of the Seated Straight-Leg Raise Test Compared With the Supine Straight-Leg Raise Test in Patients Presenting With Magnetic Resonance Imaging Evidence of Lumbar Nerve Root Compression** Arch Phys Med Rehabil. 88(7):840-3	0,67					
Richard Rebain, BSc (Econ), BSc(Ost), DO, G. David Baxter, DPhil, MCSP, and Suzanne McDonough, PhD, MCSP 2002 **A Systematic Review of the Passive Straight Leg Raising Test as a Diagnostic Aid for Low Back Pain (1989 to 2000)**. Spine 27 (17): E388–E395	0,80	0,40				

Figura 21: Tabella riassuntiva riportante i livelli di affidabilità dell'SLR test secondo i vari autori

6.2 Test Neurodinamico Tibiale (TNT)

INDICAZIONI

Nel test neurodinamico per il nervo tibiale (TNT), variante dell'SLR, i movimenti consistono nel sollevare la gamba tesa (SLR) con il piede tenuto in dorsiflessione/eversione: questo specifico movimento applica tensione direttamente al nervo tibiale, il quale passa attorno alla superficie postero-mediale dell'articolazione della caviglia entrando nel piede attraverso il tunnel tarsale come nervo tibiale posteriore.

Il TNT viene eseguito quando i sintomi sono localizzati nella regione del nervo tibiale e la loro distribuzione si trova nella regione del nervo tibiale posteriore, del nervo calcaneale mediale e dei nervi plantari digitali. E' inoltre consigliato quando è presente dolore al polpaccio, al calcagno (includendo la fascite plantare) e dolore alla pianta del piede.

PAZIENTE: come per il test SLR.

TERAPISTA: come per il test SLR.

PRESA: la presa è identica a quella adottata nell'SLR; varia solamente la posizione della mano distale che va ad afferrare l'avampiede del paziente. La mano distale del terapista, in particolare, approccia il piede dalla parte laterale, in modo che le dita, passando sotto la pianta dello stesso, ne raggiungano la superficie mediale e dorsale; il pollice viene invece posizionato sulla superficie dorso-laterale. E' questa mano che esegue la maggior parte del lavoro, sia a livello del piede che dell'anca.

ESECUZIONE: il test prevede la flessione dorsale ed eversione del piede e, successivamente, l'elevazione dell'arto a ginocchio esteso. Il terapista usa il suo braccio distale per produrre il movimento (se si scivola è meglio modificare la tecnica per evitare questo problema); la mano distale deve avere una buona presa sul piede per controllare bene l'SLR durante il movimento.

Figura 23: Particolare presa a livello del piede

Figura 24: Test neurodinamico tibiale

RISPOSTA NORMALE: una risposta normale consiste in un allungamento nella regione del polpaccio (comprendendo a volte la parte mediale); spesso questo si espande verso l'aspetto mediale della caviglia e la pianta del piede.

Il raggio di movimento raggiungibile varia tra i 30°-70°. Quando viene eseguito efficacemente la gamba del paziente non può essere alzata quanto il test standard SLR nello stesso individuo.

Test Neurodinamico Tibiale (TNT)	
Struttura indagata	Nervo tibiale
Movimento test	Dorsiflessione tibio-tarsica con eversione + SLR
Manovra di sensibilizzazione	Flessione del tronco con flessione cervicale (posizione Slump)
Differenziazione strutturale	Flessione dorsale e plantare tibio-tarsica; flesso-estensione cervicale (nel caso si eseguisse il test nella posizione dello Slump test)

Figura 25: Test Neurodinamico Tibiale

6.3 Test Neurodinamico Peroneale (PNT)

Il PNT viene utilizzato per esaminare la funzione meccanica e la sensibilità della porzione peroneale del sistema nervoso. Esso si concentra principalmente sul nervo peroneo comune e peroneo superficiale, in quanto passano antero-lateralmente lungo la gamba e l'articolazione della caviglia venendo quindi messi in tensione tramite tale test; minore è invece il coinvolgimento del nervo peroneo profondo, perché questo non si estende molto lateralmente a livello della caviglia ed ha invece maggiori probabilità di essere caricato con una flessione plantare in SLR.

INDICAZIONI

Il PNT è indicato come test per la valutazione di quelle condizioni che influiscono sulle aree antero-laterali della gamba, della caviglia e dorsali del piede.

Il terapista dovrebbe avere anche l'accortezza di usare questo test in presenza di dolore radicolare L4-L5 poiché, occasionalmente, può essere più sensibile rispetto al test standard SLR con la flessione dorsale.

PAZIENTE: come per il test SLR.

TERAPISTA: in piedi dal lato dell'arto da esaminare e rivolto caudalmente.

PRESA: il terapista afferra con l'avambraccio il tendine d'Achille e la caviglia del paziente mentre con la mano passa sotto l'aspetto plantare del piede così che, a flessione plantare/inversione avvenuta, le dita possano spostarsi sopra quelle del piede del paziente tirando posteriormente la loro parte dorsale. Eseguendo questa parte della tecnica correttamente, il terapista avrà l'opportunità di portare il nervo alla sua fine del movimento.

La mano prossimale si posiziona al di sopra dell'aspetto anteriore del piatto tibiale stabilizzandolo con decisione ma in maniera confortevole per il paziente, sia per mantenere il ginocchio in estensione che per prevenire la rotazione interna della tibia durante il movimento di flessione plantare/inversione, evitando inoltre in questo modo qualsiasi rotazione indesiderata dell'anca del paziente.

ESECUZIONE: occorre eseguire una flessione plantare/inversione della caviglia e delle dita del piede, seguito poi da un SLR.

La flessione della gamba viene eseguita dal braccio distale del terapista che sostiene il peso dell'arto con il proprio avambraccio, spostando il suo peso dal piede anteriore a quello posteriore così che il movimento avvenga attorno all'articolazione dell'anca del paziente durante l'SLR.

RISPOSTA NORMALE: con una risposta normale il paziente dovrebbe avvertire tensione/allungamento nella parte antero-laterale della gamba, della caviglia e del piede.

Il test può risultare positivo per l'interezza dell'area di distribuzione sensitiva del nervo o per parti di essa.

MOVIMENTI DI SENSIBILIZZAZIONE: per sensibilizzare ulteriormente la manovra si può aggiungere una rotazione interna e adduzione dell'articolazione dell'anca.

Figura 26: Posizione di partenza del test neurodinamico peroneale

Nello studio di Pahor (Pahor 1996) è stato utilizzato lo *Slump test* in 18 soggetti per studiare l'effetto che una distorsione di caviglia in inversione può avere sulla funzione neurodinamica, valutando, in particolare, la risposta sensoriale al test e la limitazione nel range di movimento in estensione di ginocchio. Sono state utilizzate tre diverse posizioni del distretto piede-caviglia: neutra, in dorsiflessione (DF) e in flessione plantare con inversione (PFI).

I risultati hanno indicato che, pur notando un deficit in estensione di ginocchio significativamente maggiore sul lato leso rispetto al lato non-leso in tutte e tre le posizioni, l'estensione di ginocchio più limitata era nella posizione in PFI, la quale infatti va a porre maggiore tensione/stress sul nervo peroneo comune. Lo *Slump test* eseguito con il distretto piede-caviglia tenuto in flessione plantare con inversione (PFI) ha prodotto sintomi nella faccia laterale della gamba e della caviglia, che si estendevano anche anteriormente e posteriormente ad esse e lungo il dorso del piede, distribuzione corrispondente, di fatto, a quella del nervo peroneo superficiale. Lo *Slump test* con il piede mantenuto in posizione neutra e in dorsiflessione (DF) ha prodotto aree di risposta simili tra le due varianti, comprendenti l'aspetto posteriore della coscia, del ginocchio e del polpaccio. Il rilascio della flessione cervicale ha determinato in ogni prova una significativa riduzione dei sintomi.

Questi risultati hanno così indicato un'alterata funzione neurodinamica del nervo peroneale dopo una distorsione di caviglia in inversione, elemento da tenere in considerazione nella valutazione e trattamento di tali tipi di pazienti.

Il motivo per cui si è deciso di inserire in questo paragrafo tale studio, anche se ha utilizzato nella valutazione neurodinamica lo *Slump test* e non l'SLR, è stato perché ha adottato una variante nella posizione del piede (PFI) che è la stessa utilizzata nel test neurodinamico peroneale.

Test Neurodinamico Peroneale (PNT)	
Struttura indagata	Nervo peroneale
Movimento test	Flessione plantare tibio-tarsica con inversione + SLR
Manovra di sensibilizzazione	Inclinazione controlaterale della colonna lombare; flessione del tronco con flessione cervicale (posizione Slump); rotazione mediale con adduzione d'anca
Differenziazione strutturale	Flesso-estensione cervicale (nel caso si eseguisse il test nella posizione dello Slump test)

Figura 27: Test Neurodinamico Peroneale (PNT)

6.4 Test Neurodinamico Surale (SNT)

Il test neurodinamico per il nervo surale (SNT) viene adoperato per esaminare una possibile disfunzione meccanica nonché la meccanosensibilità del nervo omonimo. Poiché questo nervo decorre lungo l'aspetto postero-laterale di piede, gamba e caviglia, viene messo in tensione con un movimento in dorsiflessione/inversione di quest'ultima in associazione allo Straight Leg Raise. Il nervo può venire coinvolto in distorsioni tibio-tarsiche, soprattutto in quelle più gravi.

INDICAZIONI

Il SNT è indicato quando i sintomi vengono lamentati nella parte postero-laterale della gamba, della caviglia e del piede, ad esempio in caso di esiti di distorsione di caviglia, radicolopatia S1, sindrome del cuboide e tendinosi del peroneo.

PAZIENTE: come per il test SLR.

TERAPISTA: come per il test SLR.

PRESA: La mano prossimale passa medialmente attorno al piede e lo afferra nella sua porzione anteriore; la mano distale passa posteriormente e poi medialmente attorno alla tibia e al ginocchio.

La mano prossimale controlla il piede afferrandolo dalla sua parte mediale, passando con le dita sotto la pianta, per poi raggiungerne l'aspetto laterale a livello del quinto metatarso e del cuboide; la mano distale avvolge a culla la gamba del paziente, passando prossimalmente e medialmente intorno al polpaccio, per afferrare il ginocchio sulla faccia anteriore della tuberosità tibiale (azione a spirale). In questo modo il terapista è in grado di fissare il ginocchio in estensione applicando una pressione sul piatto tibiale in direzione posteriore.

ESECUZIONE: il primo movimento da effettuare è la dorsiflessione/inversione dell'articolazione tibio-tarsica, successivamente l'arto da testare viene portato, mantenendo l'estensione del ginocchio, in flessione d'anca attraverso il raddrizzamento del tronco del terapista e lo spostamento del peso dal piede distale verso quello prossimale.

RISPOSTA NORMALE: in soggetti normali, il range di movimento in flessione d'anca raggiungibile con questo test tende ad essere leggermente inferiore all'SLR standard e si aggira tra i 30°-60°. Con una risposta normale si dovrebbe avvertire tensione/allungamento nella regione laterale della caviglia, che ogni tanto può estendersi verso l'aspetto postero-laterale del polpaccio.

MOVIMENTI DI SENSIBILIZZAZIONE: i movimenti sensibilizzanti il test sono la flessione controlaterale della colonna lombare, l'esecuzione dello stesso in posizione di *Slump test* e l'aggiunta dell'intrarotazione/adduzione d'anca.

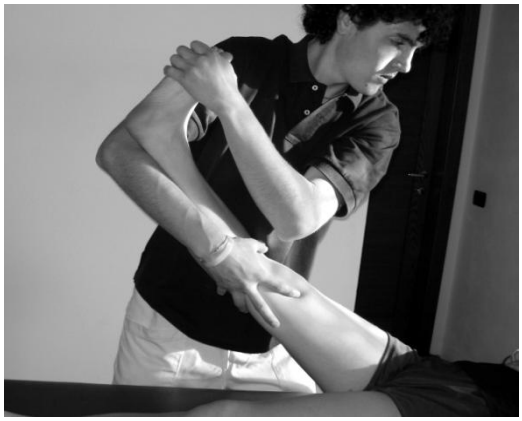

Figura 28: Test neurodinamico surale

DIFFERENZIAZIONE STRUTTURALE

La resistenza incontrata, l'angolo di elevazione al momento dell'insorgenza del dolore (sintomi) e il sito dello stesso vengono registrati dal terapista. Una risposta normale dovrebbe consistere in una tensione e allungamento nella parte posteriore della coscia che si irradia verso la parte posteriore del ginocchio e ogni tanto nel terzo superiore del polpaccio. Il raggio di movimento varia tra circa 50°-100°.

Se il test risulta limitato o induce sintomi monolateralmente o, ancora, appare limitato bilateralmente a meno di 50°, allora bisognerà ripetere il test introducendo delle manovre di differenziazione strutturale per tensionare ulteriormente le strutture nervose in esame. La riproduzione dei sintomi tramite uno di questi ulteriori movimenti può indicare la positività del test, suggerendo un coinvolgimento del sistema nervoso periferico (SNP), con il sito del dolore ad individuare la radice nervosa coinvolta.

Se i sintomi sono prossimali conviene usare la flessione dorsale di caviglia; se invece sono distali è opportuno optare per la flessione d'anca.

Test Neurodinamico Surale (SNT)	
Struttura indagata	Nervo surale
Movimento test	Dorsiflessione tibio-tarsica con inversione + SLR
Manovra di sensibilizzazione	Inclinazione controlaterale della colonna lombare, flessione del tronco con flessione cervicale (posizione Slump); rotazione mediale con adduzione d'anca
Differenziazione strutturale	Flessione dorsale e plantare tibio-tarsica; flesso-estensione cervicale (nel caso si eseguisse il test nella posizione dello Slump test)

Figura 29: Test Neurodinamico Surale (SNT)

6.5 Straight Leg Raise Bilaterale (BSLR)

Questo test risulta eccellente per produrre movimento nel midollo spinale nelle regioni toraciche e cervicali grazie alla produzione di forze da ambo i lati del sistema neurale. Il movimento del midollo a livello delle regioni toraciche e cervicali avviene in direzione caudale e in questo modo, con un SLR bilaterale, le forze di tensione generate a livello del midollo superiore sono abbastanza basse; tale tensione aumenta però quando la colonna è in flessione. L'SLR bilaterale è usato per mobilizzare i segmenti superiori del midollo.

INDICAZIONI

L'SLR bilaterale è indicato in quadri con sintomi riferibili a disfunzioni neurodinamiche nei segmenti spinali. Tali sintomi sono spesso localizzati simmetricamente o centralmente, e possono essere individuati anche nel canale spinale più prossimale, come nel tratto toracico e cervicale.

Inoltre è adatto quando c'è il sospetto che vi sia una mancanza di movimento caudale delle strutture neurali nel canale spinale.

Lo scopo del test è produrre un movimento caudale del midollo all'interno del canale spinale.

PAZIENTE: posizionato simmetricamente, supino e vicino al bordo del lettino.

TERAPISTA: il terapista si pone vicino alle caviglie del paziente rivolto cranialmente.

PRESA: mano distale, che andrà poi ad eseguire il movimento del test, sotto i polpacci del paziente. Mano prossimale appena prossimale alle ginocchia del paziente in modo da prevenire una flessione delle stesse.

ESECUZIONE: le gambe vengono alzate solo fino a che il terapista riesce a posizionare il suo ginocchio sul lettino sotto le gambe del paziente: in questa maniera si avrà abbastanza supporto e una buona leva per completare il movimento. Successivamente la mano prossimale viene posizionata sopra le ginocchia del paziente per impedirne una flessione.

La flessione delle anche viene eseguita dal terapista arcuando il suo corpo in direzione craniale intorno all'anca del paziente, usando la gamba che è piazzata sul lettino come aiuto. (Progredendo il movimento, il terapista dovrà modificare la posizione del piede per adattarsi al cambiamento delle forze prodotte dalla manovra).

Figura 30: Procedura d'esecuzione dell'SLR bilaterale

DIFFERENZIAZIONE STRUTTURALE: in questo caso è opportuno adottare l'aggiunta, attiva o passiva, della flessione dorsale delle articolazioni tibio-tarsiche.

RISPOSTA NORMALE: una risposta normale al test consiste in una sensazione di tensione/allungamento nella parte posteriore delle cosce; il raggio di movimento possibile in flessione d'anca (a livello osteocinematico) è di circa 50°-100°.

Straight Leg Raise Bilaterale (BSLR)	
Struttura indagata	Test eccellente per produrre movimento nel midollo spinale nelle regioni toraciche e cervicali
Movimento test	Flessione di entrambe le anche mantenendo le ginocchia estese (SLR bilaterale)
Manovra di sensibilizzazione	Flessione cervicale
Differenziazione strutturale	Flessione dorsale e plantare delle articolazioni tibio-tarsiche

Figura 31: Straight Leg Raise Bilaterale (BSLR)

6.6 Slump Test

Lo *Slump test* è usato per valutare la dinamica delle strutture neurali del sistema nervoso centrale e periferico della testa, del midollo spinale, del tratto del nervo sciatico e delle sue estensioni nel piede.

INDICAZIONI

Viene generalmente utilizzato come test preliminare in caso di sospetto di un problema neurodinamico nella sintomatologia lamentata dal paziente e/o nel riscontro di segni oggettivi che possano ricondurre ad una sindrome radicolare.

Tecnicamente, ogni sintomo che dalla testa ai piedi può collegarsi ad un disturbo neurodinamico del sistema nervoso può essere un buon motivo per eseguire lo Slump test.

Condizioni comuni riguardano mal di testa, dolore da ambo i lati della colonna o alle spalle, problemi nella regione pelvica e dolore agli arti inferiori localizzato nella distribuzione del nervo sciatico o nelle sue estensioni.

Il test valuta l'escursione dei tessuti neurali all'interno del canale vertebrale e dei forami intervertebrali, rilevando menomazioni nella mobilità del tessuto neurale stesso. Tali restrizioni di mobilità neurale possono essere causate da diverse fonti quali stenosi del canale, protrusioni o ernie discali laterali, aderenze delle radici nervose e impingement vertebrali.

La flessione spinale completa, o flessione cervicale, toracica e lombare della colonna vertebrale, produce un allungamento del canale vertebrale e, di conseguenza, anche della dura madre, trasmettendo in questo modo la tensione al midollo spinale, ai rivestimenti delle radici nervose lombosacrali e alle radici nervose stesse. Durante la completa flessione della colonna vertebrale, la cauda equina viene messa in tensione e le radici nervose lombosacrali con i loro rivestimenti esterni sono poste a contatto con i peduncoli della vertebra superiore. Quando viene introdotta l'estensione del rachide cervicale, la dura madre e le radici nervose si rilasciano, dal momento appunto che il canale vertebrale viene accorciato.

Le risposte allo *Slump test* sono valutate, in parte, confrontando le risposte osservate in individui senza dolore lombare o segni di coinvolgimento radicolare; per interpretare con maggior precisione lo Slump test, il clinico deve essere in grado di distinguere restrizioni del movimento, indicative di dolore o disfunzione, e limitazioni del movimento, che possono essere considerate invece delle normali risposte individuali (Johnson 1997).

PAZIENTE: seduto con la parte posteriore delle ginocchia (cavi poplitei) contro il bordo del lettino e le cosce parallele; sacro verticale rispetto al lettino. Le mani sono posizionate dietro la schiena, appoggiate al lettino e con i palmi rivolti verso l’alto.

TERAPISTA: in piedi di fianco al paziente.

PRESA: la presa è variabile in relazione alle diverse fasi del test (vedi Esecuzione).

ESECUZIONE: il terapista si inclina verso le spalle del paziente e porta il braccio prossimale sopra le spalle, pronto a guidare la parte superiore del tronco e i movimenti del collo.

L'esecuzione del test prevede in successione le seguenti manovre:

1) Flessione toracica e lombare (Slump)

L'effetto è quello di inarcare/piegare la colonna (e quindi midollo) tra C7 e le articolazioni delle anche e non di determinare compressione, effetto secondario. Bisogna assicurarsi che il sacro sia verticale alla fine di questa manovra per ragioni di consistenza del test.

2) Flessione cervicale

Il paziente lentamente abbassa la testa verso il petto per indurre la provocazione dei sintomi. Il terapista pone la sua mano più lontana sulla fronte del paziente e controlla la velocità e l'ampiezza della flessione del collo. Il raggio di movimento raggiunto viene poi mantenuto dal terapista cambiando la posizione della sua mano così che il palmo della mano più vicina rimane sull'occipite del paziente. L'azione della mano che è sopra l'occipite del paziente è quella di prevenire il rilassamento della flessione cervicale, invece che applicare sovrappressione in flessione: normalmente si riceve sufficiente informazione senza eseguire la sovrappressione, la quale, per questa ragione, non dovrebbe far parte dello standard Slump test. Tuttavia, una sovrappressione in flessione cervicale può essere un'addizione molto utile al test standard per una valutazione più approfondita. Il suo beneficio è quello di scoprire anche minime alterazioni e risulta una parte importante nella diagnosi di risposte anomale celate. Nei pazienti con questo tipo di anomalie il collo mostra più tensione della norma e il terapista può avvertire un'elevazione del capo come tentativo di diminuire la flessione cervicale.

Il terapista applica una pressione sul processo spinoso di C7 con l'aspetto mediale del proprio avambraccio/gomito. Questo assicura che la mano sia libera di poggiare sull'occipite del paziente dopo la fase di flessione del collo. L'utilizzo dell'avambraccio mediale/gomito permette inoltre al terapista di applicare quantità diverse di pressione tra C7 e l'occipite, a seconda della scelta della tecnica, e consente di scaricare la pressione dalla testa del paziente pur mantenendo costante il carico su C7. La direzione della pressione è da C7 verso le articolazioni delle anche, in modo da ridurre la distanza cranio-caudale esistente tra questi due punti.

La mano che non controlla la flessione cervicale (mano più distante) è libera di lavorare con gli arti inferiori.

3) Estensione di ginocchio

Può essere eseguita attivamente o passivamente, secondo la discrezione del terapista, e può variare da paziente a paziente (una combinazione delle due può essere l'opzione ideale).

Quando si esegue l'estensione del ginocchio, il terapista sostiene la caviglia del paziente. Durante l'esecuzione di tale manovra è fondamentale controllare che il paziente non faccia movimenti estranei alla stessa: a tal fine può essere utile per il terapista mantenere la sua mano più vicina e l'avambraccio mediale sull'occipite e sul processo spinoso di C7 del paziente, esattamente nella stessa posizione raggiunta nello step precedente.

4) Flessione dorsale tibio-tarsica

Si tratta di un movimento di sensibilizzazione/differenziazione e finalizza lo Slump test. Per effettuarla in forma corretta occorre seguire il movimento mantenendo il piede con tutta la mano.

Figura 32: Slump test. In ordine: seduta normale, seduta slump, flessione cervicale, estensione di ginocchio

Figura 33: Manovre di sensibilizzazione (dorsiflessione tibio-tarsica) e di differenziazione (estensione cervicale) dello Slump test

MOVIMENTI DI SENSIBILIZZAZIONE

I movimenti di sensibilizzazione sono rappresentati dalla flessione laterale controlaterale della colonna (controlaterale rispetto all'arto inferiore dove il ginocchio viene esteso), rotazione interna e adduzione d'anca e movimenti del piede in relazione a ciascuno dei nervi periferici.

DIFFERENZIAZIONE STRUTTURALE

Se durante il test vengono evocati sintomi prossimali (ad esempio a livello lombare) è utile servirsi di movimenti distali, quali l'aggiunta e la rimozione della 72ontro laterale tibiotarsica; tali sintomi possono anche essere differenziati rilasciando la flessione cervicale.

Nel rilasciare la flessione del collo è importante che il resto del corpo del paziente non compia alcun movimento; per evitare ciò il terapista toglie la mano dall'occipite del paziente per svincolare la flessione cervicale e la testa viene estesa. La pressione esercitata dalla regione mediale del gomito sul processo spinoso di C7 deve rimanere costante, perché modificarla vorrebbe dire alterare le componenti di flessione toracica e lombare dello Slump test.

RISPOSTA NORMALE

- Posizione seduta: nessun sintomo.
- Flessione toracica e lombare: sintomi che si estendono nella regione medio-toracica.
- Estensione di ginocchio: sensazione di tensione che si estende lungo la coscia posteriore e nella regione del ginocchio e che può espandersi fino alla porzione superiore del polpaccio. Durante l'estensione di ginocchio, i sintomi nella regione medio-toracica possono aumentare, diminuire o rimanere invariati. Il range in estensione di ginocchio può essere completo o arrivare anche solo a un deficit di 30° in soggetti più rigidi.
- Dorsiflessione tibiotarsica: si dovrebbe produrre un aumento dei sintomi nella coscia posteriore e al ginocchio.
- Rilascio della flessione cervicale: questo movimento permette una riduzione dei sintomi lungo la coscia posteriore e al ginocchio, e la quantità di movimento in estensione di ginocchio e dorsiflessione tibiotarsica dovrebbe aumentare, rappresentando, pertanto, una manovra di differenziazione strutturale.

Trainor K e Pinnington MA (Trainor 2011) si sono proposti nel loro studio pilota di stabilire la validità diagnostica dello *Slump test* in caso di compressione delle radici nervose lombari medio/alte in soggetti con dolore ad origine radicolare.

Due esaminatori indipendenti eseguirono lo *Slump test* su 16 soggetti con dolore radicolare alla gamba, calcolando l'affidabilità inter-tester utilizzando il coefficiente kappa. Gli esiti delle prove di Slump

sono stati confrontati con i risultati della risonanza magnetica, e sono state quindi calcolate le misure di accuratezza diagnostica quali sensibilità, specificità, valori predittivi e rapporti di verosimiglianza (Likelihood Ratio).

I risultati dello studio indicarono che tutti e quattro i soggetti con accertata compressione radicolare (da risonanza magnetica) sono stati correttamente identificati con lo Slump test; tuttavia, sono stati prodotti due falsi positivi in due individui senza tale condizione. L'affidabilità inter-tester dello Slump test, utilizzando il coefficiente kappa, è stato di 0,71 (con un intervallo di confidenza al 95% da 0,33 a 1,0). I calcoli della validità diagnostica del test (intervalli di confidenza al 95%) sono stati: sensibilità 100% (da 40 a 100%); specificità 83% (da 52 a 98%), valore predittivo positivo 67% (da 22 a 96%); valore predittivo negativo 100% (69 a 100%); LR positivo 6,0 (1,58-19,4), e LR negativo pari a 0 (da 0 a 0,6).

Da questo studio è emersa quindi l'esistenza di una buona affidabilità inter-tester relativa allo Slump test, suggerendolo come test clinico potenzialmente utile per identificare pazienti con compressioni radicolari lombari medio/alte. Sono ovviamente necessarie ulteriori indagini su un numero maggiore di pazienti per confermare tali risultati.

Herrington L, nel suo studio (Herrington 2008) reclutò 88 soggetti (39 maschi e 49 femmine) con l'intento di valutare l'effetto della differenziazione strutturale e delle manovre di sensibilizzazione sulle risposte ai test standard neurodinamici di SLR e Slump; i soggetti erano asintomatici ed avevano un'età compresa tra i 18-39 anni con età media di 21,9 ± 4,1 anni. Durante lo *Slump test* venne misurato l'angolo di flessione del ginocchio (tramite goniometro) nelle due condizioni di flessione cervicale prima ed estensione poi.

Nell'SLR è stato invece misurato l'angolo di flessione dell'anca nelle due condizioni di caviglia in dorsiflessione prima e in posizione neutra poi.

Per quanto riguarda il cambiamento nei gradi di flessione di ginocchio nello Slump test, dopo l'aggiunta della manovra differenziazione di strutturale (intendendo in questo caso la flessione cervicale), sono stati riscontrati degli aumenti statisticamente significativi: l'incremento medio nell'angolo di flessione di ginocchio nei maschi è stato di 6,6° ± 4,7 e nelle femmine di 5,4° ± 5,8. Per entrambi i soggetti, maschili e femminili, l'aggiunta della flessione cervicale ha portato così ad un incremento statisticamente significativo nell'angolo di flessione di ginocchio ($p < 0,01$).

Durante l'SLR si è registrata una riduzione significativa della flessione d'anca a seguito della differenziazione strutturale (dorsiflessione tibio-tarsica) per entrambi i gruppi: in quello maschile si è notata una riduzione del range in flessione d'anca di 9,5° ± 8,3 mentre nelle femmine è stata registrata una diminuzione di 15,2° ± 9,5. Sia nei soggetti maschili che femminili l'aggiunta della dorsiflessione

tibio-tarsica ha portato a un decremento statisticamente significativo del range in flessione d'anca ($p < 0,01$).

Gli autori hanno concluso che le manovre di differenziazione strutturale possono avere un effetto significativo sulle risposte ai test neurodinamici, per quanto riguarda il ROM raggiungibile, anche in individui asintomatici; l'inserimento delle componenti di differenziazione risulta quindi un elemento da tenere in considerazione durante il processo di ragionamento clinico.

Lo scopo dello studio di Johnson EK e Chiarello CM (Johnson 1997) è stato quello di esaminare l'effetto sul ROM in estensione di ginocchio raggiungibile durante lo *Slump test* da parte della tensione che viene esercitata nelle strutture del sistema nervoso in seguito ai movimenti della colonna cervicale e degli arti inferiori,. In 34 individui maschi senza storia significativa di lombalgia è stato eseguito lo *Slump test* con la colonna cervicale in flessione e in estensione, in ciascuna delle tre posizioni degli arti inferiori quali: 1) rotazione neutra dell'anca e caviglia in posizione di comfort soggettivo (neutra), 2) anca in rotazione neutra con caviglia dorsiflessa e 3) rotazione mediale dell'anca con dorsiflessione della caviglia.

I risultati hanno mostrato riduzioni significative nel ROM attivo in estensione di ginocchio (11,2° e 4,9°; intesi come gradi di limitazioni dell'estensione di ginocchio; $p < 0,0001$) nelle condizioni del test in flessione cervicale rispetto a quelle di estensione cervicale. I soggetti hanno inoltre presentato diminuzioni significative nel ROM in estensione attiva di ginocchio ($p < 0,0001$) passando da una posizione neutra di caviglia ad una posizione in rotazione mediale d'anca con caviglia dorsiflessa.

I risultati del presente studio hanno indicato quindi che, in un campione di giovani maschi adulti e in assenza di patologie, le limitazioni nel ROM terminale in estensione di ginocchio possono essere considerate delle normali risposte allo *Slump test* con le componenti di flessione cervicale, dorsiflessione di caviglia e rotazione mediale d'anca.

Nello studio di J Walsh (Walsh 2007) sono stati testati 84 soggetti sani utilizzando una procedura standardizzata:

Procedura

Per tutti i soggetti è stato usato l'arto inferiore sinistro. Si è supposto che, poiché i soggetti erano asintomatici, le risposte sarebbero state simili da ambo i lati. Per spiegare il test ad ogni soggetto sono state date dall'esaminatore istruzioni verbali standardizzate. E' stato chiesto quindi di sedersi sul lettino il più indietro possibile, con le ginocchia attaccate al bordo dello stesso (posizione di partenza standard).

La procedura è stata divisa in quattro fasi: 1) SS (seduta slump), nella quale al soggetto veniva chiesto di mettere le mani dietro la schiena e di piegarsi in avanti a livello toracico e lombare. Successivamente veniva indicato di flettere anche il rachide cervicale, come ad "infilare" il mento nel torace. 2) KE (estensione di ginocchio), mantenendo la posizione raggiunta al primo step, il soggetto doveva estendere il ginocchio sinistro fino a completarne, se possibile, l'estensione. 3) AD (dorsiflessione di caviglia), nel quale è stato indicato appunto di dorsiflettere la caviglia. 4) CE (estensione cervicale), mantenendo la medesima posizione degli arti inferiori, il soggetto doveva riestendere il collo (manovra di differenziazione strutturale). Il test è stato eseguito sempre dallo stesso operatore al fine di aumentarne la consistenza. Sono stati registrati prevalenza, intensità, posizione e natura delle risposte (allungamento, discomfort, tensione, dolore, "tirare", calore, indolenzimento, dolore acuto, nervoso, bruciore, formicolio) in ogni fase dello Slump test: seduta slump (SS), estensione di ginocchio (KE), dorsiflessione di caviglia (AD), ed estensione cervicale (CE). Di tutti i soggetti, il 97,6% ha riferito una risposta sensoriale durante lo Slump test. La prevalenza delle risposte è aumentata in modo significativo dal 29,8% della fase SS al 94% di quella KE, diminuendo poi significativamente dal 97,6% nella fase AD al 65,5% dell'ultimo step CE. L'intensità media delle risposte (scala VAS) è aumentata in modo significativo da 0/10 a SS, 4/10 al KE, a 6/10 ad AD, per poi diminuire in modo significativo a 2/10 al CE. Con la sola componente SS le risposte sensoriali sono state riscontrate con maggior frequenza nella schiena o al collo, ma nelle fasi successive le risposte si verificavano più comunemente nella coscia posteriore, ginocchio e polpaccio.

I descrittori sintomatici più utilizzati sono stati "sensazione di allungamento", "tensione" e "tirare". Circa l'80% dei soggetti ha riferito un completo o parziale sollievo della risposta sintomatica a seguito dell'estensione cervicale, il che indica che le risposte precedentemente evocate avevano un'origine prettamente neurale.

Il 29,8% dei soggetti che hanno avuto una risposta sensoriale durante la fase SS hanno avvertito il sintomo nella regione della schiena o del collo, mentre per le successive tre fasi del test le regioni più colpite risultavano essere la coscia, il ginocchio e il polpaccio.

Effetto dell'estensione cervicale: il calo significativo nella prevalenza e nell'intensità delle risposte da AD (ankle dorsifklexion) a CE (cervical extension) suggerisce che l'estensione cervicale riduca il carico meccanico sui tessuti neurali. Nel presente studio, infatti, il 79,2% dei soggetti che si sono mostrati positivi allo *Slump test* (riportanti quindi una qualsiasi risposta sensoriale durante l'esecuzione dello stesso) hanno anche avuto uno sgravio totale o parziale della risposta a seguito dell'estensione cervicale. Il fatto che il modificarsi della posizione cervicale abbia un profondo effetto sui sintomi

relativi agli arti inferiori conferma il razionale che questi sintomi distali non abbiano un'origine locale, ma siano piuttosto dovuti ai cambiamenti nel carico meccanico applicato alla continuità del sistema nervoso. Ciò indica che la normale risposta allo *Slump test* sia di fatto neurogenica.

In conclusione, i dati di questo studio possono essere utilizzati come punto di riferimento nell'esecuzione dello *Slump test* nell'esame dei disturbi lombari con o senza irradiazione agli arti inferiori.

Lo studio di Lew PC e Briggs CA (Lew 1997) è andato ad indagare l'effetto dell'estensione cervicale, valutando, inoltre, il coinvolgimento degli ischio-crurali sull'origine della sintomatologia evocata dal test. E' importante, infatti, durante l'esecuzione del test, distinguere tra dolore posteriore alla coscia originante dai tessuti neurali rispetto a quello dovuto ad un interessamento dei muscoli ischiocrurali (come ad esempio un eccesso di tensione degli stessi). Lo scopo di questo studio è stato quello di determinare se il cambiamento della posizione cervicale durante lo *Slump test* fosse in grado di alterare il dolore posteriore alla coscia e/o la tensione nel muscolo bicipite femorale. I soggetti reclutati, asintomatici e di età compresa tra i 18 ei 30 anni, sono stati valutati utilizzando la scala analogica visiva (VAS) per i livelli di dolore durante la flessione ed estensione cervicale. La fissazione del bacino, ottenuta tramite un dispositivo appositamente progettato per standardizzare le misurazioni, si è rivelata molto efficace, in quanto non sono state riscontrate differenze significative nella posizione del bacino o del ginocchio durante i cambiamenti della posizione cervicale. I risultati hanno riportato una diminuzione del 40% ($p < 0,05$) nel dolore posteriore alla coscia durante l'estensione cervicale e non sono state osservate differenze significative nelle letture elettromiografiche degli ischio-crurali durante i movimenti cervicali.

Le conclusioni a cui sono giunti gli autori hanno evidenziato che, durante lo Slump test, (1) il movimento cervicale non influenza il grado di attivazione e/o tensione muscolare del bicipite femorale, e (2) l'aumento del dolore durante la flessione cervicale non è dovuto a disfunzioni del muscolo bicipite femorale. Questo sta ad indicare che il dolore posteriore alla coscia evocato con lo *Slump test* ed alleviato con l'estensione cervicale deriva da strutture neurali e non, invece, dal muscolo bicipite femorale.

Si può affermare quindi che lo *Slump test* può suscitare reazioni di intensità significativa anche in soggetti asintomatici, con una localizzazione delle risposte prevalentemente nell'aspetto posteriore degli arti inferiori, e che l'estensione cervicale possa parzialmente o completamente rimuovere la maggior parte delle sensazioni evocate.

Il meccanismo sottostante l'origine di queste risposte è del tutto fisiologico e non per forza indicativo di patologia.

Queste sensazioni vengono generalmente descritte dal paziente in un'ampia varietà di modi, ricordando tra le più comuni "tirare", "allungare" e "tensione", che vengono spesso lamentate nella parte posteriore della coscia e del ginocchio, o nel polpaccio durante le ultime fasi del test; le reazioni evocate sono generalmente di intensità moderata, che gradualmente vanno ad aumentare attraverso le prime tre fasi del test per poi decrescere nell'ultima fase, rappresentata dall'estensione cervicale, intesa in questo modo come manovra di differenziazione strutturale.

Che una risposta così importante possa essere prodotta anche in soggetti asintomatici è indice di una natura provocativa del test, elemento per cui dovrebbe essere applicato con cautela, specialmente nei casi di sintomi gravi o strutture molto irritabili, ma anche molto importante, considerato nel contesto dell'intero esame clinico.

La riproduzione dei sintomi, la presenza di differenze rispetto all'arto controlaterale asintomatico o significative deviazioni da una risposta considerata normale, sono elementi che danno positività al test: uno Slump test positivo attribuisce al tessuto neurale l'origine dei sintomi. Risposte differenti dai sintomi lamentati dal paziente possono essere semplicemente un artefatto del test, tipico di una risposta normale in soggetti asintomatici, e che non devono far pensare in questo caso ad una positività dello stesso. Il confronto bilaterale risulta ad ogni modo fondamentale nell'interpretazione dello *Slump test* (Walsh 2007).

Di particolare interesse risulta l'esito dello *Slump test* in un gruppo di donne con esiti di "Colpo di frusta" (Yeung 1997). Yeung nel suo studio (Yeung 1997) volle valutare le differenze nelle risposte allo *Slump test* in 60 soggetti: 40 donne asintomatiche e 20 con dolore cervicale dopo un episodio di Whiplash nei precedenti 12 mesi. I risultati hanno dimostrato che l'aggiunta dell'estensione di ginocchio e della dorsiflessione tibiotarsica hanno prodotto un significativo aumento dell'intensità dei sintomi cervicali nel gruppo di donne con colpo di frusta; inoltre, rispetto al gruppo di controllo, il gruppo "colpo di frusta" ha mostrato una maggiore limitazione nel range in estensione di ginocchio raggiungibile con lo Slump test. Tali differenze suggeriscono che alterazioni patologiche del sistema nervoso o dei tessuti adiacenti ad esso in grado di influenzarne i meccanismi, possono essere un fattore contribuente ai sintomi cervicali in pazienti con esiti di colpo di frusta.

La continuità del sistema nervoso centrale (SNC) e periferico (SNP) dal punto di vista meccanico, elettrico e chimico fornisce la base sottostante la loro capacità di trasmissione di tensione e vulnerabilità durante un episodio di Whiplash. Il sistema neurale, includendo in esso sia il tessuto

nervoso che il connettivo che lo ricopre e lo supporta, ha la caratteristica fondamentale di adattabilità plastica durante i movimenti del canale spinale: ad esempio, nei movimenti della colonna, i tessuti del sistema neurale inclusi nel canale spinale subiscono un considerevole cambiamento in lunghezza, che può arrivare fino ai 9 cm durante la flessione completa.

Slump test	
Struttura indagata	Strutture neurali del sistema nervoso centrale e periferico della testa, del midollo spinale, del tratto del nervo sciatico e delle sue estensioni nel piede.
Movimento test	1) Flessione toracica e lombare (Slump) 2) Flessione cervicale 3) Estensione di ginocchio 4) Dorsiflessione tibio-tarsica
Manovra di sensibilizzazione	Inclinazione controlaterale della colonna (controlaterale rispetto all'arto inferiore dove il ginocchio viene esteso); rotazione interna con adduzione d'anca; movimenti del piede in relazione a ciascuno dei nervi periferici
Differenziazione strutturale	Dorsiflessione tibio-tarsica; flesso-estensione cervicale

Figura 34: Slump test

Articolo	Sensibilità	Specificità	VPP	VPN	Likelihood Ratio POSITIVO	Likelihood Ratio NEGATIVO
Majlesi J et al. 2008, **The sensitivity and specificity of the Slump and the Straight Leg Raising tests in patients with lumbar disc herniation** Journal of Clinical Rheumatology. Apr;14(2):87-91	0,84	0,83				
Trainor K e Pinnington MA 2011 **Reliability and diagnostic validity of the slump knee bend neurodynamic test for upper/mid lumbar nerve root compression: a pilot study** Physiotherapy 97(1):59-64. Epub 2010 Aug 1.	1	0,83	0,67	1	6	0

Figura 35: Tabella riassuntiva riportante i livelli di affidabilità dello Slump test secondo i vari autori

6.7 Slump Test Bilaterale

Nella valutazione clinica generalmente si dovrebbero eseguire prima i test unilaterali, poi, in caso di bisogno di ulteriori informazioni, è possibile eseguire delle variazioni bilaterali.

Le indicazioni per l'esecuzione di tali manovre riguardano problemi simmetrici, specialmente dolore lombare nella parte media, e le condizioni che determinano sintomi bilaterali in seguito al mantenimento prolungato di una determinata posizione. Le tecniche bilaterali sono meno efficaci per problemi unilaterali.

DIFFERENZIAZIONE STRUTTURALE

Per sintomi prossimali è opportuno utilizzare movimenti distali quali la flessione dorsale delle tibio-tarsiche. Per sintomi distali bisognerà invece usare movimenti prossimali come la flessione del collo, assicurandosi al contempo che il resto del corpo non si muova.

RISPOSTA NORMALE

In posizione seduta non si dovrebbero avere sintomi. La flessione toracica e lombare va poi a mettere in tensione la parte media della regione toracica.

L'estensione delle ginocchia determina tensione nella regione posteriore della coscia e del ginocchio, che può estendersi fino alla parte superiore del polpaccio. Durante l'estensione delle ginocchia, la tensione nella regione toracica media può aumentare, diminuire o rimanere invariata. Il raggio di movimento in estensione di ginocchio può raggiungere la completezza, ma può fermarsi già a 30° anche in soggetti normali (soprattutto in persone già "rigide" naturalmente).

La flessione dorsale delle caviglie provoca un aumento della tensione nella parte posteriore della coscia e sintomi al ginocchio. Rilassando la flessione cervicale si otterrà una riduzione della tensione posteriore alla coscia e dei sintomi al ginocchio, con eventualmente un concomitante guadagno nel movimento in estensione dello stesso e nella flessione dorsale delle caviglie.

N.B. Durante l'intera esecuzione del test è necessario mantenere il sacro in posizione verticale; il non rispetto di questo accorgimento porta ad una inconsistenza sia intra- che inter-operatore (Johnson 1997) (Shacklock 2005).

Figura 36: Slump test bilaterale (posizione finale)

Slump test bilaterale	
Struttura indagata	Strutture neurali del sistema nervoso centrale e periferico della testa, del midollo spinale, del tratto del nervo sciatico e delle sue estensioni nel piede.
Movimento test	1) Flessione toracica e lombare (Slump) 2) Flessione cervicale 3) Estensione di entrambe le ginocchia 4) Dorsiflessione delle articolazioni tibio-tarsiche
Manovra di sensibilizzazione	Non indicata
Differenziazione strutturale	Dorsiflessione delle articolazioni tibio-tarsiche; flesso-estensione cervicale

Figura 37 Slump test bilaterale

6.8 Prone Knee Bend (PKB)

INDICAZIONI

Tale test viene utilizzato in casi di dolore alla schiena e sintomi che seguono il decorso del nervo femorale. Questo include le regioni dell'inguine, dell'anca, casi di dolore nella coscia e nel ginocchio.

PAZIENTE: prono sul lettino e simmetrico. Occorre usare il foro per il viso che c'è nel lettino per non inserire alcuna rotazione cervicale; in alternativa il paziente può collocare le sue mani sotto la fronte. Le cosce sono posizionate parallelamente tra loro per evitarne l'adduzione o l'abduzione.

TERAPISTA: posizionato lateralmente al paziente.

PRESA: la mano distale afferra la caviglia del paziente; quella prossimale dapprima non esegue alcuna presa (prima fase del test), dopodiché va a fissare il sacro con una pressione a mano aperta in direzione del lettino (seconda fase del test, differenzazione strutturale).

ESECUZIONE: il terapista flette passivamente il ginocchio del paziente con la mano distale.

E' necessario prendere nota di:

- movimenti del bacino e della colonna durante la respirazione;
- quando e come si muovono il bacino e la colonna. I movimenti possono essere diversi da quelli che avvengono nella parte asintomatica e possono essere collegati al problema clinico.
- flessione laterale lombare ipsilaterale.

Anche se può mostrare delle deviazioni fisiche, il *Prone Knee Bend* non sempre evoca sintomi anormali. Questo significa che il clinico deve fare affidamento a test addizionali più sensibili per accertarsi del significato dei risultati. Un aspetto chiave per ulteriori investigazioni sta nell'uso della differenziazione strutturale.

MOVIMENTI DI SENSIBILIZZAZIONE: l'estensione d'anca o l'aggiunta di una flessione controlaterale lombare dovrebbero aumentare la tensione esercitata sulle radici lombari e/o sul nervo femorale.

DIFFERENZIAZIONE STRUTTURALE – Mal di schiena

Spesso il *Prone Knee Bend*, nella sua forma usuale, non differenzia il coinvolgimento dei sistemi nervoso e muscolo-scheletrico. La ragione di questo è che il test applica tensione al muscolo retto femorale che, attraverso la sua inserzione prossimale all'ileo, induce una rotazione anteriore di bacino ed un'estensione della colonna lombare. Questo, a sua volta, va a coinvolgere i dischi intervertebrali, le articolazioni zigoapofisarie, i muscoli e le strutture neurali del complesso lombo-pelvico, rendendo in questo modo il test aspecifico.

E' conveniente utilizzare quindi la seguente procedura d'esecuzione del test:

Step 1: flessione del ginocchio – in questa fase del test è ammesso che un certo movimento lombopelvico avvenga naturalmente, ma i sintomi risultanti e gli eventi fisici (quali ad esempio tilt anteriore di bacino o aumento della lordosi lombare) dovrebbero essere osservati, particolarmente se viene riprodotto dolore alla schiena. La successiva seconda manovra (*step 2*) procura un paragone e offre un'evidenza del coinvolgimento neurale.

Step 2: il terapista previene il movimento pelvico fissando il sacro manualmente mentre effettua di nuovo la flessione di ginocchio. Questo riduce la probabilità di una fonte di dolore muscolo-scheletrico poiché le strutture lombopelviche vengono mantenute ferme durante la procedura. Se compare dolore alla schiena o lungo la parte anteriore della coscia, che non si manifestava con la sola flessione di ginocchio dove il movimento pelvico era permesso, oppure se in tal caso il dolore risulta più forte, questo costituisce l'evidenza di un coinvolgimento neurale: i sintomi della prima manovra (*step 1*) derivano dal movimento muscolo-scheletrico e neurale, mentre quelli della seconda (*step 2*) vengono attribuiti verosimilmente al movimento neurale. Un aumento del dolore alla schiena o alla coscia con una riduzione del movimento lombopelvico tra i due test suggerisce in questo modo un coinvolgimento neurale.

La pressione sul sacro potrebbe dare una risposta locale dolorosa di tipo muscolo-scheletrica, attribuibile credibilmente all'articolazione sacroiliaca; al contrario, una risposta neurale fa sì che, mantenendo fermo il bacino, si determini un aumento dei sintomi nel PKB.

Step 3: consiste nel riportare l'arto in posizione neutra e applicare la stessa pressione sul sacro come al punto 2, ma questa volta in isolamento. Se non viene avvertito dolore con questa manovra si può concludere che l'aumento dei sintomi indotto con la fase 2 non era dovuto alla pressione esercitata sulle strutture locali muscolo-scheletriche.

E' possibile adottare una differenziazione strutturale utilizzando ancora una volta la componente cervicale: nel momento in cui vengono lamentati i sintomi da parte del paziente è possibile avvalersi dell'estensione cervicale quale manovra di differenziazione. Se con tale movimento vi è una riduzione o la scomparsa delle risposte sintomatiche-sensoriali precedentemente evocate allora si può ipotizzare una componente neurogenica nella disfunzione del paziente.

RISPOSTA NORMALE

Una risposta normale al test consiste in una sensazione di stretching (allungamento) nella parte anteriore della coscia (enfatizzato tenendo bloccato il bacino), con un limite nel *range of movement* (ROM) nella flessione di ginocchio generalmente intorno ai 110-140°. Esiste una variazione considerevole nel raggio di movimento, il che pone importanza ad un confronto bilaterale.

Figura 38: Prone Knee Bend, step 1: in questa prima fase il sacro non viene stabilizzato

Figura 39: Prone Knee Bend, step 2: notare la fissazione del sacro

Prone Knee Bend (PKB)	
Struttura indagata	Nervo femorale, radici L2-L3-L4
Movimento test	Flessione di ginocchio
Manovra di sensibilizzazione	Estensione d'anca; inclinazione controlaterale della colonna lombare
Differenziazione strutturale	Fissazione del sacro o estensione cervicale

Figura 40: Prone Knee Bend (PKB)

6.9 Saphenous Neurodynamic Test

Il nervo safeno, per quello che è il suo decorso, viene messo in tensione da un movimento di estensione d'anca, estensione di ginocchio e flessione plantare/eversione di caviglia.

INDICAZIONI

Il test neurodinamico del safeno non è particolarmente sensibile e specifico ma, occasionalmente, può essere utile nell'esame clinico del ginocchio, soprattutto in casi di localizzazione mediale del dolore.

Il test è indicato in pazienti con dolore lungo la parte anteriore della coscia, nella parte mediale del ginocchio, nel margine antero-mediale della caviglia e in regione anteriore di tibia.

PAZIENTE: posizionato prono sul lettino.

TEAPISTA: in piedi di fianco al paziente, dal lato del nervo da testare.

PRESA: il terapista afferra con la mano craniale la coscia del paziente appena prossimalmente al ginocchio, mentre con la mano caudale afferra il piede.

ESECUZIONE: il terapista porta l'anca in estensione e la caviglia in flessione plantare con eversione, avendo cura di mantenere in estensione il ginocchio.

MANOVRE SENSIBILIZZANTI: è possibile utilizzare una flessione laterale lombare controlaterale (per aumentare la tensione sulle radici e sui rami nervosi dal lato interessato) oppure un'estensione lombare.

RISPOSTA NORMALE

La risposta normale al test consiste in una tensione lungo la parte anteriore della coscia e lungo il decorso del nervo safeno nel tratto tibiale.

Figura 41: Saphenous Neurodynamic Test. Notare che il ginocchio viene portato in estensione e la caviglia in flessione plantare con eversione

6.10 Obturator Neurodynamic Test

INDICAZIONI

L'Obturator Neurodynamic Test (test neurodinamico del nervo otturatorio) può essere visto come una variante dello Slump test, e viene utilizzato per esaminare dinamiche alterate del nervo otturatorio, sia per quanto riguarda la meccanica che la sensibilità. Non è comunemente usato come gli altri test standard poiché la regione dell'otturatorio non è un'area comune per sintomi di origine muscolo-scheletrica, paragonate per esempio alle aree dello sciatico e del femorale. Tuttavia, la regione inguinale è una regione abbastanza comune di dolore, ed è in questi casi che il test dell'otturatorio potrebbe essere indicato.

Si dovrebbe sempre essere sospettosi di una patologia intrapelvica (Red Flags) con dei problemi dell'otturatorio, come tumori, disordini uterini, cisti ovariche e altri simili disturbi pelvici/addominali. Questo significa effettivamente che se troviamo positività al test dell'otturatorio sorge la necessità di ulteriori investigazioni, specialmente quando l'anormalità coesiste nel test con una storia di malattie intrapelviche o addominali.

PAZIENTE: seduto in posizione di slump (vedi Slump test) con flessione del rachide cervicale.

TERAPISTA: in piedi, lateralmente alle ginocchia del paziente, dal lato da esaminare.

PRESA: avambraccio mediale (o gomito) sulla settima vertebra cervicale (C7, prominente) del paziente con la mano posizionata sulla testa dello stesso per prevenire un'estensione cervicale. Mano distale sul lato mediale della coscia del paziente (lato da valutare vicino al terapista).

ESECUZIONE: il terapista applica direttamente una pressione in flessione su C7, come nel test standard, mentre con la sua mano/avambraccio previene l'estensione della testa; successivamente abduce l'arto del paziente che viene esaminato, mantenendo ben ferma la colonna.

MOVIMENTI DI SENSIBILIZZAZIONE: flessione laterale controlaterale della colonna lombare.

DIFFERENZIAZIONE STRUTTURALE: viene eseguita rilasciando la flessione del collo come nello standard Slump test; il terapista dovrà muovere la sua mano e il suo avambraccio per permettere il movimento del rachide cervicale.

RISPOSTA NORMALE

La risposta normale al test consiste in una sensazione di tensione avvertita nella regione degli adduttori della coscia alla fine del movimento di abduzione. La presenza di cambiamenti con l'aggiunta/rimozione dei movimenti del collo, in quanto differenziazione strutturale, dovrebbe dare positività al test, anche se tale manovra non risulta molto sensibile clinicamente.

NOTE: un'altra maniera per esaminare il nervo otturatorio è quella di eseguire il *Prone Knee Bend*, inserendo l'abduzione della coscia alla fine del movimento. Il merito di questo test è che la porzione di nervo otturatorio localizzata nell'aspetto anteriore della colonna lombare può venir messa in tensione/mobilizzata ma, di contro, non tensiona il midollo spinale poiché non viene usata la flessione della colonna.

Il nervo generalmente non è in una buona posizione per essere esaminato specificatamente.

Figura 42: Obturator Neurodynamic Test. Con il paziente in posizione di standard Slump test, il terapista abduce l'arto da valutare

Saphenous Neurodynamic Test	
Struttura indagata	Nervo safeno (ramo del nervo femorale)
Movimento test	Estensione d'anca, flessione plantare con eversione di caviglia, estensione di ginocchio
Manovra di sensibilizzazione	Estensione lombare; inclinazione controlaterale della colonna lombare
Differenziazione strutturale	Non indicata

Figura 43: Saphenous Neurodynamic Test

Obturator Neurodynamic Test	
Struttura indagata	Nervo otturatorio
Movimento test	Slump test + abduzione dell'arto da valutare
Manovra di sensibilizzazione	Inclinazione controlaterale della colonna lombare
Differenziazione strutturale	Flesso-estensione cervicale

Figura 44: Obturator Neurodynamic Test

6.11 Femoral Slump Test (FST)

INDICAZIONI

Il *Femoral Slump Test* (FST) viene utilizzato per valutare la funzione e sensibilità meccanica della componente femorale del sistema nervoso. Esso include le radici nervose medio-lombari, il nervo femorale con le sue estensioni e tutte le strutture muscolo-scheletriche innervate da esso (muscolo quadricipite e ginocchio).

L'aspetto più difficile di questo test è quello di produrre tensione sufficiente nel sistema nervoso mediante la flessione spinale poiché, altrimenti, si rischierebbe di non essere adeguatamente specifici e falsare l'esito del test. E' molto importante escludere che il risultato del test sia dovuto ad una mancanza di estensibilità del retto femorale ed ileopsoas.

Il FST è indicato quando si avvertono sintomi a livello lombare, all'anca, all'inguine o nelle regioni della coscia o del ginocchio.

PAZIENTE: sdraiato sul fianco con il lato da testare posizionato verso l'alto o verso il basso. Non importa in quale posizione si trovi il lato target, ciò che conta è eseguire il test bilateralmente in modo da comparare i due lati. Può essere posto un cuscino sotto la testa del paziente per controllare la flessione laterale cervicale; senza un cuscino, infatti, la testa del paziente potrebbe giacere sul lettino producendo una flessione laterale cervicale, falsando così il responso del test.

Nel caso in cui il test venga eseguito sull'arto a contatto col lettino, il ginocchio e l'anca superiori (lato non-test) sono flessi al massimo e mantenuti tali tramite la mano omolaterale del paziente.

TERAPISTA: in piedi posteriormente al paziente. E' bene posizionarsi nel punto migliore per applicare il movimento finale in estensione d'anca.

PRESA: la mano cefalica passa sopra il paziente per raggiungere il bordo opposto del lettino.

ESECUZIONE: il primo passo è quello chiedere al paziente di portare il collo in flessione completa spingendo con la propria mano (mano caudale) verso il basso. A questo punto è importante controllare che il paziente si trovi nella migliore posizione affinché il terapista sia in grado di svolgere un'estensione d'anca con flessione di ginocchio sul lato test.

Viene quindi applicata una sovrappressione (aiutandosi col bordo del lettino) facendo leva col proprio avambraccio sul ginocchio superiore del paziente (lato non-test). La fissazione pelvica è ottenuta appoggiandosi al sacro e all'ileo del paziente, il quale si tiene il proprio ginocchio ben saldo verso la testa.

Figura 45: Femoral Slump Test

Una volta raggiunta la posizione corretta, il terapista flette il ginocchio del lato da testare, raggiungendo la coscia da sotto ed afferrandola dalla superficie anteriore. L'estensione d'anca è il movimento finale del test. E' fondamentale che la colonna vertebrale venga mantenuta in flessione affinché il test raggiunga un certo grado di sensibilità. Normalmente il range in estensione d'anca disponibile è limitato (il più delle volte, infatti, non si riesce ad andare oltre i 10° di estensione), quindi, se il movimento risulta molto ampio, si deve sospettare che il bacino non sia fissato adeguatamente. Se la presenza di sintomi lungo i muscoli anteriori della coscia e il range di movimento raggiungibile sono le due variabili da considerare, un ulteriore importante elemento da valutare è la resistenza al movimento, aspetto che può venire modificato al rilascio o al reinserimento della flessione cervicale, identificata così come prova di differenzazione strutturale.

DIFFERENZAZIONE STRUTTURALE

La differenziazione strutturale viene eseguita dal paziente rilasciando la propria presa sulla testa e spostandola verso la posizione neutra o l'estensione. Riapplicare la flessione cervicale più volte mentre il terapista avverte la resistenza all'estensione d'anca può essere il miglior modo per stabilire l'esistenza di una componente neurale nei sintomi. E' imperativo, in questa fase, che la colonna toracica e lombare non si muovano, sottolineando l'azione della mano cefalica del terapista posta a fulcro sul lettino.

RISPOSTA NORMALE

La risposta normale al FST è una sensazione di tensione avvertita nella parte anteriore della coscia insieme ad una sensazione di rigidità "alla mano" del clinico (end-feel percepito in estensione d'anca). A volte in soggetti normali non vi è alcun cambiamento dei sintomi lungo la coscia con i movimenti di flesso/estensione cervicale; tuttavia, se in questi casi è possibile cambiare la risposta da muscolo-scheletrica a neurodinamica semplicemente perfezionando la tecnica, si tratterà di falsi negativi.

Nella valutazione finale del test occorre, per quanto appena detto, tenere in considerazione due aspetti:
1. La risposta sintomatica relativa alla coscia viene evocata più facilmente al perfezionamento della tecnica (assicurando in special modo la componente di flessione completa di colonna).
2. L'end-feel in estensione d'anca tende ad essere meno rigido al rilascio della flessione cervicale: questo significa che il terapista dovrà ripetere più volte le componenti di estensione d'anca con e senza flessione del collo al fine di rilevare cambiamenti tra le due posizioni cervicali.

Riguardo il *Femoral Slump Test* lo studio di Lai et al. (Lai 2012) si prefisse l'obiettivo di valutare se le manovre modificanti la tensione nervosa fossero in grado di alterare le risposte al *Femoral Slump Test* (FST), e se tali risposte venivano influenzate dal sesso e dall'esecuzione del test sulla gamba dominante o meno. Un ulteriore obiettivo dello studio è stato quello di verificare la correlazione tra la flessibilità muscolare e l'angolo in estensione d'anca raggiungibile.

Vennero reclutati 32 soggetti asintomatici (16 maschi e 16 femmine). Il FST è stato eseguito sia in posizione di slump del tronco che con lo stesso in posizione neutra; l'estensione cervicale è stata utilizzata come manovra di differenzazione strutturale. Durante la prova è stato misurato l'angolo in estensione d'anca raggiungibile e rilevati i valori nella scala VAS riportati dai pazienti.

I risultati hanno evidenziato come una diminuzione della tensione nervosa porti ad un significativo aumento del ROM in estensione d'anca ($p < 0,001$) con una riduzione nell'intensità del dolore avvertito ($p < 0,001$). Il range in estensione d'anca raggiungibile è risultato simile tra i sessi, anche se minore per la gamba dominante rispetto al lato non dominante ($p < 0,05$); ad ogni modo il ROM relativo all'anca non era correlato con il grado di flessibilità della stessa($p > 0,05$).

Gli autori hanno concluso quindi che l'esito del *Femoral Slump Test* (FST) è indipendente dall'influenza della flessibilità muscolare o dal sesso; l'uso di tale test è indicato, riprendono, in gruppi di pazienti lamentanti dolore alla parte bassa della schiena (LBP) e alla regione anteriore del ginocchio.

Femoral Slump Test (FST)	
Struttura indagata	Nervo femorale, radici L2-L3-L4
Movimento test	Flessione cervicale in posizione di completa flessione del tronco (posizione Slump sul fianco); estensione d'anca con flessione di ginocchio
Manovra di sensibilizzazione	Inclinazione controlaterale della colonna lombare
Differenziazione strutturale	Flesso-estensione cervicale

Figura 46: Femoral Slump Test (FST)

7 DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Questa revisione della letteratura riguardante i test neurodinamici relativi agli arti inferiori ne ha riesaminato le procedure, i fattori sensibilizzanti e di differenziazione strutturale, nonché i parametri di affidabilità, accuratezza e precisione con le loro implicazioni nella pratica clinica.

Dalla ricerca effettuata si evince l'importanza di una valutazione specifica della componente neurodinamica, anche se la validità di un tale approccio rimane ancora da chiarire in maniera più approfondita.

Il primo test neurodinamico indagato è stato lo *Straight Leg Raise* (SLR), frequentemente utilizzato in ambito clinico ma i cui valori di affidabilità e precisione diagnostica rimangono ancora da chiarire uniformare tra i vari autori.

L'influenza dei fattori psico-sociali non è stata menzionata, anche se è presumibile pensare che la risposta del paziente all'insorgenza del dolore possa venire influenzata da elementi psicologici e sociali strettamente paziente-dipendenti. L'importanza diagnostica di un SLR negativo è stata anch'essa ignorata; si tratta di una grave omissione dato che un test negativo è diagnosticamente più informativo di uno positivo.

L'SLR test si è leggermente evoluto nel tempo e si può dire che la dorsiflessione tibio-tarsica è diventata la manovra sensibilizzante di prima scelta ed è stata considerata, inoltre, come più efficace della flessione cervicale. Un altro movimento sensibilizzante considerato è stata la rotazione mediale con adduzione d'anca.

Non c'è abbastanza consenso circa l'affidabilità intra- ed inter-operatore date le diversità nei parametri statistici rilevati; tale mancanza nell'affidabilità del test si è mostrata, ad ogni modo, in considerazione della positività dello stesso e non nella sua negatività.

Questa diversità nel determinare accuratezza e precisione del test può essere dovuta in parte alla mancanza di uno standard sui criteri di positività del test adottati. Il più delle volte è stata utilizzata l'insorgenza del dolore o la riproduzione dei sintomi del paziente, altre volte è stata adottata la sensazione di allungamento lungo la parte posteriore della coscia.

In certe occasioni il dolore è stato avvertito distalmente al ginocchio, lungo la gamba con un decorso simile al nervo sciatico o, ancora, presentato come una combinazione di dolore alla schiena e alla gamba. Toby Hall nel suo studio (Hall 1998) è stato tra i pochi a dimostrare che R1 (range all'insorgenza della resistenza) può venire utilizzato come parametro di positività del test e, ancor meglio, egli suggerisce che l'insorgenza di attività muscolare, M1, è probabilmente la misura più

accurata e clinicamente più utile nel valutare un'alterata meccanosensitività del sistema nervoso. Con tale studio (Hall 1998) T. Hall è andato oltre la valutazione: in considerazione di quanto detto sopra, egli ha affermato che è inappropriato adottare in questi casi dello stretching intenso (inteso come trattamento), bensì sarebbe opportuno l'utilizzo di tecniche di mobilizzazione neurale che rispettino lo stato di meccanosensitività del sistema nervoso.

E' stato assunto che il test, se positivo, è in grado di identificare una probabile presenza di irritazione nervosa, con un link specifico tra paziente sintomatico, irritazione del nervo sciatico o delle sue radici ed SLR limitato. E' stato accettato inoltre che il nervo e le sue radici vengono messi in tensione tramite la flessione d'anca a gamba estesa (SLR): in caso di irritazione del nervo (o delle sue radici) un SLR eseguito dal lato affetto è in grado di scatenare una risposta sintomatica nel paziente; il dolore da qui prodotto risulta infine in una limitazione nell'elevazione della gamba tesa. Sono emerse alcune indicazioni circa la localizzazione del dolore e la causa scatenante: un bulging centrale dovrebbe dare grossomodo un quadro compatibile al LBP, mentre una protrusione laterale dovrebbe presentarsi più che altro come un'irradiazione lungo il nervo sciatico (*sciatic pain*).

Alcuni autori hanno ipotizzato che le limitazioni incontrate durante le esecuzioni dell'SLR siano dovute ad una reazione di difesa degli ischio-crurali volta a limitare l'elevazione della gamba, e così minimizzare un'ulteriore irritazione di tessuti nervosi già infiammati (Hall 1998).

Nel suo studio (Hall 1998) T. Hall ha affermato che l'aggiunta della flessione cervicale non ha alcuna influenza sulla compliance dei tessuti neurali durante l'SLR, elemento ripreso poi in pieno accordo da Rebain (Rabain 2002) che afferma che la flessione attiva del collo non è raccomandata come manovra di differenziazione dell'SLR test.

Bertilson (Bertilson 2010) ha constatato che la risonanza magnetica (MRI) sottostima la presenza di un impegno/disfunzione nervosa che, al contrario, può venire rilevata da un buon esame fisico strutturato comprendente l'SLR test come valutazione neurodinamica. L'autore ha messo in dubbio in questo modo l'utilizzo della risonanza magnetica come mezzo diagnostico di prima scelta (gold standard) in problematiche di origine neurale, concludendo poi nell'affermare che l'impiego di test neurodinamici e della body chart (pain drawing) rappresentano, in casi di MRI invisibili (non rilevanti cioè alcun disordine a carico del sistema nervoso), un buono strumento nelle mani del fisioterapista per rilevare un'eziopatogenesi neurale nei sintomi del paziente.

I risultati dello studio appena citato sembrano però in contrasto con quelli raggiunti da Ekedahl e Capra (Ekedahl 2010) (Capra 2011) che hanno osservato, invece, che la risonanza magnetica (MRI) si è

affermata quale metodica diagnostica di prima scelta (gold standard) nel rilevamento di coinvolgimenti nervosi a livello dell'interfaccia meccanica rappresentata dalla colonna vertebrale.

Circa l'SLR test si può concludere che rappresenta per il fisioterapista manipolativo-ortopedico un buono strumento per valutare se all'origine dei sintomi lamentati dal paziente ci sia un coinvolgimento nervoso; di dati circa la sensibilità e la specificità del test c'è abbastanza disaccordo in letteratura, come indicato dai risultati ottenuti dagli ultimi lavori (2002-2011), i quali hanno indicato una sensibilità compresa tra lo 0,36 e lo 0,80 e una specificità compresa tra lo 0,40 e lo 0,89.

Ovviamente le strutture ricercate con l'SLR come provocanti la sintomatologia rimangono il nervo sciatico con le sue radici (L4-S3) e, aggiungendo le opportune varianti, anche i nervi tibiale, peroneo e surale, anche se di fatto, per quest'ultimi, non è emerso per ora alcun dato in letteratura riguardante la loro affidabilità come test valutativi.

Per quanto concerne lo Slump test si può dire che è un buono strumento di valutazione neurodinamica, molto standardizzato nella procedura il che ne consente una sua facile replicazione e ripetibilità sia intra- che inter-operatore. Per buon test di valutazione neurodinamica si intende il fatto che viene generalmente utilizzato come test preliminare in caso di sospetto di un problema ad origine neurale: insieme al Kemp test è adottato, infatti, nel verificare se all'origine del dolore lamentato dal paziente vi sia una componente neurale che possa essere ricondotta ad una sindrome radicolare.

In aggiunta, tale test viene utilizzato in condizioni quali mal di testa, dolore alla colonna o alle spalle, problemi nella regione pelvica e dolore agli arti inferiori localizzato nella distribuzione del nervo sciatico o nelle sue estensioni; si presta, inoltre, a venire adoperato inserendo alcune varianti, come quella impiegata da Pahor (Pahor 1996) per indagare il nervo peroneo in pazienti con esiti di distorsione tibio-tarsica in inversione.

La maggior parte dei soggetti riporta una sensazione di allungamento, tensione o di "tirare" durante la sua esecuzione, il che potrebbe indurre il clinico a pensare ad una positività dello stesso, ma che in taluni casi indicherebbe soltanto una risposta "normale" al test. Tutte le risposte sintomatiche o sensoriali evocate durante la prima fase del test (seduta slump, SS) vengono localizzate di solito nella regione cervicale o lombare, mentre la maggioranza delle risposte accusate durante le fasi seguenti sono localizzate nella coscia posteriore, dietro al ginocchio o al polpaccio. L'intensità media delle stesse si aggira, in soggetti sani, rispettivamente intorno a 0 per la prima fase (SS), 4 nella seconda (estensione di ginocchio, KE), 6 nella terza (dorsiflessione di caviglia, AD) e 2 nella quarta (estensione cervicale, CE) (Walsh 2007). Questo incremento nell'intensità media percepita passando dal primo step (SS), attraverso l'aggiunta dell'estensione di ginocchio (KE), al terzo step della dorsiflessione tibio-

tarsica (AD), seguito quindi da un suo decremento nell'ultimo punto dell'estensione cervicale (CE, peraltro manovra di differenziazione strutturale) è stato osservato come statisticamente significativo; come lo è stato inoltre la prevalenza delle risposte, con un simile andamento (Walsh 2007).

In base all'effetto dell'estensione cervicale sui sintomi evocati a livello degli arti inferiori si può attribuire o meno un origine neurale sul problema lamentato dal paziente. Di fatto, se con l'estensione cervicale si ottiene una diminuzione (o una scomparsa) nell'intensità delle risposte fino a quel momento evocate, vi è il presupposto per poter pensare ad un coinvolgimento neurogenico nella produzione dei sintomi del paziente poiché, con tale manovra, si va a ridurre il carico meccanico esercitato sui tessuti nervosi stessi.

Nello specifico le strutture indagate con tale test sono la dura madre del midollo spinale, le radici nervose lombari/lombo-sacrali e le loro estensioni nei nervi sciatico, otturatorio, peroneale, tibiale e surale, ottenuti inserendo le opportune varianti modificando nella maniera voluta la posizione della coscia o del piede.

E' bene ricordare che le risposte sensoriali elicitate con lo *Slump test* non sono necessariamente indicative di patologia: la riproduzione di una qualsiasi risposta sintomatica-sensoriale deve essere comparata con l'arto inferiore controlaterale e con una risposta considerata normale per quell'individuo, anche se è abbastanza precoce pensare di paragonare le risposte evocate in un determinato paziente con quelle di individui sani e asintomatici, in quanto in letteratura vi è ancora la necessità di effettuare future ricerche in merito (Walsh 2007).

Dagli studi indagati in letteratura, pochi ma in sostanziale accordo tra loro, si è notato un buon consenso tra i vari autori, indicando una sensibilità compresa tra 0,84 e 1 e una specificità dello 0,83;.

La flessione cervicale e/o dorsiflessione tibio-tarsica e/o rotazione mediale d'anca sono in grado di aumentare la tensione meccanica esercitata sulle strutture nervose, la quale viene trasmessa, tramite il continuum del sistema nervoso, al midollo spinale, alla dura madre, alle radici nervose lombo-sacrali e ai nervi sciatico e tibiale (Johnson 1997). Queste manovre sono state considerate, infatti, sensibilizzanti il test e lo si può notare anche dal fatto che ognuno di questi movimenti è in grado di limitare l'estensione di ginocchio durante lo *Slump test*. E' da notare, inoltre, che la simultanea applicazione di queste manovre risulta nella massima restrizione in estensione di ginocchio registrabile durante il test (Johnson 1997).

Lo *Slump test* e l'SLR hanno mostrato avere simili livelli di specificità ma non di sensibilità, dove il primo si è dimostrato maggiore del secondo. Lo *Slump test* si è mostrato più sensibile dell'SLR più per casi di ernie discali L5–S1 che di L4-L5 (Majlesi 2008), ad ogni modo ugualmente specifici in questi

due sotto-gruppi di pazienti. Questo supporta l'idea che lo *Slump test* vada ad applicare maggior trazione sui tessuti neuro-meningei. L'SLR si è rivelato invece più sensibile in pazienti con protrusioni discali determinanti compressione nervosa, paragonato ai casi di sola protrusione.

Bisogna sicuramente porre attenzione a non confondere il dolore originato dalla tensione degli ischio-crurali, dall'anca o dall'articolazione sacro-iliaca, dal dolore causato invece dai tessuti nervosi; è bene evitare, infatti, eventuali falsi positivi verificando ed indagando con cura i tessuti scatenanti la sintomatologia evocata, servendosi anche dell'aiuto dell'anamnesi e della localizzazione del dolore descritta dal paziente stesso. Una rigidità degli ischio-crurali può ad esempio limitare o falsare l'utilità dello *Slump test*, elemento che si può comunque verificare aggiungendo o togliendo la componente cervicale del test (manovra di differenziazione). Come d'altra parte in molti test, anche nei test neurodinamici è richiesta una costante comunicazione tra il fisioterapista e il paziente.

Lo *Slump test*, come affermato precedentemente, è un mezzo che ci permette di valutare la dura madre ed il midollo spinale. Questo è stato verificato anche nello studio di Yeung (Yeung 1997) dove i sintomi cervicali di un gruppo di 20 donne con esiti di whiplash (colpo di frusta) sono stati rievocati durante l'esecuzione di tale test nella fase dell'estensione di ginocchio con dorsiflessione tibio-tarsica, evidenziandone così il valore anche nell'esame fisico dei pazienti con sintomi cervicali. L'autore ha concluso dicendo inoltre che tale test dovrebbe essere incluso ordinariamente nella valutazione delle disfunzioni di colonna, con particolare attenzione a quelle che fanno sospettare un coinvolgimento neurale nella genesi della problematica del paziente.

Il *Prone Knee Bend* è un test valido nel valutare se le componenti del nervo femorale e/o delle relative radici (L2, L3, L4) siano implicate nel disturbo lamentato dal paziente, solitamente individuabile lungo la parte anteriore della coscia ma che può anche localizzarsi all'inguine, all'anca o al ginocchio. La differenziazione strutturale di questo test rimane ancora versatile e strettamente paziente-dipendente, in quanto è possibile utilizzare in alcuni casi l'estensione cervicale e in altri la fissazione del sacro: l'utilizzo dell'una o dell'altra manovra di differenziazione viene scelta in base ai risultati della clinica e dei segni e sintomi riscontrati in quel determinato paziente.

In letteratura purtroppo non esistono ancora degli studi che quantifichino in maniera esaustiva i valori si sensibilità, specificità e altri criteri di accuratezza, precisione e affidabilità del test. Il motivo di ciò potrebbe risiedere nella mancanza di una standardizzazione del campione di pazienti passibili ad essere valutati tramite tale test, il non facile riconoscimento del coinvolgimento del nervo femorale nei disturbi lamentati (spesso confusi con problematiche ad origine muscolo-scheletrica) causa di falsi negativi e la mancanza di una procedura standardizzata utilizzata universalmente da ogni fisioterapista

manipolativo-ortopedico, elementi che si possono racchiudere sotto i termini "mancanza di buona qualità metodologica" quale principale ragione di questa scarsità di articoli riguardanti il PKB presenti attualmente nella banche dati biomediche.

Per quanto riguarda i test di neurodinamica per i nervi peroneale, surale, tibiale e safeno, da quanto emerso dalla ricerca effettuata, non si sono trovati ad oggi lavori che ne citino espressamente l'esecuzione, la procedura e il pool di pazienti utilizzato. Ancora una volta ciò potrebbe spiegarsi con la mancanza di uno standard metodologico da adottare nei casi si sospetti un principio neurogenico (riguardanti tali diramazioni nervose) nei sintomi avvertiti dai pazienti. La scelta di utilizzare questi test rimane quindi a discrezione del fisioterapista, anche sulla base della propria *expertize*, rappresentando pertanto uno strumento valutativo di possibile uso clinico che, in base all'anamnesi e alla descrizione del dolore e localizzazione dello stesso da parte del paziente, può far supporre al coinvolgimento neurale di detti nervi all'origine del problema riscontrato.

Il *Femoral Slump Test* (FST) si è dimostrato un test altamente condizionato dalla posizione assunta dal tronco, con una diminuzione del range in estensione d'anca (ultimo movimento del test) raggiungibile passando da una posizione neutra del tronco ad una di flessione slump. Ciò sta ad indicare la necessità di una corretta ed attenta esecuzione dello stesso al fine di non alterarne i risultati ed interpretarli in maniera impropria. Anche nel FST è stata adottata l'estensione cervicale quale manovra di differenziazione strutturale: l'aumento dell'estensione d'anca o il cambiamento della resistenza percepita verso una sensazione più morbida e cedevole rafforzano la positività del test, indicando in questa maniera una probabile origine nervosa dei sintomi del paziente.

Ad ogni modo tutti i test neurodinamici si basano sul decorso del nervo rispetto all'articolazione che by-passano; tenendo conto di ciò, è possibile, mobilizzando opportunamente tali articolazioni, mettere in tensione il nervo e valutarne così la sensibilità meccanica in base alle risposte sintomatiche-sensoriali evocate. E' sempre bene comunque valutare bilateralmente la struttura nervosa di interesse, comparando i risultati tra i lati e con una risposta considerata normale. Solo così si è in grado di effettuare una buona valutazione neurodinamica e limitare al minimo il possibile riscontro di falsi positivi o negativi.

Concludendo rimane ancora il bisogno di future ricerche indaganti l'uso clinico dei test non analizzati ad oggi in letteratura, con la chiara definizione dei livelli di affidabilità sia intra- che inter-operatore. Ulteriori studi con una precisa esplicitazione dei livelli di sensibilità e specificità sarebbero auspicabili anche per l'SLR e lo *Slump test*, in modo da uniformare i valori e saperli così interpretare nel migliore dei modi.

Reference

[1] Anloague PA, Huijbregts P. 2009 Anatomical variations of the lumbar plexus: a descriptive anatomy study with proposed clinical implications**.** Journal of Manual & Manipulative Therapy 17(4):e107-14.

[2] Beaton LE, Anson BJ. 1937 The relation of the sciatic nerve and its subdivisions to the piriformis muscle. The Anatomical Record 70: 1–5

[3] Beaton LE 1938 The sciatic nerve and piriform muscle: Their interrelation as a possible cause of coccgodynia. Journal of Bone and Joint Surgery 20: 686–688

[4] Beith I, Robbins E, Richards P 1995 An assessment of the adaptive mechanisms within and surrounding the peripheral nervous system, during changes in nerve bed length resulting from underlying joint movement. In: Shacklock M (ed) Moving in on Pain, Butterworth-Heinemann, Australia

[5] Bertilson BC**,** Brosjö E, Billing H, Strender LE 2010 Assessment of nerve involvement in the lumbar spine: agreement between magnetic resonance imaging, physical examination and pain drawing findings. BMC Musculoskeletal Disorders 10;11:202

[6] Boyd BS, Wanek L, Gray AT, Topp KS 2009 Mechanosensitivity of the lower extremity nervous system during straight-leg raise neurodynamic testing in healthy individuals. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 39(11):780-90.

[7] Breig A 1978 Adverse mechanical tension in the central nervous system. Almqvist and Wiksell, Stockholm

[8] Breig A, Troup J 1979 Biomechanical considerations in the straight leg raising test. Cadaveric and clinical studies of medial hip rotation. Spine 4(3): 242-250

[9] Butler D 2005 The Neurodynamic Techniques. NOI group publications

[10] Capra F, Vanti C, Donati R, Tombetti S, O'Reilly C, Pillastrini P 2011 Validity of the straight-leg raise test for patients with sciatic pain with or without lumbar pain using magnetic resonance imaging results as a reference standard. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 34(4):231-8

[11] Chang –Yu H Sieh, Joan M. Walker and Katie Gillis 1983 Straight-Leg-Raising Test, Comparison of three instruments. Physical Therapy 63 (9)

[12] Daniels T, Lau J, Hearn T 1998 The effects of foot position and load on tibial nerve tension. Foot and Ankle International 19(2): 73-78

[13] Ekedahl KH, Jönsson B, Frobell RB 2010 Validity of the fingertip-to-floor test and straight leg raising test in patients with acute and subacute low back pain: a comparison by sex and radicular pain. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 91(8):1243-7

[14] Elvey R 1979 Brachial plexus tension tests and the pathoanatomical origin of arm pain. In: Idczak R (ed) Aspects of manipulative therapy. Lincoln Institute of Health Sciences, Melbourne: 105-110

[15] Frank H. Netter, M.D. 2006 Atlante di Anatomia Umana. Editore Elsevier Masson

[16] Fujiwara A, An H, Lim T, Haughton V 2001 Morphologic changes in the lumbar intervertebral foramen due to flexion-extension, lateral bending, and axial rotation an in vitro anatomic and biomechanical study. Spine 15/26(8): 876-882

[17] Greening J, Smart S, Leary R, Hart-Craggs M, O'Higgins B, Lynn B 1999 Reduced movement of the median nerve in carpal tunnel during wrist flexion in patients with nonspecific arm pain. Lancet 354: 217-218

[18] Güvençer M, Iyem C, Akyer P, Tetik S, Naderi S. 2009 Variations in the high division of the sciatic nerve and relationship between the sciatic nerve and the piriformis. Turkish Neurosurgery 19(2):139-44

[19] Hall T, Zusman M, Elvey R 1995 Manually detected impediments during the straight leg raise test. In: Jull G (ed) Clinical Solutions. Ninth Biennial Conference of the Manipulative Physiotherapists Association of Australia, Gold Coast, Queensland: 48-53

[20] Hall T., Zusman M., Elvey R. 1998 Adverse mechanical tension in the nervous system? Analysis of straight leg raise. Manual Therapy 3(3): 140-146

[21] Herrington L, Bendix K, Cornwell C, Fielden N, Hankey K. 2008 What is the normal response to structural differentiation within the slump and straight leg raise tests? Manual Therapy 13(4):289-94

[22] Howe J, Loeser J, Calvin W 1977 Mechanosensitivity of dorsal root ganglia and chronically injured axons: a physiological basis for the radicular pain of nerve root compression. Pain 3: 25-41

[23] Inufusa A, An H, Lim T, Hasegawa T, Haughton V, Nowicki B 1996 Anatomic changes of the spinal canal and intervertebral foramen associated with flexion-extension movement. Spine 1, 21 (21): 2412-2420

[24] Johnson EK, Chiarello CM 1997 The slump test: the effects of head and lower extremity position on knee extension. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 26(6):310-7

[25] Kleinrensink GJ, Stoeckart R, Meulstee J, Kaulesar Sukul DM, Vleeming A, Snijders CJ, van Noort A 1994 Lowered motor conduction velocity of the peroneal nerve after inversion trauma. Medicine and Science in Sports and Exercise 26(7): 877-883

[26] Kim CH, Jung HY, Kim MO, Lee CJ 2006 The relative contributions of the medial sural and peroneal communicating nerves to the sural nerve. Yonsei Medical Journal. 47(3):415-22.

[27] Laban M, MacKenzie J, Zemenick G 1989 Anatomic observations in carpal tunnel syndrome as they relate to the tethered median nerve stress test. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 70: 44-46

[28] Lai WH, Shih YF, Lin PL, Chen WY, Ma HL 2012. Normal neurodynamic responses of the femoral slump test. Manual Therapy 17(2):126-32.

[29] Lew PC, Briggs CA 1997 Relationship between the cervical component of the slump test and change in hamstring muscle tension. Manual Therapy 2(2):98-105

[30] Lew P, Morrow C, Lew A 1994 The effect of neck and leg flexion and their sequence on the lumbar spinal cord: implications for low back pain and sciatic. Spine 19(21): 2421-2424

[31] Lew P, Puentedura E 1985 The straight leg raise test and spinal posture. In: Proceedings of the 4th Biennial Conference of the Manipulative Physiotherapists' Association of Australia, Brisbane: 183-205

[32] Louis R 1981 Vertebroradicular and vertebromedullar dynamics. Anatomia Clinica 3: 1-11

[33] Lundborg G, Dahlin L 1996 Anatomy, function and pathophysiology of peripheral nerves and nerve compression. Hand Clinics 12: 185-193

[34] Lynn B, Cotsell B 1992 Blood flow increases in the skin of the anaesthetized rat that follow antidromic sensory nerve stimulation and strong mechanical stimulation. Neuroscience Letters 137: 249-252

[35] Majlesi J, Togay H, Unalan H, Toprak S 2008 The sensitivity and specificity of the Slump and the Straight Leg Raising tests in patients with lumbar disc herniation. Journal of Clinical Rheumatology 14(2):87-91.

[36] McLellan D, Swash M 1976 Longitudinal sliding of the median nerve during movements of the upper limb. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 39: 556-570

[37] Millesi H, Zoch G, Reihsner R 1995 Mechanical properties of peripheral nerves. Clinical Orthopaedics and Related Research 314: 76-83

[38] Olmarker K, Rydevik B 1998 New information concerning pain caused by herniated disk and sciatica. Exposure to disk tissue sensitizes the nerve roots. Lakartidningen 95(49): 5618-5622

[39] Palastanga, Field, Soames 2007 Anatomia del movimento umano - Struttura e funzione Editore**:** Elsevier – Masson. Quinta edizione.

[40] Pahor S, Toppenberg R 1996 An investigation of neural tissue involvement in ankle inversion sprains. Manual Therapy 1(4): 192-197

[41] Phalen G 1970 Reflections on 21 years' experience with the carpal-tunnel syndrome. Journal of the American Medical Association 212(8): 1365-1367

[42] Rabin A, Gerszten PC, Karausky P, Bunker CH, Potter DM, Welch WC 2007 The sensitivity of the seated straight-leg raise test compared with the supine straight-leg raise test in patients presenting with magnetic resonance imaging evidence of lumbar nerve root compression. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 88(7):840-3

[43] Rebain Richard, BSc(Econ), BSc(Ost), DO, G. Baxter David, DPhil, MCSP, and McDonough Suzanne, PhD, MCSP 2002 A Systematic Review of the Passive Straight Leg Raising Test as a Diagnostic Aid for Low Back Pain (1989 to 2000). Spine 27 (17): E388–E395

[44] Schonstrom N, Lindahl S, Willen J, Hansson T 1989 Dynamic changes in the dimensions of the lumbar spinal canal: an experimental study in vitro. Journal of Orthopaedic Research 7(1): 115-121

[45] Shacklock M 1989 The plantarflexion inversion straight leg raise. Master of Applied Science Thesis. University of South Australia, Adelaide

[46] Shacklock M 2005 Clinical Neurodynamics: a new system om musculoskeletal treatment. Elsevier, Oxford

[47] Shacklock M 1995 Neurodynamics. Physiotherapy 81: 9-16

[48] Shacklock M 1995b Clinical application of neurodynamics.In: Shacklock M (ed) Moving in on Pain. Butterworth-Heinemann, Sydney: 123-131

[49] Shaddock M 1995 Clinical application of neurodynamics. In: Shacklock M (ed) Moving in on Pain. Butterworth-Heinemann, Sydney: 123-131

[50] Sunderland S 1991 Nerve Injuries and Their Repair: A Critical Appraisal. Churchill Livingstone, Edinburgh

[51] Sunderland S, Bradley K 1961 Stress-strain phenomena in human peripheral nerve trunks. Brain 84: 102-119

[52] Trainor K, Pinnington MA 2011 Reliability and diagnostic validity of the slump knee bend neurodynamic test for upper/mid lumbar nerve root compression: a pilot study. Physiotherapy 97(1):59-64

[53] Walsh J, Flatley M, Johnston N, Bennett K 2007 Slump test: sensory responses in asymptomatic subjects. Journal of Manual & Manipulative Therapy 15(4):231-8

[54] Walsh J, Hall T 2009 Agreement and correlation between the straight leg raise and slump tests in subjects with leg pain. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 32(3):184-92

[55] Yeung E, Jones M, Hall B 1997 The response to the slump test in a group of female whiplash patients. Australian Journal of Physiotherapy 43(4):245-252.

[56] Zorn P, Shacklock M, Trott P, Hall R 1995 The effect of sequencing the movements of the upper limb tension test on the area of symptom production. In: Proceedings of the 9th biennial conference of the Manipulative Physiotherapists'Association of Australia: 166-167

[57] Appunti master in “Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici”, anno 2010-2011, VIII Edizione

[58] Appunti corso “Neurodynamic solutions”