

Sviluppare competenze nella palpazione diagnostica: prospettive delle neuroscienze e dell'insegnamento

Jorge E. Esteves, Charles Spence



Articolo originale: Jorge E. Esteves, Charles Spence, [Developing competence in diagnostic palpation: Perspectives from neuroscience and education](#), *International Journal of Osteopathic Medicine* (2014) 17: 52-60.

PAROLE CHIAVE

Palpazione diagnostica;
Neuroscienze educative;
Formazione osteopatica;
Ragionamento clinico

Introduzione

La palpazione riveste un ruolo centrale nel processo decisionale clinico osteopatico, in particolare nell'identificazione dei cambiamenti della consistenza dei tessuti molli paravertebrali e nell'alterata mobilità articolare intervertebrale [1]. L'alterazione della consistenza del tessuto e della mobilità articolare sono considerate i due segni clinici più importanti per la diagnosi di una disfunzione somatica. Anche se l'esistenza di una disfunzione somatica e l'affidabilità del reperimento della stessa sono state oggetto di indagini [ad es. Rif. 2-4], tale concetto continua ad occupare un posto importante nei programmi osteopatici sia nel Regno Unito che in tutto il mondo. Oltre alla diagnosi di disfunzione somatica, gli osteopati usano comunemente la palpazione per rilevare segni clinici di malattia. Pertanto, la palpazione diagnostica rappresenta una parte importante del profilo di competenze cliniche di un osteopata. Nonostante ciò, si tratta di una delle competenze cliniche più difficili da sviluppare, insegnare e valutare.

I formatori hanno il compito di fornire agli studenti esperienze d'insegnamento ed apprendimento pertinenti ed efficaci, che consentano loro di effettuare con successo la transizione da principianti a professionisti autonomi e competenti. Le informazioni trasmesse dai diversi sensi dell'osteopata vengono elaborate ed interpretate nel suo cervello, prendendo in considerazione le conoscenze anatomiche, fisiologiche e patologiche connesse, i modelli osteopatici di cura e la propria esperienza clinica da osteopata. L'esperienza clinica legata all'interpretazione personale della filosofia e dei principi osteopatici probabilmente plasmerà il loro modo di esercitare ed approcciarsi clinicamente alla diagnosi e cura del paziente.

La formazione clinica riveste un ruolo centrale sia nello sviluppo delle competenze cliniche degli studenti, sia nella conformazione della loro futura metodologia di pratica. In genere, si utilizza un modello di apprendimento simile all'apprendistato: i tutor osteopati hanno il compito di facilitare lo sviluppo del ragionamento clinico negli studenti e l'integrazione di conoscenze professionali e biomediche in ambito clinico [6]. È interessante notare che non è inconsueto trovare studenti che riferiscono che i loro tutor, a volte, non sono in grado di spiegare i loro risultati clinici e il rispettivo processo decisionale. Sembra che, talvolta, alcune delle loro decisioni si basino principalmente sull'intuizione clinica. A tal proposito, Mattingly [7] sosteneva che il ragionamento clinico fosse un modo di pensare altamente immaginifico e profondamente fenomenologico, che si basa sulle conoscenze tacite acquisite attraverso l'esperienza clinica. Ad esempio, nel contesto di un esame clinico, gli osteopati esperti sembrano essere in grado di prendere decisioni basate sulla percezione d'insieme, piuttosto che sull'attenzione rivolta a singole sezioni isolate. [8 (p234)]

Tuttavia, ci si dovrebbe chiedere: come è stato raggiunto questo livello di competenza? Glaser [9(p88)] riteneva che la competenza fosse "padronanza al suo massimo livello". Nelle loro attività lavorative quotidiane, gli esperti usano strategie di pensiero che sono in gran parte plasmate dalla loro capacità di

percepire grandi pattern significativi. I principianti, al contrario, sono solo in grado di riconoscere pattern più piccoli e meno sviluppati [9(p91)]. Feltovich et al. [10(p57)] sostenevano che l'esperienza costituisce un adattamento ed il suo sviluppo è strettamente correlato alla capacità di raccogliere un vasto insieme di competenze, conoscenze e meccanismi che monitorano e controllano i processi cognitivi per applicarli in modo efficiente ed efficace all'interno di un campo specifico. Gli esperti sono quindi in grado di ristrutturare, riorganizzare e raffinare la loro rappresentazione delle conoscenze, delle competenze e delle azioni per operare efficacemente sul posto di lavoro [10].

I processi adattativi associati allo sviluppo di competenze possono avere effetti profondi sulla natura dell'elaborazione del cervello [11(p675)]. L'apprendimento è il risultato dell'esperienza ed in alcuni casi avviene mediante il ricablaggio dei percorsi neurali, cioè, la neuroplasticità [12]. Considerando la natura plastica del cervello umano, si può sostenere che lo sviluppo delle competenze diagnostiche palpatorie sia probabilmente associato a cambiamenti adattativi comportamentali, neuroanatomici e neurofisiologici. Raggiungere un livello di competenza in una pratica professionale, in un'arte o nello sport è tuttavia un processo lungo. Attualmente i ricercatori in materia di sviluppo delle competenze sono concordi nell'affermare che ci vogliono circa 10.000 ore di intensa pratica deliberata per diventare esperti in un determinato campo [ad es. Rif. 13]. Comprendere il modo in cui gli osteopati esperti elaborano ed interpretano le informazioni diagnostiche è quindi importante per l'attuazione di strategie d'insegnamento ed apprendimento efficaci.

Basandosi sui risultati iniziali della nostra ricerca continua sull'esame dei correlati neurali e comportamentali delle competenze diagnostiche nell'osteopatia [17] e sulle prove provenienti dal campo delle neuroscienze cognitive, della psicologia sperimentale e della cognizione medica, il presente studio presenta modalità di ottimizzazione dello sviluppo delle competenze nella palpazione diagnostica. È importante sottolineare che il nesso tra le neuroscienze cognitive e l'istruzione è stato evidenziato in letteratura come una possibile strada futura per la ricerca nel campo dell'istruzione [ad es. Rif. 18,19].

Neuroplasticità, palpazione e processo decisionale basati sull'esperienza

Gli autori in campo osteopatico hanno sostenuto che gli osteopati esperti dimostrano il loro livello di abilità palpatoria nella misura in cui parlano spesso di avere "ascoltato" o "visto" con le mani [22]. Tuttavia, come raggiungono questo livello di competenza gli osteopati? I primi risultati della nostra ricerca dimostrano che lo sviluppo delle competenze nella palpazione diagnostica osteopatica è associato a cambiamenti nella modalità di elaborazione cognitiva [17]. Le diagnosi di disfunzione del tessuto formulate da esperti sono fortemente influenzate da ragionamenti non-analitici di tipo top-down (ad es. riconoscimento del pattern). Gli studenti, invece, rischiano di contare soprattutto sull'elaborazione sensoriale di tipo bottom-up derivante dalla vista e dal tatto (cioè, tatto e proprioccezione). I giudizi percettivi di disfunzione del tessuto sono, in questo caso, supportati principalmente dal ragionamento analitico (ad es. ragionamento deduttivo).

Si potrebbe ragionevolmente pensare che il modo in cui gli osteopati esperti raccolgono dati diagnostici attraverso i loro sensi, elaborano le informazioni e prendono decisioni cliniche sia plasmato dalla loro vasta esperienza clinica. Tale ipotesi richiede, però, una considerazione approfondita della neuroplasticità adulta. Le convinzioni di lunga data sul fatto che le strutture corticali e subcorticali fossero immutabili dopo l'infanzia sono state confutate dalle prove emerse dal crescente numero di studi che hanno analizzato la neuroplasticità basata sull'esperienza. Pascual-Leone et al. [23] hanno sostenuto che tutte le attività neurali, inclusa la pratica mentale, portino al cambiamento derivante dalla plasticità. Fattori quali l'esperienza, il significato funzionale e le pressioni ambientali rivestono pertanto un ruolo determinante. Bukach, Gauthier, e Tarr [24] hanno sostenuto che studiare i correlati cognitivi e neurali delle competenze fornisce ai ricercatori una finestra unica sulla plasticità funzionale della mente e del cervello.

Pertanto, la neuroplasticità dovrebbe essere considerata come uno stato continuo del sistema nervoso per tutta la durata della vita che porta a cambiamenti nel comportamento umano [23]. Mercado [27(p153)] ha postulato che la plasticità cognitiva sia comunque dipendente da: "1) la disponibilità dei circuiti corticali specializzati; 2) la flessibilità con cui l'attività corticale è coordinata, 3) la capacità di personalizzazione delle reti corticali".

Una pratica clinica approfondita nel corso degli anni, sia a livello universitario che successivamente professionale, può sicuramente modificare il comportamento umano espresso sotto forma di competenze cliniche. In particolare, si può affermare che il sistema nervoso degli osteopati subirà alterazioni a livello funzionale e strutturale, che derivano da una forte esposizione a esperienze multisensoriali e processi decisionali e di apprendimento permanente. Noi sosteniamo che è importante che i formatori comprendano

tali processi al fine di sostenere efficacemente lo sviluppo delle capacità diagnostiche dei loro studenti.

Il ruolo della neuroplasticità nello sviluppo delle competenze è stato attualmente esplorato in diversi contesti e gruppi professionali. Bor ed Owen [28] hanno riesaminato le prove di studi di neuroimaging sui correlati neurali delle competenze ed hanno riscontrato che l'acquisizione di competenze coinvolge una rete di regioni frontali e parietali, in particolare la corteccia dorsolaterale prefrontale (DLPFC) e la corteccia parietale posteriore (PPC). Hanno suggerito che tali aree abbiano un ruolo primario nel coordinare l'attività in aree di contenuti specifici. Anche se i loro risultati non riescono a fornire prove in merito alle aree coinvolte nell'apprendimento, hanno ipotizzato che possano riflettere il ruolo importante della suddivisione in blocchi (chunking) nello sviluppo delle competenze.

Ulteriori prove sono state fornite dal lavoro di Leff et al., [31] che hanno utilizzato la fNIRS (spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso) per studiare l'effetto delle competenze chirurgiche sull'attività corticale. Chiedendo di legare un nodo utilizzando una tecnica chirurgica reale, hanno osservato una ridotta attivazione della corteccia prefrontale (PFC) nei chirurghi esperti che effettuavano tale operazione. Al contrario, è stata osservata una maggiore attività corticale nella PFC tra chirurghi principianti. Leff et al. hanno sostenuto che le alterazioni dell'attività corticale, in particolare la minore attivazione della PFC osservata nei chirurghi esperti, possano essere associate ad un continuum delle fasi di apprendimento di competenze chirurgiche.

Anche se la ricerca sui correlati neurali della competenza medica è ancora agli albori, è possibile reperire prove più ampie ed avvalorate in altri campi di pratica professionale. Ad esempio, in ambito musicale, Elbert et al. [32] hanno dimostrato un allargamento significativo nella rappresentazione corticale della mano sinistra nella corteccia somatosensoriale dei musicisti di strumenti a corde, supportando pertanto l'ipotesi secondo cui l'esperienza contribuisce alla plasticità corticale. Tali risultati sono emersi da uno studio di neuroimaging che comparava le attivazioni nelle corteccie somatosensoriali di musicisti esperti e non-musicisti con la stimolazione tattile delle dita di entrambe le mani.

Probabilmente, i cervelli degli osteopati esperti possono subire cambiamenti strutturali e funzionali derivanti, ad esempio, dalla rappresentazione corticale aumentata delle loro mani, o che conducono ad una maggiore efficienza nel processo d'integrazione multisensoriale.

Promuovere le sviluppo delle competenze nella palpazione diagnostica

La comprensione dell'architettura cognitiva e del modo in cui le informazioni vengono elaborate dal sistema nervoso permette ai formatori di ottimizzare le strategie d'insegnamento ed apprendimento, in particolare quelle volte ad affrontare errori diagnostici [35, 36]. In ambito osteopatico, comprendere come l'esperienza clinica dia forma al modo in cui le informazioni vengono elaborate e i giudizi diagnostici vengono formulati, dovrebbe consentire ai docenti di valutare criticamente il modo in cui competenze cliniche fondamentali come la palpazione diagnostica vengono insegnate, praticate e valutate. Si possono ottenere miglioramenti nello sviluppo delle competenze palpatorie assicurandosi che l'insegnamento della palpazione non si dissoci dallo sviluppo di capacità di ragionamento clinico. In questa sezione, vi proponiamo una serie di strategie d'insegnamento ed apprendimento che possono supportare efficacemente lo sviluppo di tale abilità clinica.

Nel primo anno d'istruzione scolastica, gli studenti iniziano a imparare e praticare varie tecniche di esame clinico, comprese le procedure di base di osservazione statica del paziente in piedi e a sedere, nonché le tecniche di palpazione volte a valutare, ad esempio, la consistenza dei tessuti molli e la compliance. Le varie procedure di esame clinico sono in genere insegnate nel contesto delle attività in classe basate sulla valutazione e la tecnica osteopatica. Le strategie d'insegnamento ed apprendimento includono una combinazione di dimostrazioni pratiche e la trasmissione delle conoscenze teoriche riguardanti lo scopo e la logica sottostante alle diverse procedure di esame clinico. Gli studenti di solito praticano le tecniche sui colleghi e sviluppano le loro competenze sotto la supervisione dei tutor. In questo contesto, pur praticando sui loro colleghi, gli studenti sono incoraggiati a sviluppare le rispettive capacità tattili e visive attingendo dal loro sviluppo di conoscenze anatomiche, fisiologiche e biomeccaniche. Oltre ad assicurarsi che gli studenti sviluppino competenze cliniche sicure ed efficaci, è comune che i tutor li aiutino nell'interpretazione dei loro risultati. I tutor in genere lo fanno esaminando loro stessi il modello e fornendo agli studenti un'interpretazione dei risultati ottenuti. Anche se si potrebbe sostenere che tale approccio permette agli studenti di avere un quadro di riferimento per i propri risultati, può comunque causare un uso precoce dell'elaborazione non-analitica della palpazione diagnostica. Di conseguenza, gli studenti possono iniziare a sviluppare strategie euristiche (cioè, delle scorciatoie) nell'esame clinico prima che abbiano maturato conoscenze, competenze ed esperienze sufficienti per interpretare i loro risultati. Si può sostenere che ciò contribuisca alla scarsa affidabilità della palpazione diagnostica.

Per migliorare tale situazione, sosteniamo che gli studenti nelle prime fasi della loro formazione professionale dovrebbero essere incoraggiati ad esplorare le sensazioni visive, tattili e propriocettive, senza la necessità di un'interpretazione clinica dei loro risultati. Fornendo agli studenti un ambiente sicuro per lo sviluppo iniziale delle loro capacità tattili e visive, i formatori sostengono una modificabilità progressiva dei sistemi sensoriali dei loro studenti. In questa fase del loro sviluppo si dovrebbe enfatizzare l'elaborazione bottom-up (cioè, i meccanismi ascendenti). Infatti, l'esposizione a una gamma di sensazioni visive e tattili nel contesto di un esame clinico può contribuire a un'espansione delle mappe corticali, per esempio nella corteccia somatosensoriale. Recentemente, Willard et al. [38(p221)] hanno affermato che un simile allargamento della mappa corticale delle dita potrebbe verificarsi nella corteccia di un osteopata in seguito alla formazione in palpazione diagnostica. Tuttavia, è importante che gli studenti possano esplorare gli stimoli sensoriali in modo progressivo, ossia senza la necessità di giudizi percettivi e prestando attenzione ad una singola modalità d'input alla volta. Ad esempio, nella valutazione della consistenza del tessuto molle e della sua compliance, gli studenti possono essere incoraggiati a concentrare la loro attenzione sulla modalità tattile al fine di ridurre l'incertezza sensoriale associata alla disponibilità di segnali tattili e visivi. La vista, in questo caso, può essere occlusa; tuttavia, è fondamentale che gli occhi degli studenti siano tenuti aperti come mezzo di limitazione dell'uso di immagini mentali nella fase iniziale del loro sviluppo educativo.

Man mano che diventano più sicuri nella loro esplorazione di esperienze sensoriali unimodali, gli studenti dovrebbero poi essere esposti a esperienze multisensoriali. Ad esempio, dovrebbero essere incoraggiati ad utilizzare simultaneamente la vista ed il tatto nell'esplorazione della consistenza dei tessuti molli e della compliance, con i colleghi in diverse posizioni, tra cui in piedi, seduti e proni. Tale approccio consentirebbe agli studenti di iniziare a sviluppare la loro capacità di combinare dati provenienti da diverse modalità sensoriali e di avviare il processo di pensiero critico nella valutazione del paziente. Dal punto di vista osteopatico, si potrebbe sostenere che questo approccio consentirebbe inoltre agli studenti di riflettere criticamente su concetti rilevanti del processo decisionale clinico osteopatico, ovvero la validità del concetto di disfunzione somatica e l'affidabilità associata alla sua diagnosi.

I tutor svolgono un ruolo determinante nel mediare l'apprendimento e promuovere di conseguenza la modificabilità cognitiva. Piuttosto che imporre i propri modelli di diagnosi agli studenti, i tutor dovrebbero, se del caso, esaminare il paziente/modello in collaborazione con gli studenti ed impegnarsi in discussioni riguardanti la natura delle loro esperienze sensoriali. È importante sottolineare che i tutor dovrebbero assicurarsi che gli studenti si impegnino in discussioni riguardanti l'affidabilità dei segnali visivi e tattili ed i loro potenziali effetti distorsivi intersensoriali nella valutazione della consistenza dei tessuti molli, dell'asimmetria posturale e della mobilità articolare intervertebrale. I tutor dovrebbero agire come degli allenatori, che controllano le domande e le risposte degli studenti, commentando la loro pertinenza e la precisione. Al fine di migliorare l'apprendimento i tutor dovrebbero creare situazioni sempre più difficili. Con l'aumento della fiducia nelle proprie capacità cliniche in via di sviluppo, è quindi importante che gli studenti inizino ad attingere dalle loro conoscenze anatomiche quando praticano, per esempio, la palpazione diagnostica.

Una volta che gli studenti hanno acquisito sufficiente esperienza nell'esame clinico per sentirsi sicuri delle proprie capacità sensoriali, dovrebbero iniziare a interpretare le loro scoperte visive e tattili in un ambiente di apprendimento collaborativo in cui i tutor svolgono un ruolo di supporto di primo piano. I tutor devono garantire che l'elaborazione top-down associata alla percezione dei segni della funzione normale e alterata non sostituisca completamente le esperienze sensoriali dei loro studenti. A tal fine, è fondamentale che gli studenti utilizzino una combinazione di strategie di ragionamento analitico e non per interpretare i loro risultati.

Lo sviluppo delle capacità cognitive spaziali, in particolare quelle relative alla visualizzazione delle strutture anatomiche e della biomeccanica soggiacente può essere migliorato incoraggiando gli studenti a palpare con gli occhi chiusi; ad esempio, nella valutazione della consistenza del tessuto molle e della mobilità articolare intervertebrale nella spina dorsale cervicale con il modello in posizione supina. Anche se i risultati della nostra ricerca suggeriscono che la chiusura degli occhi con l'immagine mentale associata e l'elaborazione multisensoriale rischiano di aumentare la percezione di una disfunzione somatica [17] i tutor dovrebbero comunque considerare criticamente che la percezione può essere influenzata ad esempio da modelli non testati di struttura-funzione e disfunzione. A tal proposito, Sommerfeld et al. [49] hanno evidenziato la possibilità che in merito all'osteopatia in ambito craniale, la percezione del meccanismo respiratorio primario

possa essere influenzata dall'uso di immagini mentali. In genere, i tutor sono specializzati in vari settori di cura osteopatica che possono influenzare il modo in cui gli studenti interpretano i loro risultati. Attraverso un processo di dimostrazione, supporto e discussione, i tutor dovrebbero incoraggiare gli studenti a valutare criticamente la natura delle loro scoperte, i propri processi cognitivi e le affermazioni fatte dagli autori nel campo dell'osteopatia. È interessante notare che Kassirer⁴⁰ ha sostenuto che nelle attività di apprendimento basato su problemi (PBL), e di quello basato sull'analogia (CBL), i tutor dovrebbero astenersi dal convertire la sessione in una lezione sulla loro area di competenza. Invece, in situazioni di complessità, gli studenti dovrebbero essere incoraggiati a cercare prove critiche da altre fonti, compresa la ricerca pubblicata. Tale approccio permette senza dubbio agli studenti di sviluppare delle competenze metacognitive (cioè, pensiero di ordine superiore) che sono essenziali per la pratica clinica autonoma.

Mano a mano che gli studenti avanzano nel loro programma di studi devono essere incoraggiati ad utilizzare le opportunità disponibili per sperimentare pattern normali ed alterati della struttura e della funzione, riflettendo pertanto sulla validità e l'affidabilità dei loro giudizi diagnostici. Oltre ad attingere dalle loro conoscenze dell'anatomia e della meccanica umane, gli studenti dovrebbero sviluppare ulteriormente le proprie competenze cliniche prendendo in considerazione gli stati fisiopatologici dei tessuti, le disfunzioni posturali e i possibili problemi psicosociali che contribuiscono al dolore e la disabilità. Lo sviluppo di pattern visivi e tattili della funzione e disfunzione conduce a ciò che Parsons e Marcer [50] hanno etichettato come "biblioteche di riferimento palpatorie". Le memorie tattili sono suscettibili di essere memorizzate nella PPC e nella corteccia inferotemporale [38]. La PFC, lavorando in sinergia con le aree parietali e corticali temporali, creerebbe poi la memoria di lavoro dell'osteopata (WM) dell'esperienza tattile [vedi Rif. 38,51, in merito]. Willard et al. [38 (p226)] hanno proposto che le memorie tattili vengono utilizzate per confrontare le sensazioni dei tessuti molli; sulla base di tali memorie, gli studenti sviluppano un senso di consistenza normale e alterata dei tessuti.

Lo sviluppo di memorie tattili o visive permette agli studenti di iniziare a dare giudizi diagnostici rapidi, basati sul riconoscimento di particolari caratteristiche cliniche. Crediamo che l'uso di attività PBL e CBL fornisca il mezzo ideale per sostenere lo sviluppo delle competenze cliniche degli studenti. Criticamente, tali attività PBL e CBL dovrebbero includere discussioni incentrate su casi clinici accuratamente selezionati che sono sconosciuti a studenti e tutor. [40] Con l'adozione di scenari di vita reale, ma di casi complessi, i formatori promuovono il processo di assimilazione delle conoscenze e della formazione di script, ma anche il miglioramento della capacità degli studenti di valutare l'incertezza e l'ambiguità dei dati clinici [Rif. 40, sull'ultimo punto]. Un insegnamento efficace dovrebbe fornire agli studenti la capacità di valutare le proprie prestazioni ed identificare gli aspetti del loro ragionamento e della rispettiva presa di decisione laddove sono necessari miglioramenti [52].

Conclusione

Comprendere la natura delle competenze nella palpazione diagnostica ha implicazioni sull'istruzione dei futuri osteopati. Lo sviluppo delle competenze è un processo lento e discontinuo. Ad esempio, gli studenti si riferiscono comunemente alla palpazione come ad una delle competenze cliniche più difficili da sviluppare. Non è raro trovare studenti di osteopatia che possono impiegare diversi anni per sviluppare la fiducia nelle proprie capacità palpatorie. È possibile migliorare la velocità di questo sviluppo attraverso l'utilizzo di strategie appropriate di apprendimento ed insegnamento dato il livello di competenza dello studente [53]. L'apprendimento degli studenti deve essere collocato in una serie di contesti diversi

affinché sia efficace. Gli studenti devono sviluppare la conoscenza e la comprensione della pratica osteopatica, delle abilità pratiche nella fornitura di cure osteopatiche e delle competenze integrate di delivery osteopatica totale nel contesto clinico. La palpazione diagnostica svolge un ruolo centrale nella cura osteopatica. Il presente articolo si propone di contribuire alla progettazione e realizzazione di strategie d'insegnamento ed apprendimento che supportino al meglio lo sviluppo e il mantenimento delle competenze cliniche attraverso il continuum dal principiante all'esperto. Noi sosteniamo che mano a mano che gli studenti avanzano nel loro programma di studi debbano essere incoraggiati ad utilizzare le opportunità disponibili per sperimentare pattern normali ed alterati della struttura e della funzione, riflettendo pertanto sulla validità e l'affidabilità dei loro giudizi diagnostici.

Bibliografia

1. Fryer G, Johnson JC, Fossum C. The use of spinal and sacroiliac joint procedures within the British osteopathic profession. Part 1: assessment. *Int J Osteopath Med* 2010; 13:143—51.
2. Fryer G, Bird M, Robbins B, Fossum C, Johnson JC. Resting electromyographic activity of deep thoracic trans-versospinalis muscles identified as abnormal with palpation. *J Am Osteopath Assoc* 2010;110:61-8.
3. Paulet T, Fryer G. Inter-examiner reliability of palpation for tissue texture abnormality in the thoracic paraspinous region. *Int J Osteopath Med* 2009;12:92-6.
4. Seffinger MA, Najm WI, Mishra SI, Adams A, Dickerson VM, Murphy LS, et al. Reliability of spinal palpation for diagnosis of back and neck pain: a systematic review of the literature. *Spine* 2004;29:E413—25.
5. WHO. Benchmarks for training in osteopathy. World Health Organization; 2010.
6. Wallace SS. Criticality, research, scholarship and teaching: osteopaths as educators — what makes a good teacher? *Int J Osteopath Med* 2008;11:52—5.
7. Mattingly C. What is clinical reasoning? *Am J Occup Ther* 1991;11:979—86.
8. Mattingly C. *Clinical reasoning: forms of inquiry in a therapeutic practice*. Philadelphia: F.A. Davis; 1994.
9. Glaser R. Expert knowledge and processes of thinking. In: McCormick R, Paechter C, editors. *Learning and knowledge*. London: Open University; 1999. p. 88—101.
10. Feltovich PJ, Prietula MJ, Ericsson KA. Studies of expertise from psychological perspectives. In: Ericsson KA, et al., editors. *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge: Cambridge University Press; 2006. p. 41—68.
11. Hill NM, Schneider W. Brain changes in the development of expertise: neuroanatomical and neurophysiological evidence about skill-based adaptations. In: Ericsson KA, et al., editors. *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge: Cambridge University Press; 2006. p. 653—82.
12. Longstaff A, editor. *Instant notes in neuroscience (BIOS instant notes)*. 2nd ed. Abingdon: Taylor & Francis; 2005.
13. Ericsson KA, Prietula MJ, Cokely ET. The making of an expert. *Harv Bus Rev* 2007;85:114—21. 193.
14. Higgs J, Jones MA. Clinical reasoning in the health professions. In: Higgs J, Jones MA, editors. *Clinical reasoning in the health professions*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2000. p. 3—14.
15. Rivett DA, Jones MA. Improving clinical reasoning in manual therapy. In: Jones MA, Rivett DA, editors. *Clinical reasoning for Manual Therapists*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2004. p. 403—19.
16. Carneiro AV. Clinical reasoning. What is its nature? Can it be taught? *Revista Portuguesa Cardiologia* 2003;22: 433—43.
17. Esteves JE. Diagnostic palpation in osteopathic medicine: a putative neurocognitive model of expertise. In: Faculty of humanities and social sciences. Oxford: Oxford Brookes University; 2011.
18. Goswami U. Neuroscience and education. *Br J Educ Psychol* 2004;1—14.
19. Geake J, Cooper P. Cognitive neuroscience: implications for education? *Westminster Stud Educ* 2003;26:7—20.
20. Talbot M. Good wine may need to mature: a critique of accelerated higher specialist training. Evidence from cognitive neuroscience. *Med Educ* 2004;38: 399—408.
21. Norman GR. The epistemology of clinical reasoning: perspectives from philosophy, psychology, and neuroscience. *Acad Med* 2000;75:S127—35.
22. Kappler RE. Palpatory skills: an introduction. In: Ward R, editor. *Foundations for osteopathic medicine*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1997. p. 473—7.
23. Pascual-Leone A, Amedi A, Fregni F, Merabet LB. The plastic human brain cortex. *Annu Rev Neurosci* 2005;28: 377—401.
24. Bukach CM, Gauthier I, Tarr MJ. Beyond faces and modularity: the power of an expertise framework. *Trends Cogn Sci* 2006; 10:159—66.
25. Munte TF, Altenmüller E, Jancke L. The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nat Rev Neurosci* 2002;3: 473—8.
26. James W. *The principles of psychology*. New York: Henry Holt; 1890.
27. Mercado E. Cognitive plasticity and cortical Modules. *Curr Dir Psychol Sci* 2009; 18:153—8.

28. Bor D, Owen AM. Cognitive training: neural correlates of expert skills. *Curr Biol* 2007;17:R95—7.
29. Haller S, Radue EW. What is different about a radiologist's brain? *Radiology* 2005;236:983—9.
30. Harley EM, Pope WB, Villablanca JP, Mumford J, Suh R, Mazziotta JC, et al. Engagement of fusiform cortex and disengagement of lateral occipital cortex in the acquisition of radiological expertise. *Cereb Cortex* 2009; 19:2746—54.
31. Leff DR, Elwell CE, Orihuela-Espina F, Atallah L, Delpy DT, Darzi AW, et al. Changes in prefrontal cortical behaviour depend upon familiarity on a bimanual co-ordination task: an fNIRS study. *Neuroimage* 2008;39:805—13.
32. Elbert T, Pantev C, Wienbruch C, Rockstroh B, Taub E. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science* 1995;270:305—7.
33. Woollett K, Spiers HJ, Maguire EA. Talent in the taxi: a model system for exploring expertise. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2009; 364:1407—16.
34. Maguire EA, Gadian DG, Johnsrude IS, Good CD, Ashburner J, Frackowiak RS, et al. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000;97:4398—403.
35. Dror I. A novel approach to minimize error in the medical domain: cognitive neuroscientific insights into training. *Med Teach* 2011;33:34—8.
36. Dror I, Schmidt P, O'Connor L. A cognitive perspective on technology enhanced learning in medical training: great opportunities, pitfalls and challenges. *Med Teach* 2011;33: 291 —6.
37. Bengtsson SL, Nagy Z, Skare S, Forsman L, Forsberg H, Ullen F. Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. *Nat Neurosci* 2005; 8:1148—50.
38. Willard FH, Jerome JA, Elkiss ML. Touch. In: Chila A, editor. *Foundations for osteopathic medicine*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 221 —7.
39. Rao G, Kanter SL. Physician numeracy as the basis for an evidence-based medicine curriculum. *Acad Med* 2010;85: 1794—9.
40. Kassirer JP. Teaching clinical reasoning: case-based and coached. *Acad Med* 2010;85:1118—24.
41. da Fonseca V. *Cognicao e aprendizagem*. Lisboa: Ancora Editora; 2001.
42. Vygotsky LS. *Mind and society: the development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1978.
43. Baillie S, Crossan A, Brewster S, Mellor D, Reid S. Validation of a bovine rectal palpation simulator for training veterinary students. *Stud Health Technol Inform* 2005; 111 :33—6.
44. Baillie S, Crossan A, Brewster SA, May SA, Mellor DJ. Evaluating an automated haptic simulator designed for veterinary students to learn bovine rectal palpation. *Simul Health* 2010;5:261—6.
45. Howell JN, Conatser RR, Williams 2nd RL, Burns JM, Eland DC. Palpatory diagnosis training on the virtual haptic back: performance improvement and user evaluations. *J Am Osteopath Assoc* 2008; 108:29—36.
46. Howell JN, Conatser RR, Williams 2nd RL, Burns JM, Eland DC. The virtual haptic back: a simulation for training in palpatory diagnosis. *BMC Med Educ* 2008;8:14.
47. Baillie S, Forrest N, Kinniso T. The core skills trainer: a set of haptic games for practicing key clinical skills. In: Astrid ML, et al., editors. *Haptics: generating and perceiving tangible sensations. Lecture notes on computer science (LNCS). Part II*. Heidelberg: Springer; 2010. p. 371—6.
48. Fernandez R, Dror IE, Smith C. Spatial abilities of expert clinical anatomists: comparison of abilities between novices, intermediates, and experts in anatomy. *Anat Sci Educ* 2011;4:1—8.
49. Sommerfeld P, Kaider A, Klein P. Inter- and intraexaminer reliability in palpation of the 'primary respiratory mechanism' within the 'cranial concept'. *Man Ther* 2004;9: 22—9.
50. Parsons J, Marcer N. *Osteopathy: models for diagnosis, treatment and practice*. Edinburgh: Elsevier, Churchill Livingstone; 2005.
51. Gallace A, Spence C. The cognitive and neural correlates of tactile memory. *Psychol Bull* 2009; 135:380—406.
52. Norman G. Dual processing and diagnostic errors. *Adv Health Sci Educ Theor Pract* 2009;14:37—49.
53. Boshuizen HP. Does practice make perfect? In: Boshuizen HP, Bromme R, Gruber H, editors. *Professional learning: gaps and transitions on the way from novice to expert*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 2004. p. 73—95.