

# Η Διαταραχή της Ιδιοδεκτικότητας της Οσφυϊκής Μοίρας της Σπονδυλικής Στήλης στην Οσφυαλγία

**Δ. Ν. Θεοδωρόπουλος**, Φυσικοθεραπευτής, Εργαστηριακός Συνεργάτης, Τμήμα Φυσικοθεραπείας, ΤΕΙ Λαμίας

Επικοινωνία: Ύδρας 41, Καματερό, Αθήνα, e-mail: diotheo@otenet.gr

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

**Η** οσφυαλγία είναι ένα από τα συχνότερα προβλήματα που εμφανίζεται σε μεγάλο αριθμό ατόμων. Τα αίτιά της είναι ποικίλα και οι παράγοντες που συντελούν στην ένταση του προβλήματος πολλοί. Το ζητούμενο για τον ασθενή είναι να αντιμετωπιστεί ο πόνος. Σχετικά με την αντιμετώπιση του πόνου έχουν προταθεί πολλές φαρμακευτικές θεραπείες, εφαρμογή φυσικών μέσων, ειδικές τεχνικές κινητοποίησης, κ.α. Το πρόβλημα όμως δεν είναι μόνο ο πόνος. Στην οσφυαλγία παρατηρείται διαταραχή της ιδιοδεκτικότητας της οσφυϊκής μοίρας, διαταραχή της στατικής ισορροπίας και αστάθεια. Αυτές οι διαταραχές μπορεί να οδηγήσουν σε υπερφόρτωση των αποφυσιακών αρθρώσεων, υπερδιάταση των θυλάκων και του οπισθίου επιμήκη συνδέσμου, πίεση των μεσοσπονδυλίων δίσκων και ελάττωση του εύρους των μεσοσπονδυλίων τρημάτων (Parkhurst and Burnett 1994). Επομένως η αξιο-

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ασθενείς με οσφυαλγία παρουσιάζουν διαταραχή της ιδιοδεκτικότητας της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη αίσθηση της θέσης του κορμού στο χώρο και την ενεργοποίηση λανθασμένων κινητικών προτύπων κατά τη στατική και δυναμική ισορροπία του σώματος. Η παραπάνω δυσλειτουργία σχετίζεται με τη κακή λειτουργία των μηχανοϋποδοχών και την εξασθένηση των ανώτερων κέντρων της ιδιοδεκτικότητας. Η επανεκπαίδευση της ιδιοδεκτικότητας βελτιώνει τη λειτουργικότητα και πρέπει να αποτελεί μέρος του προγράμματος της αποκατάστασης στην οσφυαλγία.

**Key words:** back proprioception, low back pain, postural stability, lumbar stabilization

λόγηση της ιδιοδεκτικότητας και η επανεκπαίδευσή της πρέπει να αποτελέσει μέρος της θεραπείας. Η εξάλειψη του πόνου δε σημαίνει και λειτουργική αποκατάσταση. Αν το έλλειμμα στην ιδιοδεκτικότητα παραμείνει, δημιουργούνται όλες οι συνθήκες για την επανεμφάνιση του πόνου.

## ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η ιδιοδεκτικότητα είναι μια πολύπλοκη νευρομυϊκή διαδικασία που εμπεριέχει απαγωγές και προσαγωγές ώσεις και επιτρέπει στο σώμα να διατηρεί τη σταθερότητα και τον προσανατολισμό κατά τη διάρκεια στατικών

και δυναμικών δραστηριοτήτων. Είναι η διαδικασία με την οποία το σώμα μπορεί να διαφοροποιεί τη μυϊκή σύσπαση, ως άμεση αντίδραση στην εισερχόμενη πληροφορία που αφορά εξωτερικές δυνάμεις.

Οι υποδοχείς της ιδιοδεκτικότητας (μηχανοϋποδοχείς) είναι υπεύθυνοι για την αίσθηση της θέσης του σώματος και τον έλεγχο της στατικής και δυναμικής ισορροπίας στα δύο επίπεδα ιδιοδεκτικότητας, στο εκούσιο και στο αντανανκλαστικό (Laskowski et al 1997). Βρίσκονται στο δέρμα, στους μυς, στις αρθρώσεις, στους συνδέσμους, στους τένοντες και ανιχνεύουν την παρα-

μόρφωση των ιστών. Όλες οι νευρικές ώσεις που παράγονται από τους μηχανοϋποδοχείς καθώς και οι ώσεις από τους οπτικούς και αιθουσαίους υποδοχείς ενοποιούνται και επεξεργάζονται από το κεντρικό νευρικό σύστημα για να παραχθεί η κινητική αντίδραση.

### ΜΗΧΑΝΟΪΠΟΔΟΧΕΙΣ ΣΤΗ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗ ΣΤΗΛΗ

Α) *Μεσοσπονδύλιος δίσκος.* Στον ινώδη δακτύλιο υπάρχουν ιδιοδεκτικοί υποδοχείς καθώς και υποδοχείς του πόνου. Οι μηχανοϋποδοχείς που παρατηρούνται είναι τύπου I (σώματα Ruffini), τύπου II (υποδοχείς Paccini) καθώς και υποδοχείς τύπου III. (Roberts et al 1995). Οι υποδοχείς παρατηρούνται μόνο στη εξωτερική πλευρά του ινώδους δακτυλίου και στον συνδετικό ιστό της επιφάνειάς του. (Cavanaugh et al 1995)

Β) *Αποφυσιακές Αρθρώσεις.* Στους θύλακες των αποφυσιακών αρθρώσεων έχει βρεθεί μικρός αριθμός μηχανοϋποδοχέων, με μεγάλα δεκτικά πεδία. Επειδή οι υποδοχείς είναι σχετικά μεγάλοι, μια ή δύο νευρικές απολήξεις είναι αρκετές για να ελέγχουν τη περιοχή κάθε ξεχωριστού θύλακα των αποφυσιακών αρθρώσεων. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι η βλάβη σε ένα μικρό τμήμα του θύλακα να διαταράσσει τη νεύρωση της αρθρικής δομής (McLain 1994).

Γ) *Σύνδεσμοι.* Έχει βρεθεί μεγάλος αριθμός ιδιοδεκτικών υποδοχέων όλων των τύπων στους συνδέσμους της σπονδυλικής στή-

λης. Η έκταση της νεύρωσης και το πρότυπο κατανομής των νευρικών στοιχείων υποστηρίζουν την άποψη ότι οι σύνδεσμοι είναι τμήμα των μηχανισμών επανοτροφοδότησης για τη προστασία και τη σταθερότητα της σπονδυλικής στήλης (Jiang et al 1995).

Από τον ερεθισμό των μηχανοϋποδοχέων της Σ.Σ. επηρεάζεται η λειτουργία των παρακείμενων μυών. Διαφορετικοί υποδοχείς αντιδρούν σε διαφορετικά επίπεδα κίνησης και παίζουν ρόλο στα προστατευτικά μυϊκά αντανακλαστικά. Αν και τα αντανακλαστικά που ξεκινούν από τους υποδοχείς αυτούς μπορεί να μην είναι σημαντικά στις καθημερινές δραστηριότητες, είναι όμως σημαντικά στο να προστατεύουν την τραυματισμένη ή ασταθή άρθρωση από εκφύλιση (Parke and Whalen 1993, McLain 1994).

### Η ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ ΤΗΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΟΣΦΥΪΚΗΣ ΜΟΙΡΑΣ ΣΤΗΝ ΟΣΦΥΑΛΓΙΑ

Οι ασθενείς με οσφυαλγία παρουσιάζουν βλάβες σε συγκεκριμένες παραμέτρους της ιδιοδεκτικότητας της οσφυϊκής μοίρας. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ οσφυαλγίας και προσβολής της ιδιοδεκτικότητας στο σύστημα ισορροπίας του σώματος.

Άτομα με οσφυαλγία εμφανίζουν μεταβολές στην τροφοδότηση του ΚΝΣ με προσαγωγές πληροφορίες, κάτι που οδηγεί σε μειωμένο έλεγχο της αίσθησης της θέσης του σώματος και διαταρα-

χή της επανατοποθέτησης του κορμού σε διάφορες θέσεις (Bullock and Saxton 1993, Gill and Callaghan 1998).

Η μυϊκή κόπωση έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ικανότητα του ατόμου να αντιλαμβάνεται την αλλαγή θέσης. Το πρόβλημα γίνεται μεγαλύτερο στα άτομα με οσφυαλγία σε σύγκριση με υγιή (Taimela et al 1999). Η σχέση μεταξύ ιδιοδεκτικού ελλείμματος και κόπωσης είναι ένα θέμα υπό

### Η μυϊκή κόπωση έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ικανότητα του ατόμου να αντιλαμβάνεται την αλλαγή θέσης

διερεύνηση. Στην παραδοσιακή άποψη ότι η αίσθηση της θέσης της άρθρωσης ξεκινάει βασικά από τον αρθρικό θύλακα έρχεται να προστεθεί και η άποψη ότι και οι μυϊκοί υποδοχείς παίζουν σημαντικό ρόλο. Η χρόνια μυϊκή δυσλειτουργία παρατηρείται ως διαφορά στο χρόνο αντοχής των μυών και ως φτωχότερη ιδιοδεκτικότητα (Lam et al 1999, Taimela et al 1999).

Τα ερευνητικά στοιχεία δείχνουν ότι τα άτομα με οσφυαλγία παρουσιάζουν τροποποιημένα πρότυπα μυϊκής ενεργοποίησης. Η μέτρηση του προτύπου μυϊκής ενεργοποίησης χρησιμοποιείται ως μέσο για την αξιολόγηση της φυγόκεντρης αντίδρασης της ιδιοδεκτικότητας. Συγκεκριμένα στην οσφυαλγία παρατηρούνται :

- Ανώμαλη ενεργοποίηση του ορθού κοιλιακού και των ιερονωτιαίων μυών στις κινήσεις κάμψης (Paquet et al 1994, Newcomer et al 2002).
- Μεταβλητότητα στις ηλεκτρομυογραφικές αντιδράσεις των παρασπονδυλικών μυών (Grabi-

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ner et al 1992).

- Καθυστέρηση στην ενεργοποίηση των μυών του κορμού που σχετίζονται με κινήσεις των άνω άκρων με την πιο έντονη καθυστέρηση να παρατηρείται στην ενεργοποίηση του εγκάρσιου κοιλιακού μυός (Hodges and Richardson 1996).

- Μειωμένη ψυχοκινητική ταχύτητα αντίδρασης. Με τον όρο ψυχοκινητικό χρόνο αντίδρασης ορίζουμε τη διάρκεια μεταξύ της έναρξης ενός αναπάντεχου ερεθίσματος και της συγκεκριμένης αντίδρασης σε αυτό (Luoto et al 1996).

- Καθυστερημένη μυϊκή αντίδραση σε ξαφνική φόρτιση του κορμού. Έχει παρατηρηθεί ότι τα άτομα με οσφυαλγία στη ξαφνική φόρτιση του κορμού διατηρούν τη συσύσπαση αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών σε αντίθεση με τη αντίδραση των υγιών ατόμων. Στα υγιή άτομα το πρότυπο επιστράτευσης του κάθε μυός παρουσιάζει μια ομοιογένεια, σε αντίθεση με τη μεταβλητότητα που παρατηρείται στην οσφυαλγία (Radebold et al 2001).

Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι στην οσφυαλγία έχουμε διαφορετική στρατηγική κινητικού ελέγχου. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα του πόνου ή της καταστροφής του νευρικού, συνδεδεμένου ιστού και των μηχανοϋποδοχέων (Gill and Callaghan 1998). Κάποιοι μύες μπορεί να αντιδράσουν στο πόνο με το να γίνονται υπερδραστήριοι, ενώ άλλοι αντιδρούν με αναστολή της λειτουργίας τους. Αυτές οι μεταβολές στη μυϊκή ενεργοποίηση είναι πολυπαραγοντικές και πε-

ριλαμβάνουν αλλαγές στην ιδιοδεκτικότητα και στις ώσεις από το ΚΝΣ προς τους μυς (Newcomer et al, 2002).

Σε ασθενείς με οσφυαλγία παρατηρούνται και σημαντικές αποκλίσεις στη μονοποδική στήριξη με κλειστά τα μάτια. Παρατηρείται αυξημένη ταλάντωση στην όρθια στάση, μεταφέρουν το κέντρο βάρους πιο πίσω και χρησιμοποιούν τη στρατηγική μέσης – ισχίου αντί τη στρατηγική της ποδοκνημικής για να διατηρήσουν την όρθια στάση σε δύσκολες καταστάσεις της ισορροπίας (Byl and Sinnott 1991, Mientjes and Frank 1999). Επιπλέον, για τη διατήρηση της σταθερότητας σε καταστάσεις στατικής ισορροπίας απαιτείται ενεργοποίηση σε ποσοστό 6% της μέγιστης εκούσιας σύσπασης των καμπτήρων και εκτεινόντων μυών της σπονδυλικής στήλης ενώ σε φυσιολογικές καταστάσεις απαιτείται μόνο 3 % (McGill 1998).

Από τις παραπάνω μελέτες είναι φανερό ότι στην οσφυαλγία η ιδιοδεκτικότητα επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό.

### ΕΠΑΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η επανεκπαίδευση της ιδιοδεκτικότητας μπορεί να βελτιώσει ή και να συντελέσει στην ανάκτηση της αίσθησης της θέσης του σώματος, της σταθερότητας και του ελέγχου των κινήσεων. Βελτιώνει τη κιναισθησία σε σχέση με τη συναρμογή, την επιδεξιότητα και τη δύναμη που απαιτεί η κάθε δραστηριότητα (Johannsen et al 1995).

Η ιδιοδεκτικότητα σχετίζεται με τρία διαφορετικά επίπεδα κινητικού ελέγχου εντός του ΚΝΣ (Lephart et al 1997):

1. Τα αντανακλαστικά στο νωτιαίο επίπεδο. Αυτά μεσολαβούν στα κινητικά πρότυπα που ξεκινούν από υψηλότερα επίπεδα του νευρικού συστήματος. Παρέχουν αντανακλαστική σταθερότητα στην άρθρωση στις περιπτώσεις που εφαρμόζεται μη φυσιολογική φόρτιση σε αυτή. Η χρήση ασκήσεων που διευκολύνουν τη δυναμική αρθρική σταθερότητα βελτιώνει αυτόν τον νευρομυϊκό μηχανισμό.

2. Τη δραστηριότητα του εγκε-

### Τα άτομα με οσφυαλγία στη ξαφνική φόρτιση του κορμού διατηρούν τη συσύσπαση αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών σε αντίθεση με τη αντίδραση των υγιών ατόμων

φαλικού στελέχους. Το εγκεφαλικό στέλεχος δέχεται πληροφορίες από τους μηχανοϋποδοχείς των αρθρώσεων, τους αιθουσαίους υποδοχείς και τα οπτικά ερεθίσματα για τη διατήρηση της ισορροπίας και της θέσης του σώματος. Προκειμένου να ενισχυθεί η λειτουργία του εγκεφαλικού στελέχους, πρέπει να χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες νευρομυϊκής αντίδρασης που επιτρέπουν τη μεταφορά δεδομένων από τους υποδοχείς προς το στέλεχος.

3. Το υψηλότερο επίπεδο λειτουργίας του κεντρικού νευρικού συστήματος φλοιός, βασικά γάγ-

γλία και παρεγκεφαλίδα Παρέχει την αντίληψη της θέσης του σώματος και της κίνησης και συντονίζει τις εκούσιες κινήσεις.

Η συγχώνευση αυτών των τριών επιπέδων κινητικού ελέγχου σε δραστηριότητες που απευθύνονται στο ιδιοδεκτικό έλλειμμα, πρέπει να αποτελεί τμήμα του προγράμματος αποκατάστασης. Ο σκοπός του ερεθισμού των υποδοχέων των αρθρώσεων και των μυών πρέπει να είναι η ενθάρρυνση της μέγιστης αισθητικής πληροφόρησης προς το αντίστοιχο επίπεδο του ΚΝΣ. Για να ερεθιστεί η αντανακλαστική σταθερότητα των αρθρώσεων οι δραστηριότητες πρέπει να επικεντρώνονται σε ξαφνικές αλλαγές

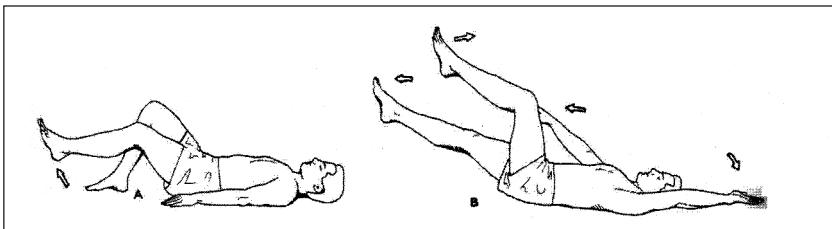
της θέσης που καθιστούν απαραίτητο τον αντανακλαστικό μυϊκό έλεγχο. Η ενίσχυση της κινητικής λειτουργίας στο επίπεδο του εγκεφαλικού στελέχους μπορεί να επιτευχθεί με τη πραγματοποίηση δραστηριοτήτων ισορροπίας και στάσης με τα μάτια ανοικτά αλλά και κλειστά (Lephart et al 1997). Οι ασκήσεις για την επανεκπαίδευση της ιδιοδεκτικότητας πρέπει να περιλαμβάνουν κινήσεις που πραγματοποιούνται αργά και σκόπιμα καθώς και ξαφνικές διαταράξεις της θέσης από εξωτερικούς παράγοντες. Στόχος μας είναι να μετατρέψουμε το συνειδητό έλεγχο (φλοιώδης έλεγχος) των διορθωμένων κινήσεων σε υποσυνείδητο (υπο-

φλοιώδης έλεγχος) (Norris, 1995).

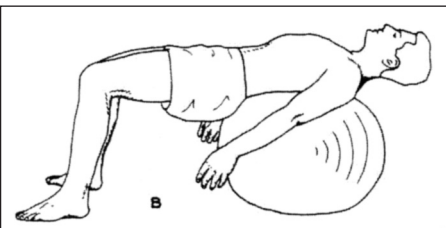
Οι ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας μπορεί να διαχωριστούν σε τρία επίπεδα ασκήσεων:

1. Ασκήσεις διατήρησης ισορροπίας
2. Ασκήσεις διατήρησης της θέσης του σώματος
3. Ασκήσεις δυναμικής σταθεροποίησης

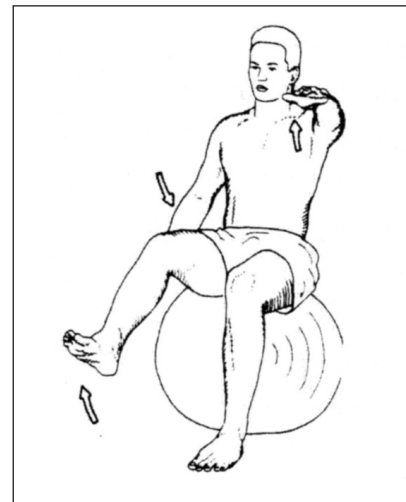
Το πρόγραμμα των ασκήσεων για την επανεκπαίδευση της ιδιοδεκτικότητας πρέπει να είναι εξατομικευμένο και να λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος του ελλείμματος, αλλά και η γενικότερη κατάσταση του ασθενή. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες ενδεικτικές ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας:



**Εικόνα 1.** Ανάπτυξη της δύναμης των κοιλιακών μυών καθώς οι μύες σταθεροποιούν τη σπονδυλική στήλη στη λειτουργική της θέση. Α) Εφαρμόζεται ελαφρά αντίσταση καθώς το ένα άκρο κάμπτεται και εκτείνεται ενώ το άλλο βοηθά στη σταθεροποίηση Β) Απαιτείται μια ισχυρή ελεγχόμενη δράση των κοιλιακών όταν και τα τέσσερα άκρα κινούνται σε εναλλασσόμενα σχήματα (Τροποποιημένο από Kinser and Colby 1996)



**Εικόνα 2.** Άσκηση εκπαίδευσης εκτεινόντων μυών ως σταθεροποιών πάνω σε μπάλα γυμναστικής (Τροποποιημένο από Kinser and Colby 1996)



**Εικόνα 2.** Άσκηση πάνω σε μπάλα γυμναστικής όπου απαιτείται δύναμη, ισορροπία και συντονισμός για τη διατήρηση της σταθερότητας της σπονδυλικής στήλης (Τροποποιημένο από Kinser and Colby 1996)

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την υπάρχουσα βιβλιογραφία καθίσταται πρόδηλη η διαταραχή της ιδιοδεκτικότητας της σπονδυλικής στήλης σε άτομα με οσφυαλγία. Οι μελέτες που έχουν γίνει συνδέουν το πόνο στην οσφυϊκή μοίρα με τη διαταραχή της λειτουργίας των μηχανοϋποδοχών και με την εξασθένηση των ανώτερων κέντρων της ιδιοδεκτικότητας. Η επανεκπαίδευση της ιδιοδεκτικότητας βελτιώνει τη λειτουργικότητα και θα πρέπει να αποτελεί μέρος ενός προγράμματος αποκατάστασης της οσφυαλγίας.

### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Bullock-Saxton J., Janda V, Bullock M., (1993), Reflex activation of gluteal muscles in walking, *Spine*, 18, pg 704-708.
- Byl – Nies N., Sinnott P., (1991), Variations in balance and body way in middle- age adults, subjects with healthy backs compared with subjects with low back dysfunction, *Spine*, 16, pg 325-330.
- Cavanaugh J., Kallakuri S., Ozaktay C ., (1995) Innervation of the rabbit lumbar intervertebral disc and posterior longitudinal ligament, *Spine.*, 20, pg 2080-2085.
- Gill k., Callaghan M.,(1998),The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain, *Spine*, 3, pg 371- 377.
- Grabiner M., Koh T., Chazani A., (1992), Decoupling of bilateral paraspinal excitation in subjects with low back pain, *Spine*, 17, pg 1219-1223.
- Hodges P., Richardson C., (1996) Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain : a motor control evaluation of transverses abdominis, *Spine*, 22, pg 2640-2650.
- Jiang H., Russell G., Raso J., Moureau M, Hill D, Bagnal K., (1995), The nature and distribution of the innervation of human supraspinal and interspinal ligaments, *Spine*, 20, pg 869-876.
- Johannsen F., Remving L., Kryger P., Beck P., Warming S., Lybeck k., Dreyer V., Larsen L., (1995), Exercises for chronic low back pain : a clinical trial, *Journal of Orthopedic of Sports and Physical Therapy*, 22, pg 52-59.
- Kinsler C., Colby L., (1996), Therapeutic exercise foundation and techniques, pg 553-560, 3d edition, Davis Company, Philadelphia.
- Lam S., Jull G., Treleaven J., (1999), Lumbar spine kinesthesia in patients with low back pain, *Journal Orthopedic of Sports and Physical Therapy*, 29,pg 294-299.
- Laskowski E., Newcamer-Aney K., Smith J., (1997), Refining rehabilitation with proprioception training : expediting return to play, *The Physician and Sportsmedicine*, 25, pg 9-19.
- Lephart S., Pincivero D., Giraldo J., Fu F., (1997), The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletics injuries, *The American Journal of Sports medicine*, 25, pg 2081-2089.
- Luoto S., Taimela S., Hurri H, Aalto H., Pykko I, Alaranta H., (1996), Psychomotor speed and postural control in chronic low back pain patients, *Spine*, 21, pg 2621-2627.
- McGill S., (1998), Low back exercise : Evidence for improving exercise regimens, *Physical Therapy*, 78, pg 754-765.
- McLain R., Pickar J., (1998), Mechanoreceptor endings in human thoracic and lumbar facet joints, *Spine*,23 pg 168-173.
- Mientjes M., Frank S., (1999), Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing, *Clinical Biomechanics*, 14, pg 710-716.
- Newcomer K., Jacobson T., Gabriel D., Larson D., Brey R., An K., (2002), Muscle activation patterns in subjects with and without low back pain, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, pg 16-21.
- Norris C., (1995), Spinal stabilization, an exercise programme to enhance lumbar stabilization, *Physiotherapy*, 81, pg 138-146.
- Paquet N., Malounin F., Richards C., (1994), Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients, *Spine*, pg 596-603.
- Parke W., Whalen J., (1993), The pial ligaments of the anterior spinal artery and their stretch receptors. A spinal cord distraction – sensing system, *Spine*, 18, pg 1542-1549.
- Parkhurst T., Burnett C., (1994), Injury and proprioception in the lower back, *Journal orthopedic of Sports and Physical Therapy* , 19, pg 347-351.
- Radebold A., Colewicki J., Panjabi M., Patel T., (2000), Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain, *Spine*, 25, pg 947-954.
- Roberts S., Eisenstein S., Menage J., Evans H., Ashton K., (1995), Mechanoreceptors in intervertebral discs, *Spine*, 20, pg 2645-2651.
- Taimela S., Kankanpa M., Luoto S., (1999), The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position, *Spine*, 24, pg 1322-1327.