

Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΥΩΝ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ ΣΕ ΥΓΙΕΙΣ ΚΑΙ ΣΕ ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΑΛΓΟΣ ΣΤΗΝ ΟΣΦΥ

Ε.Η. ΜΠΑΚΑΣ

Ο κορμός αποτελεί τον κύριο συνδετικό κρίκο ανάμεσα στις κινητικές αλυσίδες των άνω και των κάτω άκρων. Παράλληλα αποτελεί τον κύριο άξονα μέσα από τον οποίο μεταφέρεται η φόρτιση μέσω των διαφόρων μοχλοβραχιόνων. Κατά συνέπεια δέχεται όλες τις σοβαρές καταπονήσεις και τις έκκεντρες ή μη φυσιολογικές φορτίσεις που επιβάλλονται επάνω του. Αποτελεί με άλλα λόγια τον "εμβιομηχανικό άξονα" του σώματος. Για τη σωστή, επομένως, λειτουργία του εμβιομηχανικού αυτού συστήματος απαιτείται η κατάλληλη ισορροπία του κορμού, αλλά και η σωστή αντιστάθμιση των καταπονήσεων και των φορτίσεων που επιβάλλονται σε αυτόν, διαδικασίες οι οποίες ολοκληρώνονται με την κατάλληλη και επαρκή μυϊκή δραστηριότητα. Ο σωστός και κατάλληλος έλεγχος των μυών του κορμού θεωρείται απολύτως απαραίτητος για τη φυσιολογική λειτουργία της σπονδυλικής στήλης του ανθρώπου, αλλά και για την εξασφάλιση της κατάλληλης μηχανικής και εμβιομηχανικής του.

Η σπονδυλική στήλη χωρίς τη συγκεκριμένη σωστή λειτουργία των μυών του κορμού είναι ασταθής, ενώ έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι μπορεί να υποστεί σοβαρές βλάβες (δηλαδή να ανεπαρκέσει) ακόμη και με την εφαρμογή μικρών φορτίων, μέχρι και 20 N (περίπου 4 lb)¹. Χωρίς την κατάλληλη μυϊκή δράση δεν είναι δυνατόν να ξεκινήσει, αλλά ούτε και να ελεγχθεί μία συντονισμένη ή καλά "συγχρονισμένη" κίνηση της σπονδυλικής στήλης (και γενικά του κορμού), ενώ συνήθεις δραστηριότητες όπως η κάμψη, η έκταση, η πλάγια κάμψη με ή χωρίς στροφή και η άρση βάρους θα ήταν πλέον αδύνατες. Όπως αναφέρθηκε, η φυσιολογική μυϊκή λειτουργία θεωρείται βασική προϋπόθεση για τη φυσιολογική κινητική και κινηματική λειτουργία της σπονδυλικής στήλης, αν και δε θεωρείται αποκλειστικά η μόνη². Η πτωχή ή λανθασμένη λειτουργία των μυών που ελέγχουν την κίνηση του κορμού μπορεί να οδηγήσει σε επώδυνες καταστάσεις της περιοχής της οσφύς.

Αντίθετα, οι διάφορες επώδυνες καταστάσεις της περιοχής αυτής ή και των άλλων περιοχών που έχουν άμεση σχέση ή συνδέονται κινητικά με αυτήν ή ακόμη και των μυών που ελέγχουν την κίνηση του κορμού, μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα τη μη φυσιολογική μυϊκή λειτουργία αλλά και τον αποσυντονισμό του κινητικού ελέγχου. Το μακροχρόνιο αποτέλεσμα θα είναι η ανάπτυξη "σωματικής δυσλειτουργίας", με κύρια εκδήλωση την εμβιομηχανική ανεπάρκεια του συνόλου του κορμού και των κινητικών του αλυσίδων^{2,3}.

Μία άλλη σημαντική εμβιομηχανική παράμετρος είναι η λειτουργία των παρασπονδυλικών μυών. Η σωστή και απόλυτα συντονισμένη λειτουργία των παρασπονδυλικών μυών θεωρείται εξίσου σημαντική και αιτιολογικά απαραίτητη για την αποφυγή ή την πρόληψη των διαφόρων σπονδυλικών διαταραχών. Αυτός είναι ο βασικός λόγος που η εξέταση όλων των μυών που ελέγχουν τις κινήσεις του κορμού πρέπει να θεωρείται ως μέρος της

συνήθους κλινικής εξέτασης του ασθενούς με άλγος σπονδυλικής προέλευσης, σύνδρομο σωματικής δυσλειτουργίας³ ή παραμόρφωση της σπονδυλικής στήλης.

Κατά τη συνήθη κλινική εκτίμηση, οι μύες του κορμού εξετάζονται για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει τοπική ευαισθησία, μυϊκός σπασμός και ασυμμετρία. Συνήθως η εκτίμηση της λειτουργίας των μυών του κορμού δεν καθορίζεται εξειδικευμένα. Αν και η εξέταση της κίνησης του κορμού μπορεί ενίοτε να περιλαμβάνει κάποια από τις δοκιμασίες εκτίμησης της μυϊκής λειτουργίας, παρόλα αυτά σπανιότερα εκτελούνται δοκιμασίες ελέγχου για την εκτίμηση της μυϊκής δύναμης και της αντοχής, ενώ στην κλινική εξέταση δεν περιλαμβάνονται σχεδόν ποτέ δοκιμασίες ελέγχου του συντονισμού της κίνησης.

Με βάση αυτά, σκοπός της συγκεκριμένης αναφοράς είναι να δοθούν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το ρόλο των μυών του κορμού στη λειτουργία της υγιούς σπονδυλικής στήλης. Δε θα γίνει όμως καμία ιδιαίτερη αναφορά για τη μυϊκή ενίσχυση (αύξηση της μυϊκής δύναμης) και τη μυϊκή αντοχή (αύξησης της αερόβιας ικανότητας συνολικά) των μυών αυτών.

Βέβαια, δε θα πρέπει να λησμονείται ότι η φυσιολογική μυϊκή λειτουργία προϋποθέτει τη δημιουργία δυνάμεων που έχουν ως βασικό σκοπό την αντιστάθμιση των εξωτερικών καταπονήσεων και των διαφόρων φορτίσεων που επιβάλλονται είτε με τις συνήθεις κινητικές δραστηριότητες είτε κάτω από συνθήκες φόρτισης (άρση βάρους κ.ά.). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ικανότητα αυτή επηρεάζεται σαφώς και άμεσα από το μυϊκό κάματο.

Η εκτίμηση της λειτουργίας των μυών του κορμού, με την έννοια της παραπάνω εμβιομηχανικής διαδικασίας, δεν μπορεί να γίνει με απευθείας μετρήσεις, με τη βοήθεια μηχανικών όρων.

Μπορεί, όμως, να εκτιμηθεί έμμεσα (λειτουργικά), με τη χρήση της ηλεκτρομυογραφίας. Η σχέση που αναπτύσσεται ανάμεσα στις εξωτερικά εφαρμοζόμενες κινήσεις (δηλαδή των φορτίσεων που επιβάλλονται από αυτές) και στο μέγεθος του μυοηλεκτρικού σήματος που παράγεται από τους μύες του κορμού είναι "μονοτονική" (monotonic). Υπάρχει δηλαδή μία ευθεία γραμμική σχέση. Η γραμμική αυτή σχέση ποικίλει μεταξύ των διαφόρων μυών και φαίνεται να επηρεάζεται από ειδικές συνθήκες φόρτισης^{4,7}. Από πρόσφατα στοιχεία και μετρήσεις διαπιστώνεται ότι η σχέση που αναπτύσσεται ως απάντηση στις δυνάμεις (τάσεις) κατά τη διάρκεια των έκκεντρων κυρίως μυϊκών συσπάσεων των εκτεινόντων μυών της σπονδυλικής στήλης, παραμένει σχεδόν ασαφής και είναι λιγότερο κατανοητή^{8,9}.

Η συζήτηση της λειτουργίας των μυών του κορμού αναφέρεται στην όρθια στάση και στην υποστηριζόμενη ή μη καθιστή θέση, στην πρόσθια κάμψη και έκταση του κορμού, στην εφαρμογή ασύμμετρης φόρτισης κατά την

πλάγια κάμψη και την περιστροφή του κορμού και σε ορισμένες συνήθεις καθημερινές δραστηριότητες, όπως η άρση βάρους και η απάντηση των μυών του κορμού στη μη αναμενόμενη φόρτιση.

Τέλος, θα συζητηθούν οι συνθήκες που επικρατούν εμβιομηχανικά στους μύες του κορμού σε ασθενείς με άλγος στην περιοχή της οσφύος.

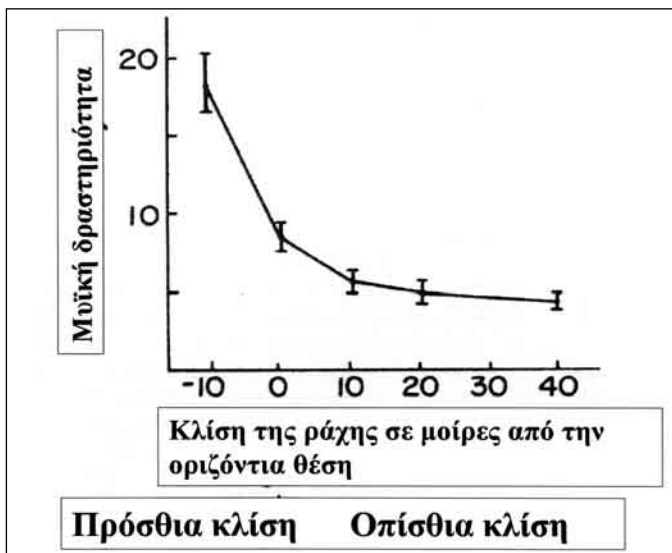
ΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΟΡΜΟΥ

Η μυοηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του κορμού μελετήθηκε μέχρι τώρα λεπτομερώς σε διάφορες στάσεις του σώματος¹⁰. Οι περισσότερες μελέτες που αναφέρονται στην όρθια στάση αποδεικνύουν μία ελαφρά μυοηλεκτρική δραστηριότητα των παρασπονδυλικών μυών. Η μεγαλύτερη σε μέγεθος δραστηριότητα των παρασπονδυλικών αυτών μυών παρουσιάζεται στη θωρακική περιοχή, σε σχέση με την οσφυϊκή και την αυχενική. Στις μελέτες αυτές αναφέρθηκε, επίσης, ότι παρατηρείται μία ελαφρά δραστηριότητα στο σπονδυλικό τμήμα του μείζονος ψοίτη μυός, καθώς και στους κοιλιακούς μύες.

Η δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών στην περιοχή της οσφύος είναι παρόμοια τόσο στην όρθια στάση, όσο και στη μη υποστηριζόμενη καθιστή θέση. Φαίνεται πάντως ότι κατά την καθιστή θέση υπάρχει μία ελαφρώς μεγαλύτερη δραστηριότητα των εκτεινόντων της θωρακικής περιοχής. Κατά τη μη υποστηριζόμενη καθιστή θέση, η κατεύθυνση του κορμού ως απάντηση στην καθαρή φόρτιση (δηλαδή το άνυσμα που παράγεται από την προς τα εμπρός, σε αντίθεση με την προς τα πίσω κλίση του κορμού) έχει ένα σημαντικό αποτέλεσμα επάνω στην επιστράτευση των οπίσθιων (εκτεινόντων) μυών¹¹.

Από μελέτες που αναφέρονται στην ανάλυση της υποστηριζόμενης καθιστής θέσης και στις καθημερινές εργασιακές δραστηριότητες που εκτελούνται από την καθιστή θέση δείχνουν ότι η μυοηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του κορμού επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ανάμεσα στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνονται η στάση του ατόμου στην καθιστή θέση, τα υποστηρίγματα του καθίσματος (τόσο της ράχης όσο και των χεριών) και οι δραστηριότητες εργασίας όπως γραφή, άρση βάρους, κ.ά.^{12,13}. Η χρήση υποστήριξης της πλάτης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ελάττωση της μυϊκής δραστηριότητας, γεγονός που επηρεάζεται από την κλίση της υποστήριξης αυτής (σχήμα 1).

Τα επίπεδα μυοηλεκτρικής δραστηριότητας είναι μικρά σε όλους τους μύες του κορμού, όταν ο κορμός υποστηρίζεται επαρκώς και κατάλληλα από σταθερή κεκλιμένη ραχιαία υποστήριξη. Αναφέρθηκε¹⁴ ότι η υποστήριξη της οσφυϊκής περιοχής, όταν μεταφέρεται μέχρι 5 εκατοστά προς τα πίσω από το επίπεδο της ραχιαίας υποστήριξης, ελαττώνει τη δραστηριότητα των μυών που ελέγχουν την



Σχήμα 1. Η μυϊκή δραστηριότητα στην καθιστή θέση επηρεάζεται από την κλίση της υποστήριξης της ράχης (εκτείνοντες της σπονδυλικής στήλης στο Ο3 επίπεδο).

οσφυϊκή περιοχή. Μεγαλύτερες κλίσεις των στοιχείων υποστήριξης της οσφυϊκής περιοχής τείνουν να αυξήσουν, έστω προσωρινά, τη δραστηριότητα των συγκεκριμένων μυών. Μία πιθανή ερμηνεία είναι η ενεργοποίηση των μηχανισμών διατήρησης της οσφυϊκής λόρδωσης, οι οποίοι τίθενται σε λειτουργία, εφόσον η φόρτιση που επιβάλλεται περιλαμβάνει ως υπομόχλιο την περιοχή της οσφύος³. Έτσι, οι αντιδράσεις αντιστάθμισης θα προκαλέσουν αύξηση της μυοηλεκτρικής δραστηριότητας των συγκεκριμένων μυών, με σκοπό τη διατήρηση της πλέον άνετης και καλύτερης λειτουργικά θέσης.

Υποστηρίζεται¹⁵ ότι μικρότερες τροποποιήσεις της θέσης, λόγω αλλαγών της κλίσης της ραχιαίας υποστήριξης, δε φαίνεται να επηρεάζουν τη μυϊκή δραστηριότητα. Από την άλλη μεριά, βρέθηκαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα δραστηριότητας με 10° έως 20° προς τα εμπρός κλίση του καθίσματος¹⁶ (σχήμα 1). Η ερμηνεία του γεγονότος αυτού φαίνεται απλή και αποδίδεται και πάλι στους αντισταθμιστικούς μηχανισμούς εξισορρόπησης που επιβάλλονται με την πρόσθια κλίση του κορμού. Ως γενικό συμπέρασμα που εξάγεται από τις απευθείας μετρήσεις της μυϊκής δραστηριότητας των μυών του κορμού κατά τη διάρκεια διαφόρων εργασιών γραφείου, εκτιμάται ότι η μυϊκή δραστηριότητα των συγκεκριμένων μυών είναι σχετικά χαμηλή και επηρεάζεται μόνο οριακά από τις ρυθμίσεις του γραφείου και της καρέκλας^{12,13,17}.

ΠΡΟΣΘΙΑ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΕΚΤΑΣΗ - ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΜΨΗΣ-ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ

Η πρόσθια κάμψη του κορμού είναι μία σύμπλοκη κί-

νηση, στην οποία εμπλέκεται ο κορμός και η πύελος. Η εμπλοκή των δύο αυτών κινητικών συστημάτων, του κορμού δηλαδή και της πύελου, ολοκληρώνεται μέσα από τον "οσφυοπυελικό ρυθμό". Αυτός αντιπροσωπεύει μία απόλυτα συντονισμένη διαδικασία, η οποία είναι απαραίτητη προκειμένου να εκτελεστεί η πλήρης πρόσθια κάμψη, καθώς και η επαναφορά από την κάμψη στην όρθια στάση. Στις δύο αυτές κινήσεις συμμετέχουν η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και η πύελος. Έτσι, αρχικά κατά την πρόσθια κάμψη του κορμού η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης συμπληρώνει τις πρώτες περίπου 50° έως 60° της συγκεκριμένης κίνησης. Εάν είναι επιθυμητή περαιτέρω κάμψη, τότε αυτή παρουσιάζεται κυρίως μέσω της περιστροφής της λεκάνης^{18,19}, έως την ολοκλήρωση της πλήρους κάμψης. Κατά την έκταση του κορμού ή καλύτερα την επαναφορά του από την κάμψη στην όρθια στάση, ισχύουν ακριβώς τα αντίστροφα: πρώτα δηλαδή περιστρέφεται η πύελος προς τα πίσω για να αρχίσει η έγερση του κορμού και κατόπιν ακολουθεί η περίπου κατά 50° έως 60° έκταση της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, η οποία συμπληρώνει την κίνηση.

Ο τύπος αυτός της συνδυασμένης κίνησης ελέγχεται από την καλά συντονισμένη δράση των μυών του κορμού, της πύελου και των μηρών. Κατά την πρώτη φάση της κίνησης αυτής, δηλαδή της κάμψης της σπονδυλικής στήλης, παρατηρείται έντονη μυοηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του γλουτού και των οπίσθιων μηριαίων^{19,20}. Η αυξημένη αυτή μυϊκή δράση κλειδώνει την πύελο και έτσι παρεμποδίζεται η συμμετοχή της άρθρωσης του ισχίου στη συγκεκριμένη κίνηση. Καθώς όμως εξελίσσεται η κάμψη, η αυξημένη προς τα εμπρός κίνηση του κορμού εξισορροπείται από την αντίστοιχη αυξημένη δραστηριότητα των μυών της ράχης. Στη θέση της πλήρους πρόσθιας κάμψης, σταματά σχεδόν τελείως κάθε μυϊκή δραστηριότητα, ιδίως στους μύες της ράχης. Οι Floyd και Silver^{21,22} χαρακτήρισαν την κατάσταση αυτή ως "φαινόμενο κάμψης-χαλάρωσης" (flexion-relaxation phenomenon).

Το φαινόμενο αυτό θεωρείται ως το αποτέλεσμα της αναστολής που προέρχεται από το μυοτατικό αντανακλαστικό (stretch reflex). Μία άλλη πιθανή ερμηνεία του συγκεκριμένου φαινομένου είναι ότι στη θέση αυτή της πλήρους κάμψης, προβάλλεται σοβαρή αντίσταση στις κινήσεις του κορμού από τους ήδη διατεταμένους εκτείνοντες μύες, αλλά και από τους συνδέσμους, τη θωρακοοσφυϊκή περιτονία και τις αποφυσιακές αρθρώσεις. Με άλλα λόγια, η αυξημένη διάταση των σπινθηρικών στοιχείων της σπονδυλικής στήλης και αυτών που ελέγχουν την κίνηση του κορμού αναστέλλει οποιαδήποτε κινητική δραστηριότητα από τη θέση της πλήρους κάμψης (δηλαδή τη θέση της πλήρους διάτασης), προάγοντας έτσι τη μυϊκή

χαλάρωση λόγω θέσης (πλήρους κάμψης).

Η μελέτη του φαινομένου της κάμψης-χαλάρωσης έχει προκαλέσει αυξημένο κλινικό ενδιαφέρον, λόγω κυρίως των δυνητικά επιβλαβών αποτελεσμάτων που μπορεί να προκληθούν κατά την εκτέλεση διαφόρων συνηθισμένων δραστηριοτήτων, όπως η άρση βάρους ή άλλων δραστηριοτήτων από τη θέση της κάμψης. Τα δυνητικά αυτά επιβλαβή αποτελέσματα μπορεί να προκληθούν, επειδή δεν υπάρχει η προστασία από την ενεργητική δράση των μυών που ελέγχουν την οσφυϊκή περιοχή. Με άλλα λόγια, η ενεργητική δράση των μυών προσφέρει προστασία μέσα από αντανakλαστική δράση που ολοκληρώνεται με το μυοτατικό αντανakλαστικό. Όταν καταστέλλεται η έκλυση του αντανakλαστικού αυτού, λόγω υπερδιάτασης των μυϊκών κατασκευών της περιοχής, αναστέλλεται και η προστασία της περιοχής.

Διατυπώθηκε, επίσης, η πρόταση ότι όταν οι μύες είναι αδρανείς (χωρίς δηλαδή ενεργητική σύσπαση και επομένως χωρίς τη δυνατότητα πρόκλησης του μυοτατικού αντανakλαστικού), αυξάνεται το μέγεθος των (αντιδραστικών) δυνάμεων που δημιουργούνται μέσα στο εσωτερικό της σπονδυλικής στήλης (μέσα δηλαδή στις σπονδυλικές μονάδες). Η ερμηνεία του γεγονότος αυτού στηρίζεται στην άποψη ότι οι μοχλοβραχίονες μέσα από τους οποίους μεταδίδονται οι δυνάμεις που αναπτύσσονται προς τους συνδέσμους, οι οποίοι υποστηρίζουν τώρα την κίνηση της κάμψης, είναι βραχύτεροι. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι σύνδεσμοι είναι κυρίως αυτοί που ενεργούν στη θέση αυτή της πλήρους κάμψης, λόγω της "εξουδετέρωσης" της μυϊκής δράσης.

Οι Schultz και συν.²³ υπολόγισαν την τάση που αναπτύσσεται στους ιστούς από το φαινόμενο της κάμψης-χαλάρωσης. Όταν εκτελείται η πρόσθια κάμψη, οι τάσεις που αναπτύσσονται στους οπίσθιους (στηρικτικούς) ιστούς είναι ισότιμες με αυτές που δημιουργούνται από τις συσπάσεις των οπίσθιων εκτεινόντων σπονδυλικών μυών: περισσότερο από 700 N ανά πλευρά (δεξιοί και αριστεροί εκτεινόντες σπονδυλικοί μύες). Οι ίδιοι ερευνητές καθόρισαν ότι οι οπίσθιοι (εκτεινόντες) μύες αρχίζουν αμέσως να ενεργοποιούνται μυοηλεκτρικά, όταν εκτελούνται δραστηριότητες από θέση πλήρους κάμψης. Το φαινόμενο αυτό υποδηλώνει ότι τα παθητικά (στηρικτικά) στοιχεία υποστηρίζουν μεν τον κορμό, αλλά έχουν ελαττωμένη ικανότητα δημιουργίας δυνάμεων για τη διατήρηση της σταθερότητας της σπονδυλικής στήλης, όταν επάνω σε αυτήν εφαρμόζονται εξωτερικές δυνάμεις.

Όταν ο κορμός ανασκάνεται από τη θέση της πλήρους κάμψης στην όρθια στάση, ο πρώτος μυς που ενεργοποιείται είναι ο μείζων γλουτιαίος, με τους οπίσθιους μηριαίους να αρχίζουν την έκταση του κορμού προκαλώντας την οπίσθια περιστροφή της λεκάνης²⁰. Δηλαδή ο ανάστροφος κύκλος του οσφυοπυελικού ρυθμού.

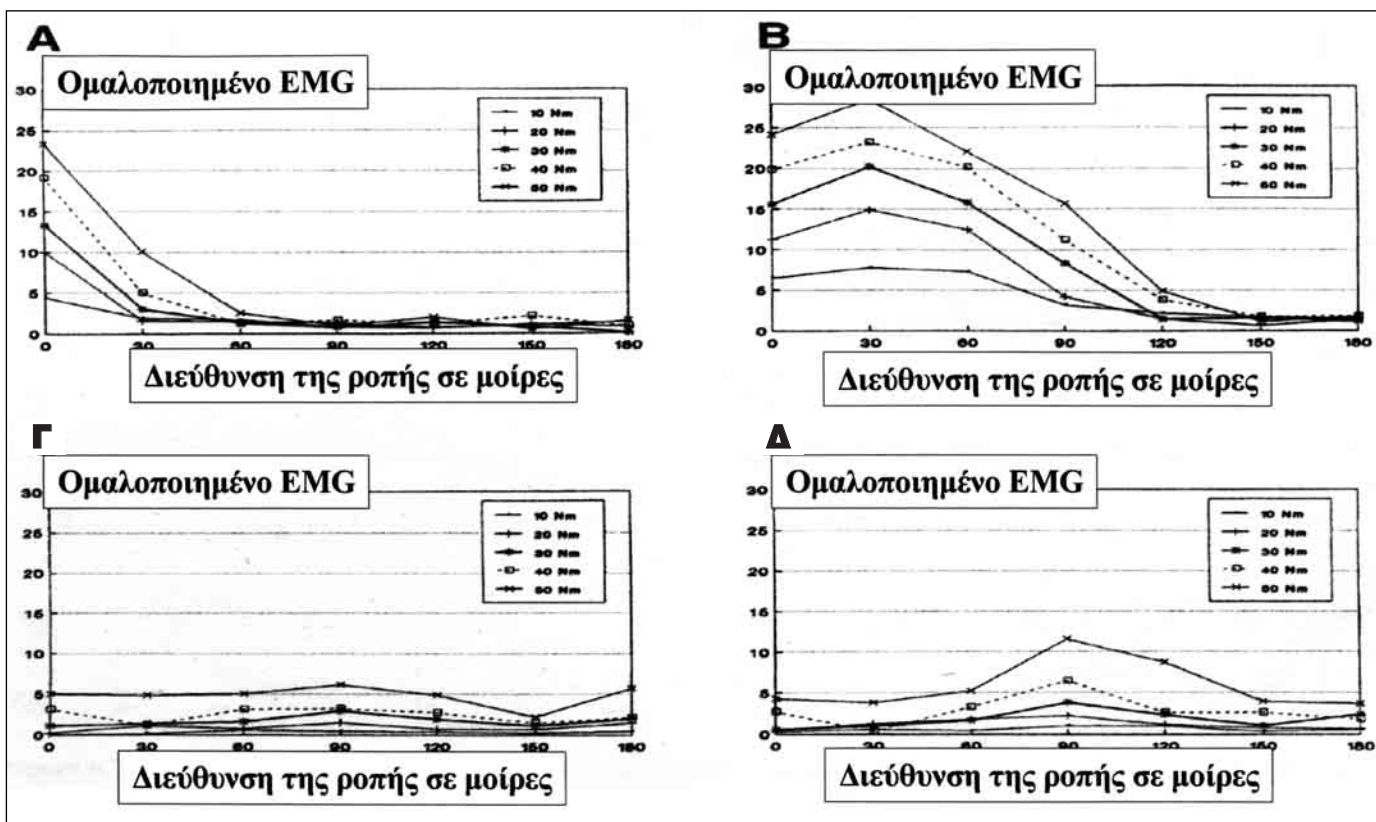
Κατόπιν, αρχίζουν να ενεργοποιούνται οι παρασπονδυλικοί μύες, των οποίων η δραστηριότητα αυξάνεται σταδιακά, μέχρις ότου συμπληρωθεί η συγκεκριμένη κίνηση της έγερσης στην όρθια στάση. Η δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών είναι μεγαλύτερη όταν εγείρεται ο κορμός, και κατά συνέπεια οι μύες αυτοί βραχύνονται (εκτελώντας ομόκεντρες συσπάσεις), σε σύγκριση με τη δραστηριότητα που κατέχουν όταν ο κορμός κάμπτεται και οι συγκεκριμένοι μύες επιμηκύνονται (εκτελώντας έκκεντρες συσπάσεις).

Όταν ο κορμός εκτείνεται πέρα από την όρθια στάση, η μυοηλεκτρική δραστηριότητα των οπίσθιων εκτεινόντων μυών είναι ισχυρή κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης, αλλά μόνο μετά την ενεργοποίηση του μείζονος γλουτιαίου μυός. Και οι δύο αυτές μυϊκές ομάδες (εκτεινόντες του κορμού και μείζονες γλουτιαίοι) διατηρούνται ενεργείς σε όλη τη διάρκεια της πλήρους έκτασης του κορμού. Κατά τη διάρκεια της έκτασης του κορμού, οι κοιλιακοί μύες, ιδιαίτερα ο ορθός κοιλιακός, παρουσιάζουν σαφώς αυξημένα επίπεδα μυοηλεκτρικής δραστηριότητας²¹. Όταν η έκταση του κορμού εκτελείται εναντίον κάποιας αντίστασης, τότε το αποτέλεσμα θα είναι μία σημαντική αύξηση της μυοηλεκτρικής δραστηριότητας των οπίσθιων μυών της περιοχής της οσφύς^{23,25-29}. Η θέση αυτή είναι εκείνη όπου οι συγκεκριμένοι μύες αναπτύσσουν τη μέγιστη ηλεκτρική τους δραστηριότητα.

ΑΣΥΜΜΕΤΡΗ ΦΟΡΤΙΣΗ, ΠΛΑΓΙΑ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ

Όταν ο κορμός κάμπτεται πλάγια, η μυοηλεκτρική δραστηριότητα αυξάνεται στους οπίσθιους ραχιαίους μύες (εκτεινόντες) και από τις δύο πλευρές της σπονδυλικής στήλης, αλλά κυρίως στους μύες της αντίθετης πλευράς από αυτήν της κατεύθυνσης της πλάγιας κάμψης. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και όταν ο κορμός φορτίζεται σε πλάγια κάμψη³⁰. Η μυϊκή δραστηριότητα στην περιοχή της οσφύς είναι τυπικά μεγαλύτερη στους παρασπονδυλικούς, σε σύγκριση με τους αυτόχθονες (κατά επίπεδο) μύες^{26,31}. Οι Raftopoulos και συν.³⁰ ανέφεραν ότι το φαινόμενο κάμψης-χαλάρωσης παρατηρείται και κατά την πλήρη πλάγια κάμψη, αλλά παρουσιάζεται μόνο στους εκτεινόντες μύες του κορμού. Οι πλάγιοι κοιλιακοί μύες εξακολουθούν να παραμένουν ενεργείς. Από πρόσφατες εργαστηριακές μελέτες αποδεικνύεται ότι οι πλάγιοι κοιλιακοί μύες της αντίθετης πλευράς (από την κατεύθυνση της πλάγιας κάμψης) είναι αυτοί που επιστρατεύονται πρώτοι, προκειμένου να προβάλλουν αντίσταση στις κινήσεις που εφαρμόζονται κατά το μετωπιαίο επίπεδο, ενώ παράλληλα εκτελείται πλάγια κάμψη³⁰.

Οι Pope και συν.^{33,34} μελέτησαν τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του κορμού κατά την προσπάθεια της



Σχήμα 2. Η μέση τιμή της ΗΜΓ δραστηριότητας για 10 άτομα και για 4 οπίσθιους (εκτεινόντες) μύες ως απάντηση της κατεύθυνσης της κίνησης και του μεγέθους της ροπής. **Α.** Δεξιός εκτεινών της σπονδυλικής στήλης. **Β.** Αριστερός εκτεινών της σπονδυλικής στήλης. **Γ.** Δεξιός πλατύς ραχιαίος. **Δ.** Αριστερός πλατύς ραχιαίος.

περιστροφής του, με ή χωρίς προηγούμενη περιστροφή του κορμού (της λεκάνης). Γενικά παρατηρήθηκε μία γραμμική σχέση ανάμεσα στην παραγωγή της δύναμης και τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα. Βέβαια, υψηλότερα επίπεδα μυοηλεκτρικής δραστηριότητας για τους ανταγωνιστές μύες στη συγκεκριμένη κίνηση παρατηρήθηκαν στους κοιλιακούς και στους οπίσθιους ραχιαίους μύες. Σε μερικούς μύες, η προηγούμενη περιστροφή του κορμού προκαλούσε αύξηση της ανταγωνιστικής μυϊκής δραστηριότητας. Υπό τις συνθήκες των παραπάνω πειραμάτων, τα επίπεδα της υψηλότερης μυοηλεκτρικής δραστηριότητας παρατηρήθηκαν στους εκτεινόντες μύες του κορμού και στους έξω λοξούς κοιλιακούς μύες.

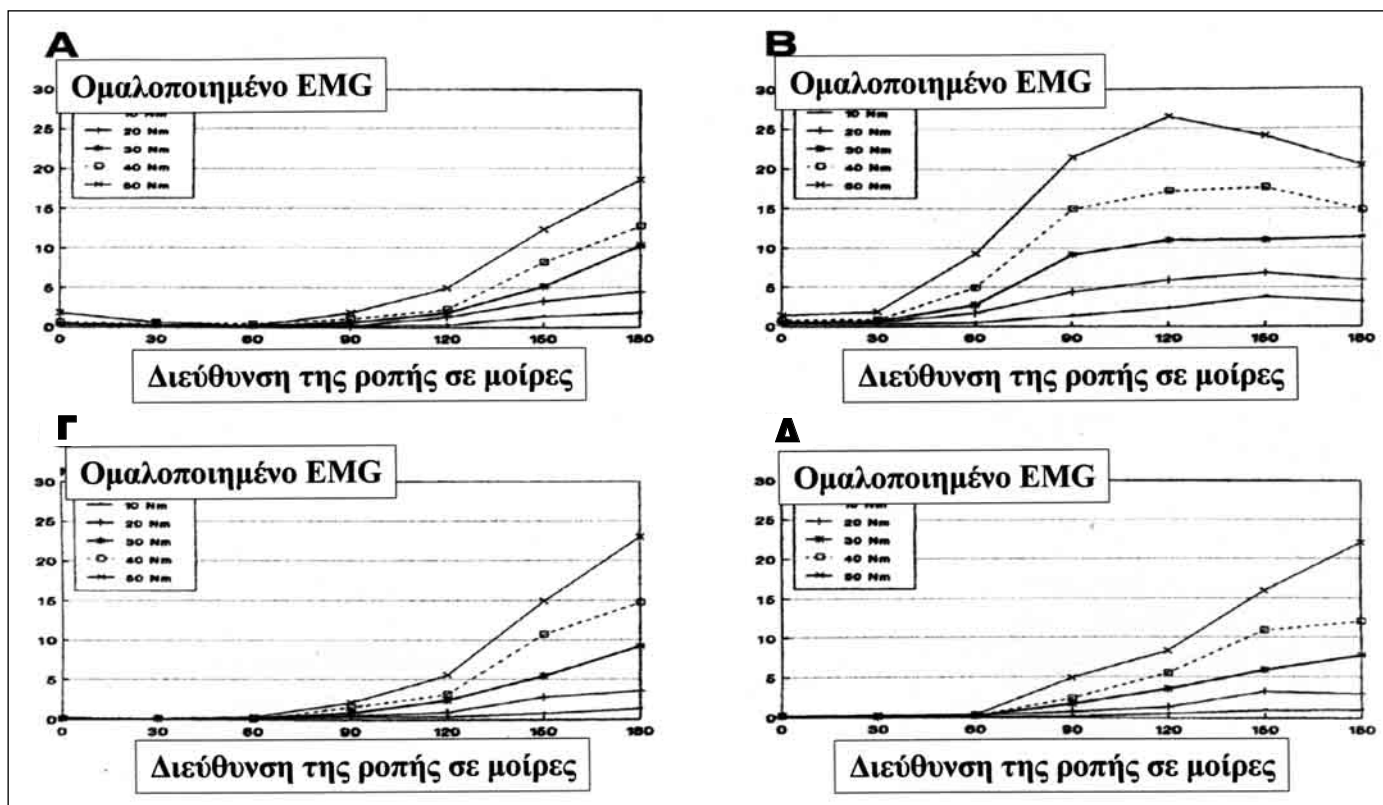
Από τον McGill³⁵ μελετήθηκε η δυναμική αξονική περιστροφή του κορμού σε ταχύτητες 30° και 60° ανά δευτερόλεπτο. Ανέφερε ότι οι κύριοι μύες που θεωρούνται υπεύθυνοι για τη δημιουργία της ροπής στρέψης είναι ο πλατύς ραχιαίος και ο έξω λοξός κοιλιακός μυς. Επίσης, παρατηρήθηκε σημαντική δραστηριότητα στο ανώτερο τμήμα των εκτεινόντων του κορμού. Οι έξω λοξοί μύες συμβάλλουν σε μικρότερο ποσοστό στη δημιουργία της αξονικής ροπής στρέψης και θεωρούνται κυρίως ότι προσφέρουν σταθεροποίηση στη σπονδυλική στήλη.

Οι Ladin και συν.^{36,37} σχεδίασαν και κατασκεύασαν ένα

μοντέλο εγκάρσιας διατομής της οσφυϊκής περιοχής σαν ένα επίπεδο (πλατφόρμα) φόρτισης, επάνω στο οποίο μπορούσαν να εφαρμοστούν εξωτερικές δυνάμεις με διάφορους συνδυασμούς. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να προβλέψει, αλλά και να μελετήσει τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του κορμού και ιδιαίτερα της περιοχής της οσφύς, όταν ασκείται αντίσταση σε διάφορες εφαρμοζόμενες κινήσεις. Έτσι, χρησιμοποιώντας το παραπάνω μοντέλο μπορούσε να γίνει πρόβλεψη για κάθε κίνηση, και ιδιαίτερα σε ποια περιοχή του επιπέδου φόρτισης θα παρουσιαζόταν η μεγαλύτερη μυϊκή επιστράτευση^{36,37}.

Οι Lavender και συν.^{38,39} μελέτησαν εργαστηριακά την εφαρμογή φορτίων σε διάφορες γωνίες, με σκοπό να καθορίσουν τις ταυτόχρονες μυϊκές συσπάσεις που παρουσιάζονται στους μύες του κορμού. Με άλλα λόγια, προσπάθησαν να μελετήσουν ποιοι από τους μύες ή τις μυϊκές ομάδες επιστρατεύονται ξεχωριστά σε κάθε κίνηση και ποιοι από αυτούς επιστρατεύονται ταυτόχρονα (cocontraction).

Η ταυτόχρονη ενεργοποίηση των μυών ποικίλει τόσο σε μέγεθος, όσο και σε έκταση, με δεδομένο ότι τα στοιχεία αυτά εξαρτώνται από την κατεύθυνση κατά την οποία εφαρμόζεται το φορτίο. Στα σχήματα 2 και 3 πα-



Σχήμα 3. Η μέση τιμή της ΗΜΓ δραστηριότητας για 10 άτομα και για 4 πρόσθιους (καμπήρες) μύες ως απάντηση της κατεύθυνσης της κίνησης και του μεγέθους της ροπής. **Α.** Δεξιός έξω λοξός κοιλιακός. **Β.** Αριστερός έξω λοξός κοιλιακός. **Γ.** Δεξιός ορθός κοιλιακός. **Δ.** Αριστερός ορθός κοιλιακός.

ρουσιάζεται η μέση τιμή της ενεργοποίησης οκτώ μυών του κορμού, καθώς εφαρμόζεται μία κίνηση από τη δεξιά πλευρά του ατόμου σε ένα εγκάρσιο επίπεδο.

Η μελέτη αυτή συνεχίστηκε, προκειμένου να εξεταστούν τα αποτελέσματα της ασύμμετρης φόρτισης επάνω στα πρότυπα της επιστράτευσης των μυών, καθώς το άτομο λαμβάνει συγκεκριμένες θέσεις, όπως πρόσθια κάμψη, πλάγια κάμψη και αξονική περιστροφή^{30,40,41}. Οι "χάρτες" στα σχήματα 4 και 5 δείχνουν πώς άλλαξαν τα πρότυπα της ταυτόχρονης μυϊκής επιστράτευσης, όταν το άτομο ήταν σε πλάγια κάμψη 20° και ζητήθηκε από αυτό να προβάλει αντίσταση σε εφαρμοζόμενα φορτία (κίνηση) των 20 και 40 Nm. Αυτό φαίνεται από τις διαφορές που σημειώνονται ανάμεσα στα πολύγωνα με ελαφρά σκιά και σε αυτά με σκουρότερη διαγράμμιση. Η σύγκριση αυτή τονίζει ιδιαίτερα την αλλαγή στην επιστράτευση των μυών όταν το άτομο βρίσκεται σε πλάγια κάμψη, σε αντίθεση με την ουδέτερη θέση.

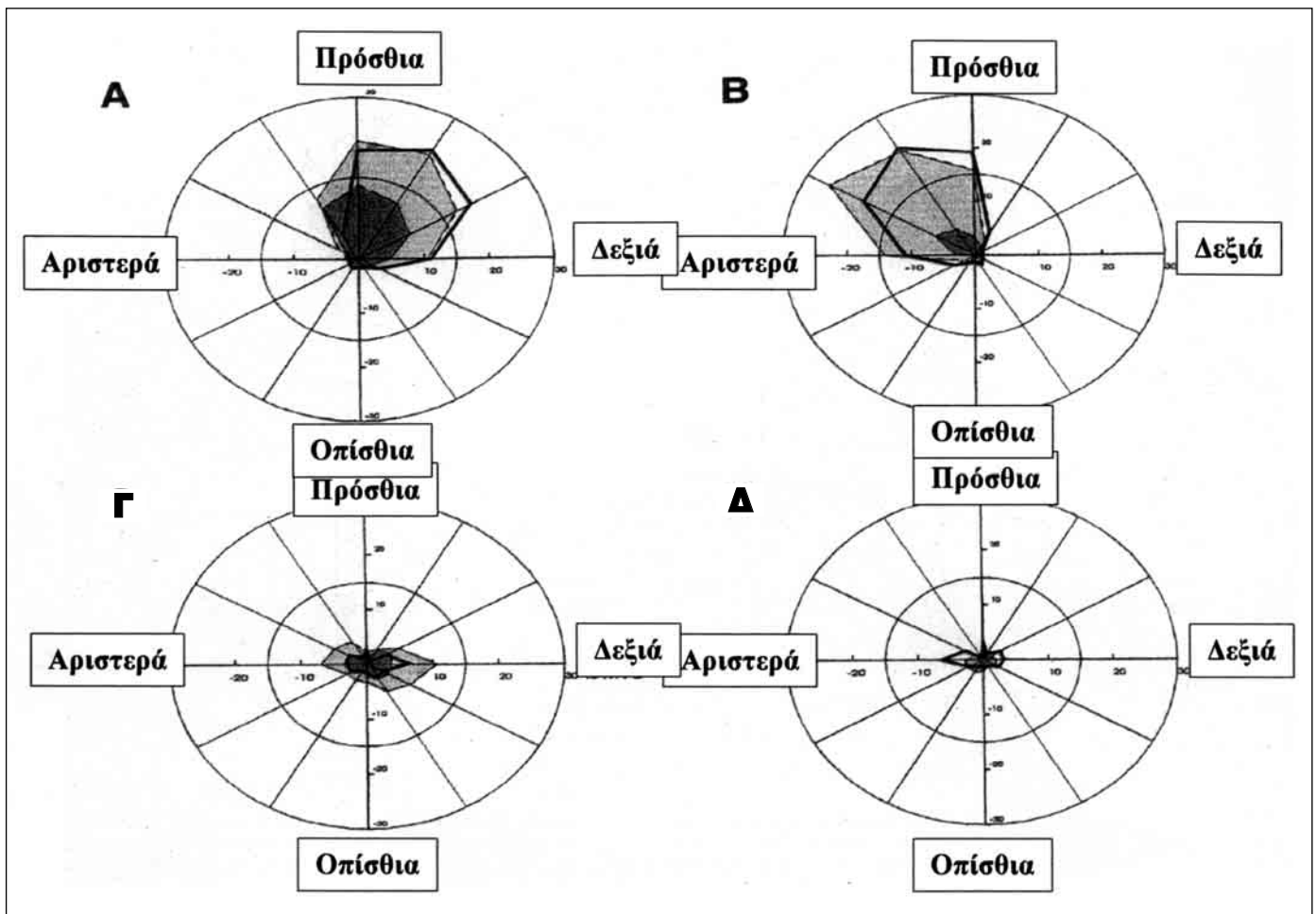
Άλλοι ανέφεραν ότι τα σύμπλοκα πρότυπα της ταυτόχρονης ενεργοποίησης των μυών κατά τη διάρκεια συνδυασμένων κινήσεων, όπως πλάγια κάμψη / έκταση και αξονική περιστροφή, έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη σημαντικών διατμητικών δυνάμεων επάνω στη σπονδυλική στήλη, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια δυναμι-

κών δραστηριοτήτων⁴²⁻⁴⁴.

ΑΡΣΗ ΒΑΡΟΥΣ

Η άρση βάρους είναι ένας γνωστός και γενικά παραδεκτός παράγοντας κινδύνου για την πρόκληση της "οσφυαλγίας" και ως τέτοιος έχει μελετηθεί εκτεταμένα, με τη βοήθεια ηλεκτρομυογραφικών μελετών. Κατά τη διάρκεια της άρσης βάρους, οι κύριοι μύες που ενεργοποιούνται είναι οι οπίσθιοι μύες του κορμού (εκτεινόντες), οι γλουτιαίοι και οι οπίσθιοι μηριαίοι μύες. Παράλληλα όμως, μυοηλεκτρική ενεργοποίηση παρουσιάζουν και οι κοιλιακοί μύες, αλλά σε μικρότερο αναλογικά βαθμό σε σχέση με τους προηγούμενους. Τα επίπεδα μυοηλεκτρικής δραστηριότητας που παρατηρούνται στους διαφόρους αυτούς μύες έχουν άμεση σχέση με την εξωτερική κίνηση που εκτελείται. Επομένως, επηρεάζονται άμεσα από το μέγεθος του βάρους που ανασκώνεται, τη θέση και τη στάση του κορμού, τη θέση του κέντρου βάρους του σώματος, καθώς και από την ταχύτητα που εκτελείται η άρση του αντικειμένου^{27, 33, 45-49}.

Πεδίο μελέτης αποτέλεσε, επίσης, η τεχνική με την οποία ανασκώνεται το βάρος. Σε μερικές μελέτες, η δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών του κορμού βρέθηκε



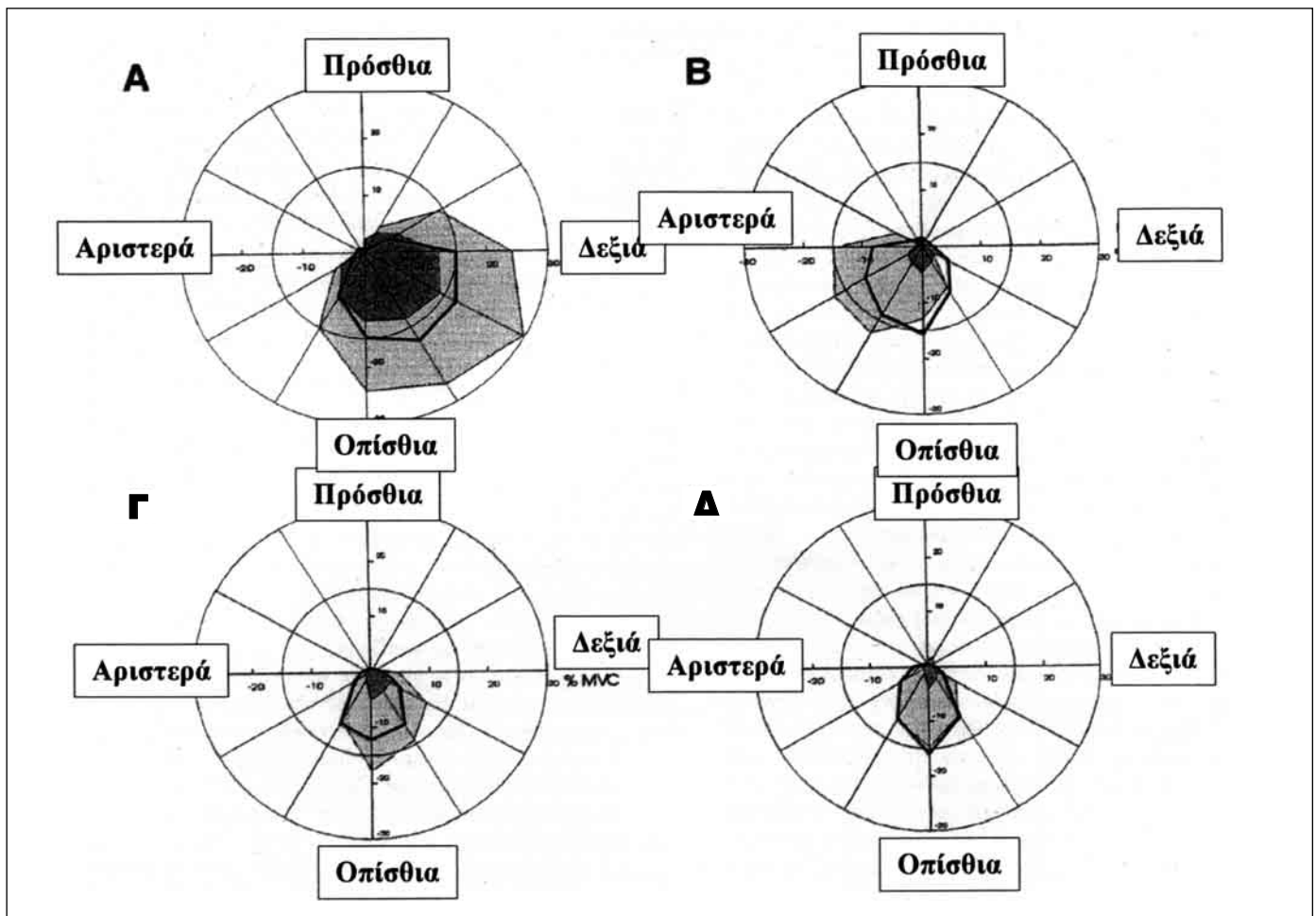
Σχήμα 4. Η μέση τιμή της ΗΜΓ δραστηριότητας για 15 άτομα και για 4 οπίσθιους μύες (εκτεινόντες) ως απάντηση στις παραλλαγές της κατεύθυνσης και του μεγέθους της ροπής, ενώ το άτομο εκτελεί 20° δεξιά πλάγια κάμψη. **Α.** Αριστερός εκτείνων τη σπονδυλική στήλη. **Β.** Δεξιός εκτείνων τη σπονδυλική στήλη. **Γ.** Αριστερός πλατύς ραχιαίος. **Δ.** Δεξιός πλατύς ραχιαίος. Η απόσταση από το κέντρο αντιπροσωπεύει το μέγεθος του ομαλοποιημένου ΗΜΓ σήματος. Η γωνιώδης κατεύθυνση αντιπροσωπεύει την κατεύθυνση της εφαρμοζόμενης ροπής. Σημειώνεται ότι η κορυφή και η βάση αντιπροσωπεύει το πρόσθιο και το οπίσθιο μέσο επίπεδο. Η σκούρα διαγράμμιση είναι πλάγια κάμψη 20 Nm, η γκρι πλάγια κάμψη είναι 40 Nm και η διαφανής ουδέτερη θέση 40 Nm.

να είναι παρόμοια σε μία άρση που εκτελείται με τα πόδια (leg lift) και σε μία που εκτελείται με την οσφυ (back lift)⁵⁰. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε μία άρση βάρους που εκτελείται με τα πόδια, η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με την κάμψη των ποδιών, κατά την οποία η σπονδυλική στήλη διατηρείται ευθεία, διατηρείται επομένως η οσφυϊκή λόρδωση. Αντίθετα, σε μία άρση βάρους με την οσφυ, τα γόνατα βρίσκονται σε έκταση και η σπονδυλική στήλη κάμπτεται, έτσι ώστε να αναστρέφεται η οσφυϊκή λόρδωση. Άλλες μελέτες ανέφεραν ότι η δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών είναι μεγαλύτερη όταν η άρση βάρους εκτελείται με την οσφυ (back lift).

Οι Delitto και συν.⁵¹ ανέλυσαν δύο τεχνικές άρσης βάρους με τα πόδια (leg lift) και ανέφεραν ότι η δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών της σπονδυλικής στήλης

είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης της άρσης του βάρους, όταν δηλαδή αυτή γινόταν με την οσφυ να διατηρεί τη θέση λόρδωσης, από ό,τι όταν αυτή ήταν σε κύφωση. Όσο όμως η άρση βάρους συνεχιζόταν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, υπήρχε αντιστροφή της συνθήκης αυτής. Γενικά πάντως υποστηρίζεται ότι όταν η άρση βάρους γίνεται με διατήρηση της λόρδωσης (lordotic lifts) παρουσιάζονται μεγαλύτερα επίπεδα μυϊκής δραστηριότητας.

Οι Seroussi και Pope⁵ διερεύνησαν τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη μυοηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του κορμού και στις κινήσεις που εκτελούνται κατά την άρση βάρους τόσο στο κάθετο, όσο και στο μετωπιαίο επίπεδο. Πέτυχαν μία γραμμική συσχέτιση για το άθροισμα των μυοηλεκτρικών δραστηριοτήτων των ε-



Σχήμα 5. Η μέση τιμή της ΗΜΓ δραστηριότητας για 15 άτομα και για 4 οπίσθιους μύες (εκτείνοντες) ως απάντηση στις παραλλαγές της κατεύθυνσης και του μεγέθους της ροπής, ενώ το άτομο εκτελεί 20° δεξιά πλάγια κάμψη. **Α.** Αριστερός έξω λοξός. **Β.** Δεξιός έξω λοξός. **Γ.** Αριστερός ορθός κοιλιακός. **Δ.** Δεξιός ορθός κοιλιακός. Η απόσταση από το κέντρο αντιπροσωπεύει το μέγεθος του ομαλοποιημένου ΗΜΓ σήματος. Η γωνιώδης κατεύθυνση αντιπροσωπεύει την κατεύθυνση της εφαρμοζόμενης ροπής. Σημειώνεται ότι η κορυφή και η βάση αντιπροσωπεύει το πρόσθιο και οπίσθιο μέσο επίπεδο. Η σκούρα διαγράμμιση είναι πλάγια κάμψη 20 Nm, η γκρι πλάγια κάμψη και η διαφανής ουδέτερη θέση 40 Nm.

κτεινόντων μυών της σπονδυλικής στήλης, σε αντίθεση με τις κινήσεις που εκτελούνται κατά την άρση βάρους στο μετωπιαίο επίπεδο. Μία αντίστοιχη γραμμική σχέση βρέθηκε, επίσης, και για τη διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στη μυοηλεκτρική δραστηριότητα των παραπάνω μυών με τις κινήσεις που εκτελούνται στο μετωπιαίο επίπεδο.

Οι Boudrifa και Davies⁵² μελέτησαν την άρση βάρους, ενώ το άτομο βρίσκεται σε καθιστή θέση. Γενικά η υψηλότερη μυοηλεκτρική δραστηριότητα παρουσιάζεται στους εκτείνοντες μύες, όταν η άρση βάρους εκτελείται προς το ένα πλάγιο του σώματος και μακριά από το σώμα του ατόμου (μακριά δηλαδή από το κέντρο βάρους), επιβεβαιώνοντας παλαιότερες μελέτες^{17, 47}.

Οι Marras και Mirka⁸ σχεδίασαν μία πειραματική μελέτη, κατά την οποία τα άτομα παρήγαγαν σταθερή ροπή

στρέψης στο οσφυοϊερό περίπου επίπεδο, ενώ μετακινούσαν τον κορμό τους σε συνθήκες σταθερής ταχύτητας (δηλαδή ισοκινητικά). Σε όλους τους μύες του κορμού παρατηρήθηκαν σημαντικές αντιδράσεις στην ταχύτητα, στη δύναμη και στους μοναδικούς συνδυασμούς των γωνιών του κορμού και της ταχύτητας. Ειδικότερα, παρατήρησαν ότι η ενεργοποίηση των ανταγωνιστών μυών αυξάνεται σταδιακά όσο αυξάνεται η ταχύτητα κίνησης του κορμού καθώς και το επίπεδο άσκησης, αλλά και όσο η θέση του κορμού αποκλίνει από την κατακόρυφη συμμετρική θέση. Από την άλλη μεριά, οι Rose και συν.⁵³ ανέφεραν ότι ενώ η ταυτόχρονη ενεργοποίηση (cocontraction) των κοιλιακών μυών σημειώθηκε σε όλα τα επίπεδα αντίστασης κατά τη διάρκεια δυναμικών δραστηριοτήτων του κορμού, ήταν διαφορετική για τις συνθήκες συνθήκες αντίστασης.

Οι Granata και Marras⁵⁴ έδειξαν ότι οι εκτεινόντες μύες του κορμού δημιουργούν εσωτερικές δυνάμεις, οι οποίες είναι κατά 47% μεγαλύτερες από την καθαρά εξωτερικά εφαρμοζόμενη κίνηση-δύναμη για να υπερνικήσει τον "ανταγωνισμό" που δημιουργείται από τους καμπήρες. Επομένως, αναλύσεις της άρσης βάρους οι οποίες αγνοούν την ταυτόχρονη ενεργοποίηση των μυών, διατρέχουν το σοβαρό κίνδυνο να υποτιμήσουν τα πραγματικά συμπίεστικά και διατμητικά φορτία που δημιουργούνται με τις κινήσεις αυτές και τα οποία επιβάλλονται επάνω στη σπονδυλική στήλη. Από άλλους υποστηρίζεται ότι υπάρχει σημαντική παραλλαγή ανάμεσα στα άτομα, σχετικά με το πρότυπο των ταυτόχρονων μυϊκών συσπάσεων που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της κίνησης κάμψης⁵⁵. Η πρότασή τους αποτελεί ένα λογικό μοντέλο, το οποίο στηρίζεται επάνω στην εξομοίωση των δεδομένων που προκύπτουν πειραματικά, προκειμένου να μελετήσουν τις παραλλαγές αυτές των διαφόρων ατόμων, καθώς και την επίπτωση στη φόρτιση της σπονδυλικής στήλης. Τα ευρήματα της εξομοίωσης των πειραματικών με τα πραγματικά δεδομένα φανερώνουν ότι, ενώ υπάρχει μία σημαντική διαφοροποίηση κατά τη συμπίεση της σπονδυλικής στήλης, η μεγαλύτερη διαφοροποίηση θα μπορούσε να παρουσιαστεί κατά τις προσθιοπίσθιες και τις πλάγιες διατμητικές δυνάμεις. Άλλωστε, η ανάπτυξη παρόμοιων δυνάμεων κατά τις κατευθύνσεις αυτές απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή, εφόσον υποκρύπτουν μεγαλύτερους κινδύνους για τη δημιουργία επιβλαβών φαινομένων.

ΜΗ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Μία από τις βασικές αιτίες έναρξης του σπονδυλικού άλγους είναι η αιφνίδια και μη αναμενόμενη φόρτιση, ιδιαίτερα όταν το άλγος ήδη υπάρχει. Υπάρχουν μελέτες όπου γίνεται προσπάθεια να καθοριστούν οι απαντήσεις των μυών σε τέτοιου είδους φορτίσεις. Οι Carlson και συν.⁵⁷ διερεύνησαν τη μυϊκή δραστηριότητα που είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί ο έλεγχος της στάσης, όταν εθελοντές (με και χωρίς κλειστά μάτια) δέχθηκαν αιφνίδια και χωρίς να το περιμένουν, φόρτιση σε κάθετο και σε μετωπιαίο επίπεδο. Επειδή ακριβώς δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη δραστηριότητα των μυών, συμπέραναν ότι οι εκτεινόντες μύες παίζουν μικρό σχετικά ρόλο στην αντιστάθμιση των πλάγιων παρεκκλίσεων από την κατακόρυφη θέση.

Οι Marras και συν.²⁸ μέσα από τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα έξι οπίσθιων (εκτεινόντων) μυών, μέτρησαν την απάντηση των ατόμων, κατά τη διάρκεια της πτώσης ενός βαρέος αντικειμένου μέσα σε ένα κουτί, το οποίο βρισκόταν ακριβώς μπροστά από τα άτομα. Η πτώση του βάρους χαρακτηρίστηκε ως αναμενόμενη ή μη, γεγονός

που διασφαλίστηκε με αντικειμενικό τρόπο, φορώντας στα άτομα των οποίων η εφαρμογή του βάρους θα ήταν μη αναμενόμενη ειδική ταινία στα μάτια αλλά και ωτασπίδες. Οι υπολογιζόμενες μυϊκές δυνάμεις που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες μη αναμενόμενης φόρτισης ήταν σε μέση τιμή κατά 70% υψηλότερες από αυτές κατά τις οποίες τα άτομα αντιστάθμιζαν την επιβαλλόμενη φόρτιση (ανέμεναν δηλαδή την εφαρμογή του φορτίου). Το γεγονός αυτό υπονοούσε με σαφήνεια ότι η αντιστάθμιση αυτή είναι πολύ χρήσιμη, παίζοντας σημαντικό προστατευτικό ρόλο. Μία άλλη μελέτη έδειξε ότι το μέγεθος της απάντησης στην αιφνίδια φόρτιση είχε μία γραμμική σχέση με το χρόνο αντίληψης του εφαρμοζόμενου φορτίου. Ο χρόνος αυτός καθοριζόταν σε σχέση με την οπτική απάντηση και υπολογίστηκε ανάμεσα στα 0 και 400 ms⁵⁸. Επιπλέον, η μελέτη αυτή έδειξε ότι η αιφνίδια φόρτιση ήταν ασύμμετρη, η αιχμή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των αντίπλευρων οπίσθιων μυών (των εκτεινόντων της σπονδυλικής στήλης και του πλατύ ραχιαίου) αυξήθηκε κατά 37%, ενώ τα αντίστοιχα σήματα από τους ομόπλευρους οπίσθιους μύες ελαττώθηκαν κατά 55%. Το γεγονός αυτό υπονοεί μία σημαντικά υψηλή πιθανότητα πρόκλησης κάκωσης τύπου υπερκαταπόνησης στις μυϊκές κατασκευές που βρίσκονται στην αντίθετη πλευρά από αυτήν της φόρτισης.

Ο Lavender⁵⁹ προχώρησε την πειραματική αυτή ιδέα ακόμη παρακάτω. Κατά την προετοιμασία των μυών για την εφαρμογή αιφνίδιας φόρτισης βρέθηκε ότι αναπτύσσεται σε αυτούς μία προκαταρκτική τάση. Φαίνεται δηλαδή ότι ο μυς ή οι μυϊκές ομάδες προετοιμάζονται για να δεχθούν την κατάλληλη φόρτιση. Αυτό όμως ισχύει, εφόσον το άτομο "μάθει" μέσα από την κατάλληλη εκπαίδευση να στέκεται, να κινείται και να "φορτίζεται". Μετά από την κατάλληλη εκπαίδευση, αναπτύχθηκαν διάφορες στρατηγικές για τον έλεγχο της σταθερότητας του κορμού και της φόρτισης. Έτσι, από τα πειράματα αυτά αποδείχθηκε η μεγάλη σημασία που έχει η γνώση, η εκπαίδευση και η εκμάθηση μίας κινητικής δραστηριότητας.

Οι Lavender και Marras⁶⁰ έδειξαν, επίσης, ότι το πρότυπο της ταυτόχρονης σύσπασης των εκτεινόντων και των καμπτήρων μυών του κορμού, που παρατηρείται κατά την προετοιμασία της επικείμενης φόρτισης, αλλάζει σημαντικά όταν υπάρχει προειδοποίηση της επικείμενης αυτής φόρτισης. Ουσιαστικά, η απάντηση των εκτεινόντων της σπονδυλικής στήλης αυξάνεται, ενώ οι πρόσθιοι μύες συνεχίζουν να βρίσκονται σε τάση και μάλιστα στα αρχικά, πριν την προειδοποίηση επίπεδα. Έτσι, στα περισσότερα άτομα το καθαρό αποτέλεσμα μίας τέτοιας απάντησης ήταν να αναπτυχθούν ελαττωμένα συμπίεστικά φορτία στη σπονδυλική στήλη κατά τη διάρκεια της αιφνίδιας φόρτισης. Οι Cresswell και συν.⁶¹ παρατήρησαν ότι υπάρχει παρόμοια εκ των προτέρων ενεργοποίηση των

μυών, πριν ακριβώς από την αναμενόμενη πλέον φόρτιση, καθώς επίσης και μία αύξηση της ενδοκοιλιακής πίεσης πριν από τη φόρτιση αυτή. Πάντως, κατά τη διάρκεια της μη αναμενόμενης κατακόρυφης φόρτισης, οι κοιλιακοί μύες, και ιδιαίτερα ο εγκάρσιος κοιλιακός μυς, ενεργοποιούνται παράλληλα και ίσως πριν ακριβώς από τους εκτεινόντες της σπονδυλικής στήλης.

Ο μηχανισμός αυτός του συγκεκριμένου προτύπου της ταυτόχρονης μυϊκής σύσπασης παίζει καθαρά προστατευτικό ρόλο. Η (κατά ελάχιστα χρονικά) αρχική σύσπαση των κοιλιακών μυών σε σχέση με τους εκτεινόντες ελαττώνει τα συμπιεστικά φορτία και τις ροπές στρέψης που εξασκούνται επάνω στη σπονδυλική στήλη. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται και μερικές φορές αποτρέπεται η πιθανότητα κάκωσης τύπου υπερκαταπόνησης, ως αποτέλεσμα της αιφνίδιας σχετικά φόρτισης⁵⁶.

Οι Wilder και συν.⁶² ανέφεραν ότι ο χρόνος απάντησης των μυών κατά την εφαρμογή αιφνιδίων φορτίων εξαρτάται ουσιαστικά από το επίπεδο του κάματος των μυών αυτών, καθώς και από την αναμονή της συγκεκριμένης φόρτισης. Επιπλέον, η έκθεση του ατόμου σε κραδασμούς και σε δονήσεις αυξάνει σημαντικά το χρόνο απάντησης. Αυτό συμβαίνει επειδή η δόνηση επηρεάζει την ιδιοδεκτικότητα και την κιναισθητικότητα, τροποποιώντας έτσι τη νευροφυσιολογική απάντηση του ατόμου³.

Η απάντηση των εκτεινόντων μυών του κορμού είναι διαφορετική και φαίνεται να εξαρτάται από το εάν το φορτίο εφαρμόζεται απευθείας στον κορμό ή μέσω των χειρών. Με άλλα λόγια, εξαρτάται από τη σχέση που έχει η κατεύθυνση της φόρτισης ή η θέση εφαρμογής της σε σχέση με το κέντρο βάρους του σώματος. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται απευθείας επάνω στον κορμό, η αντίδραση είναι μικρότερη, επιβάλλοντας μικρότερες καταπονήσεις στη σπονδυλική στήλη, επειδή οι δυνάμεις που αναπτύσσονται δημιουργούνται κοντά στο κέντρο βάρους του σώματος. Με άλλα λόγια, οι μοχλοβραχίονες μέσα από τους οποίους εξασκούνται οι δυνάμεις που δημιουργούνται από τις φορτίσεις είναι μικροί και επομένως μικρές θα είναι και οι καταπονήσεις που επιβάλλουν^{2,3}. Αντίθετα, εάν η φόρτιση εξασκείται μέσω των χειρών, τότε οι μοχλοβραχίονες που μεσολαβούν στη δημιουργία των δυνάμεων αντίδρασης είναι μεγάλοι σε σχέση με το κέντρο βάρους και επομένως οι καταπονήσεις που επιβάλλονται είναι σαφώς μεγαλύτερες και βεβαίως περισσότερο επικίνδυνες.

Όσο μικρότερος είναι ο λανθάνων χρόνος αντίδρασης, τόσο μικρότερες είναι και οι καταπονήσεις που μπορεί να εξασκηθούν επάνω στην περιοχή της οσφύς. Ο χρόνος αυτός μπορεί να βελτιωθεί με την κατάλληλη εκπαίδευση⁵⁶. Στα άτομα που εκδηλώνουν χρόνιο άλγος στην οσφύ, η απάντηση στην αιφνίδια εφαρμογή φορτίων παρουσίαζε μεγαλύτερο λανθάνοντα χρόνο, με α-

ποτέλεσμα μεγαλύτερη πιθανότητα επιπλέον κάκωσης ή επιδείνωσης αυτής που ήδη υπάρχει. Υποστηρίχθηκε ότι ο λανθάνων αυτός χρόνος απάντησης θα μπορούσε να βελτιωθεί εάν το άτομο ακολουθήσει ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα αποκατάστασης⁵⁶, στο οποίο θα πρέπει να περιλαμβάνεται οπωσδήποτε ειδική εργονομική και κινησιολογική εκπαίδευση³.

ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΑΛΓΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΟΦΥΟΣ

Ο κλινικός προβληματισμός, ο οποίος αναφέρεται στην εκτίμηση της μυοηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών του κορμού σε άτομα με "οσφυαλγία", είναι παλαιός. Παρόλα αυτά, μέχρι και σήμερα αποτελεί ένα σοβαρό πεδίο έρευνας. Από τις αρχές της δεκαετίας του '50 ο Golding⁶³ αναφέρθηκε στις μυοηλεκτρικές μετρήσεις των μυών του κορμού σε 120 άτομα με οσφυαλγία. Οι 34 από τους ασθενείς αυτούς δεν κατάφεραν να επιτύχουν την αναμενόμενη χαλάρωση των οπίσθιων μυών του κορμού, όταν αυτός βρισκόταν σε πλήρη κάμψη. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώθηκαν και από άλλους^{21, 64}. Σε μία από τις μελέτες αυτές⁶⁴, οι 84 από τους 104 ασθενείς θεωρήθηκαν ότι παρουσίαζαν "μη φυσιολογική" δραστηριότητα των εκτεινόντων της σπονδυλικής στήλης, γεγονός το οποίο καθορίζεται πρωταρχικά από την απουσία του φαινομένου κάμψης-χαλάρωσης. Οι Shirado και συν.⁶⁵ συνέκριναν δύο ομάδες ατόμων: υγιείς και ασθενείς με χρόνια οσφυαλγική συνδρομή. Το αποτελέσματά τους ήταν εντυπωσιακά, καθώς όλα τα "υγιή" άτομα εκδήλωσαν το φαινόμενο κάμψης-χαλάρωσης, ενώ από τα άτομα που έπασχαν από χρόνια οσφυαλγία, σε κανένα δεν παρουσιάστηκε το αντίστοιχο φαινόμενο.

Οι Paquet και συν.⁶⁶ ανέφεραν ότι σε μία υποομάδα ασθενών με "οσφυαλγία", στην οποία όλοι εκδήλωναν μία μη φυσιολογική αλληλεπίδραση της κίνησης της πυέλου και της σπονδυλικής στήλης (διαταραχή του οσφυοπνευλικού ρυθμού), απέτυχαν όλοι οι ασθενείς να δείξουν μυϊκή χαλάρωση κατά την πλήρη κάμψη. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με εκείνα των McClure και συν.⁶⁷, οι οποίοι ανέφεραν ότι άτομα τα οποία ήταν ασυμπτωματικά, με ένα ιστορικό όμως χρόνιας "οσφυαλγίας", τροποποιούν τον οσφυοπνευλικό τους ρυθμό, μετακινώντας κυρίως τη σπονδυλική στήλη νωρίτερα όταν πραγματοποιείται η έκταση του κορμού από τη θέση της πλήρους κάμψης, σε σχέση με ότι συμβαίνει στα άτομα ελέγχου χωρίς παρόμοιο ιστορικό οσφυαλγίας.

Οι Triano και Schultz⁶⁸ έκαναν μία συσχέτιση του φαινομένου της κάμψης-χαλάρωσης σε ασθενείς και άτομα ελέγχου με τις κλίμακες ανικανότητας του "οσφυϊκού πόνου". Το 50% περίπου των ασθενών δεν εκδήλωναν το συγκεκριμένο φαινόμενο, σε αντίθεση με τα (φυσιολο-

γικά) άτομα ελέγχου στα οποία παρουσιάζονταν. Ο βαθμός της ανικανότητας και η απώλεια του φαινομένου κάμψης-χαλάρωσης είχαν σαφώς σημαντική συσχέτιση. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους Ahern και συν.⁶⁹ Αυτοί βιντεοσκοπήσαν τις κινήσεις της κάμψης του κορμού και ανέφεραν μία σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην απουσία του φαινομένου κάμψης-χαλάρωσης και την καθαρή συμπεριφορά του πόνου.

Οι πιθανές ερμηνείες που υποστηρίζουν την απώλεια του φαινομένου κάμψης-χαλάρωσης στα άτομα που υποφέρουν από χρόνια προβλήματα οσφυϊκού άλγους, είναι πολλαπλές. Ανάμεσα σε αυτές, η κυριότερη είναι η απώλεια της αντανakλαστικής αναστολής, με αποτέλεσμα να διατηρείται το τοπικό φαινόμενο του επώδυνου μυϊκού σπασμού. Η όλη διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την τροποποίηση του μυοτατικού αντανakλαστικού και επομένως την ελάττωση της ετοιμότητας και απαντητικότητας της περιοχής. Άλλες πιθανές ερμηνείες είναι η μη φυσιολογική μυϊκή απάντηση στην επιμήκυνση του μυός και η ανικανότητα του ατόμου να εκτελέσει πλήρη κάμψη λόγω του άλγους. Και οι δύο αυτοί μηχανισμοί έχουν άμεση σχέση με την παρουσία του καθαρού νευροφυσιολογικού φαινομένου του τοπικού μυϊκού σπασμού.

Οι Soderberg⁷⁰ και Barr⁷¹ ανέφεραν ότι όταν οι ασθενείς και τα "υγιή" άτομα ελέγχου εκτελούσαν χειρισμούς Valsalva και βαθιά καθίσματα, στα υγιή άτομα παρουσιάζονταν αυξημένη δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών της σπονδυλικής στήλης, ενώ στους ασθενείς με χρόνια προβλήματα οσφυαλγίας δεν παρατηρήθηκε η συγκεκριμένη αυτή αυξημένη δραστηριότητα. Από τις μελέτες αυτές φαίνεται καθαρά ότι το πρότυπο των ταυτόχρονων συσπάσεων των μυών του κορμού δεν παρουσιάζεται στα άτομα με χρόνια προβλήματα στην περιοχή της οσφύς, όπως αναμένεται σε φυσιολογικές καταστάσεις. Κατά την άρση διαφόρων μικρών βαρών όπως 4, 5 και 16 κιλών, δεν παρατηρήθηκαν μετρήσιμες διαφορές ανάμεσα στα άτομα με χρόνια προβλήματα και στους υγιείς. Στην ομάδα όμως με χρόνια προβλήματα οσφυαλγίας εξακολουθούσε να διατηρείται ένα υψηλότερο επίπεδο μυοηλεκτρικής δραστηριότητας μετά από την άρση του βάρους.

Οι Nouwen και συν.⁷² μελέτησαν 20 ασθενείς με οσφυαλγία, και 20 άτομα ελέγχου χωρίς άλγος κατά τη διάρκεια της κάμψης, της έκτασης, της πλάγιας κάμψης και της περιστροφής του κορμού. Τα άτομα με προβλήματα "οσφυαλγίας" εκδήλωναν υψηλότερα επίπεδα μυϊκής δραστηριότητας στους παρασπονδυλικούς και στους κατώτερους κοιλιακούς μύες κατά την πλήρη κάμψη. Αντίθετα, η δραστηριότητα στους παρασπονδυλικούς μύες κατά την επιστροφή από την κάμψη στην όρθια στάση ήταν μικρότερη. Επίσης, δεν παρατηρήθηκε κάποια διαφορά στη μυοηλεκτρική δραστηριότητα στους παρασπονδυλικούς μύες κατά τη δεξιά ή την αριστερή πλευρά, όταν συ-

γκρίθηκαν οι δύο ομάδες, καθώς επίσης δεν υπήρχε σημαντική διαφορά κατά την περιστροφή του κορμού ή την πλάγια κάμψη.

Οι Holmes και Wolff⁷³ ανέφεραν ότι οι ασθενείς με χρόνια προβλήματα οσφυαλγίας εκδηλώνουν συνεχώς διατηρούμενη μυϊκή δραστηριότητα κατά τη διάρκεια έντονων και στρεσογόνων καταστάσεων, σε αντίθεση με τα υγιή άτομα. Παρομοίως, ο Grabel⁷⁴ κατέγραψε υψηλά επίπεδα μυϊκής δραστηριότητας στους ασθενείς με προβλήματα στην οσφύ, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου όταν τους ζητήθηκε να χαλαρώσουν μόνοι τους. Στις παραπάνω όμως μελέτες υπήρχε πωχή ποσοτική καταγραφή του βαθμού της μυοηλεκτρικής δραστηριότητας.

Οι Kravitz και συν.⁷⁵ δε βρήκαν καμία διαφορά στη μυοηλεκτρική δραστηριότητα σε ηρεμία ανάμεσα στους υγιείς και στους πάσχοντες. Όταν ζητήθηκε από τα άτομα να χαλαρώσουν τους οπίσθιους (εκτεινόντες) μύες, ενώ ταυτόχρονα εκτελούσαν απλές συσπάσεις των μυών των άνω και των κάτω άκρων, οι ασθενείς με χρόνια προβλήματα οσφυαλγίας δεν ήταν ικανοί να ελαττώσουν την αυξημένη δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών της σπονδυλικής στήλης, όπως ακριβώς συνέβαινε στα υγιή άτομα. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι οι συγκεκριμένοι μύες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των κινήσεων της σπονδυλικής στήλης.

Ο Miller⁷⁶ ανέφερε ότι δεν υπήρχε διαφορά στη μυοηλεκτρική δραστηριότητα ανάμεσα στα άτομα με χρόνια προβλήματα οσφυαλγίας και στα υγιή άτομα. Οι θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τις δοκιμασίες εξασφάλιζαν δραστηριότητες χαμηλού επιπέδου, όπως η καθιστή θέση και η όρθια στάση, εκτελώντας απλές μονόπλευρες δραστηριότητες των άνω άκρων. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και από άλλους^{77, 78}, οι οποίοι βρήκαν μία ελαφρώς υψηλότερη μυοηλεκτρική δραστηριότητα στους ασθενείς με χρόνια προβλήματα οσφυαλγίας όταν βρίσκονταν στην όρθια στάση, αλλά όχι όταν ήταν σε καθιστή.

Σε άλλες κλινικές μελέτες έγινε προσπάθεια να καθοριστεί ηλεκτρομυογραφικά εάν οι ασθενείς με προβλήματα οσφυαλγίας είχαν αυξημένη ή όχι τοπική μυϊκή δραστηριότητα, επειδή αυτοί πολύ συχνά παρουσιάζουν κλινικά το φαινόμενο του μυϊκού σπασμού. Ο Roland⁷⁹ έκανε μία σοβαρή ανασκόπηση των μελετών αυτών, δίνοντας έμφαση στα προβλήματα σχεδιασμού και μεθοδολογίας των μελετών αυτών. Συνήθως υπήρχε πωχή περιγραφή του ακριβούς πληθυσμού των ασθενών, καθώς επίσης ο βαθμός του μυϊκού σπασμού ήταν συχνά ασαφής και όχι καλά προσδιορισμένος ποσοτικά. Επίσης, υπήρχαν τεχνικές δυσκολίες, οι οποίες περιελάμβαναν την τοποθέτηση των ασθενών και τη μυοηλεκτρική καταγραφή από τους σκελετικούς μύες. Αυτό μπορεί να αποτελεί μία πολύ καλή αιτία για την ύπαρξη διαφο-

νιών ανάμεσα στις διάφορες κλινικές ή εργαστηριακές μελέτες. Σε μερικές μελέτες, ασθενείς με ψηλαφητές διαταραχές, όπως οι σφικτοί και συνεσπασμένοι οπίσθιοι μύες, εκδήλωναν αυξημένη μυοηλεκτρική δραστηριότητα στις περιοχές αυτές⁸⁰⁻⁸⁴. Από την άλλη μεριά, οι Kraft και συν.^{85, 86} δεν ανέδειξαν αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας στην περιοχή του μυϊκού σπασμού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μύες του κορμού είναι απαραίτητα συστατικά της φυσιολογικής λειτουργίας της σπονδυλικής στήλης. Ο μηχανικός τους ρόλος περιλαμβάνει την παροχή σταθερότητας, τον έλεγχο των κινήσεων και τη δημιουργία των δυνάμεων οι οποίες είναι απαραίτητες για την εκτέλεση ουσιαστικών δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής, της εργασίας και της διασκέδασης. Όταν υπάρχει άλγος, οι μύες δε λειτουργούν πλέον σε αρμονία, έχοντας ως αποτέλεσμα την απώλεια του συντονισμού, της συνέργειας και επιπρόσθετα της δύναμης και της αντοχής, που έχουν άλλωστε μελετηθεί εκτεταμένα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Morris JM, Lucas DB, Bresler B. Role of trunk in stability of the spine. *JBJS (Am)* 1961, 43:327-351.
- Μπάκας HE. Εμβιομηχανικές αρχές του κορμού: Στο, Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση - θεωρία, βασικές αρχές, πράξη, Τόμος 3ος, Ιατρικές εκδόσεις Α. Σιώκη, Θεσσαλονίκη, 1999, 9: 288-310.
- Μπάκας HE. Νευρολογική βάση των σπονδυλικών ιατρικών χειρισμών: Στο, Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση - θεωρία, βασικές αρχές, πράξη, Τόμος 4ος, Ιατρικές εκδόσεις Α. Σιώκη, Θεσσαλονίκη, 2000, 3: 105-154.
- Stokes IAF, Rush S, Moffroid M, et al. Trunk extensor EMG-torque relationship, *Spine* 1987, 12:770-776.
- Seroussi RF, Pope MH. The relationship between trunk muscle electromyography and lifting movements in the sagittal and frontal plane. *J Biomech* 1987, 20:135-146.
- Vink P, Van der Velde EA, Verbout AJ. A functional subdivision of the lumbar extensor musculature. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1988, 28: 517-525.
- Rashke U, Chaffin DB. Support for a linear length-tension relation of the torso extensor muscles: An investigation of the length and velocity EMG-force relationships. *J Biomech* 1994, 29:1597-1604.
- Marras WS, Mirka GM. A comprehensive evaluation of trunk response to asymmetric trunk motion. *Spine* 1992, 17:318-326.
- Sutarno CG, McGill SM. Isovelocity investigation of the lengthening behavior of the erector spinae muscles. *Eur J Appl Physiol* 1995, 70:146-153.
- Andersson GBJ, Lavender SA. Evaluation of muscle function. In: Frymoyer J (ed) *The adult spine: Principles and practice* 2nd ed Philadelphia Raven 1997, pp 341-380.
- Zimmermann CL, Cook TM, Goel VK. Effects of seated posture on erector spinae EMG activity during whole body vibration. *Ergonomics* 1993, 36:667-675.
- Andersson GBJ. Loads on the spine during sitting. In: Corlett E, Wilson N, Manenica I (eds) *The ergonomics of working Postures* London, Taylor & Francis, 1986, pp 309-318.
- Andersson GBJ. Biomechanical aspect of sitting: An application to VDT terminals. In: Stewart T (ed) *Behavior and information Technology*, vol 6 London, Taylor & Francis 1987, pp 257-269.
- Hosea TM, Simon SR, Delatisky J, et al. Myoelectric analysis of the paraspinal musculature in relation to automobile driving, *Spine* 1986, 11:928-936.
- Bendix T, Winkel J, Jensen F. Comparison of office chairs with fixed forwards and backwards inclining, or tillable seats. *Eur J Appl Physiol* 1985, 54:378-385.
- Soderberg GL, Blamco MK, Cosentino TL, et al. An EMG analysis of posterior trunk musculature during flat and anteriorly inclined seating. *Hum Factors* 1986, 28:483-491.
- Andersson GBJ, Schultz AB, Ortengren R. Trunk muscle force during deskwork, *Ergonomics* 1986, 29:1113-1117.
- Farfan HF. Muscular mechanism of the lumbar spine and the position of power and efficiency, *Orthop Clin North Amer* 1975, 6:135-144.
- Carlsoo S. The static muscle load in different work positions: An electromyographic study. *Ergonomics* 1961, 4:193-211.
- Okada M. Electromyographic assessment of muscular load in forward bending postures. *J Faculty Sci (Tokyo)* 1971, 8:311-336.
- Floyd WF, Silver PHS. Function of erectors spinae in flexion of the trunk. *Lancet* 1951, 1:133-134.
- Floyd WF, Silver PHS. The function of the erectors spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol (London)* 1955, 121:184-203.
- Schultz AA, Haderspeck-Grib E, Sinkora G, et al. Quantitative studies of the flexion-relaxation phenomenon in back muscles. *J Orthop Res* 1985, 3:189-197.
- Marras WS, Mirka GA. A comprehensive evaluation of trunk response to asymmetric trunk motion. *Spine E* 1990, 7:318-326.
- Morris JM, Benner G, Lucas DB. An electromyographic study of the intrinsic muscles of the back in man. *J Anat* 1962, 96:509-520.
- Jonsson A. The functions of individual muscles in the lumbar part of the erector spinae muscle. *Electromyography* 1970, 10:5-21.
- Schultz AB, Andersson GBJ, Ortengren R, et al. Analysis and quantitative myoelectric measurements of loads on the lumbar spine when holding weights in standing postures. *Spine* 1982, 7:390-397.
- Marras WS, Rangarajulu SL, Lavender SA. Trunk Loading and expectation. *Ergonomics* 1987, 30:551-562.
- Zetterberg C, Andersson GBJ, Schultz AB. The activity of individual trunk muscles during heavy physical loading. *Spine* 1987, 12:1035-1040.
- Lavender SA, Chen W, Trafimow J. The effects of lateral trunk bending on muscle recruitments when resisting nonsagittally symmetric bending movements. *Spine* 1995, 20:181-191.

31. Andersson GBJ, Ortengren R, Herberts P. Quantitative electromyographic studies of back muscle activity related to posture and loading. *Orthop Clin North Am* 8:85-89.
32. Raftopoulos DD, Ralco MC, Green A, et al. Relaxation phenomena in lumbar trunk muscles during lateral bending. *Clin Biomech* 1988, 3: 166-172.
33. Pope MG, Andersson GBJ, Broman H, et al. Electromyographic studies of the lumbar trunk musculature during the development of axial torques. *J Orthop Res* 1986, 4:288-297.
34. Pope MG, Svensson M, Andersson GBJ, et al. The role of prerotation of the trunk in axial twisting efforts. *Spine* 1987, 12:1041-1045.
35. McGill SM. Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: Implications for lumbar mechanics. *J Orthop Res* 1991, 9:91-103.
36. Ladin Z, Murthy KR, De Luca CJ. Mechanical recruitment of low back muscles. *Spine E* 1989, 4:927-938.
37. Ladin Z, MurthyZKR, De Luca CJ. The effects of external bending movements on lumbar muscle force distribution. *J Biomech Eng* 1991, 113:283-294.
38. Lavender SA, Tsuang HY, Hafezi A, et al. Coactivation of the trunk musculature during asymmetric loading of the torso. *Hum Factors* 1992, 34:239-247.
39. Lavender SA, Tsuang HY, Andersson GBJ, et al. Trunk muscles coactivation: The effects of load asymmetry and load magnitude. *J Orthop Res* 1992, 10:691-700.
40. Lavender SA, Trafimov J, Andersson GBJ, et al. Trunk muscles activation: The effects of torso flexion, noment direction, and movement magnitude. *Spine* 1994, 19:771-778.
41. Lavender SA, Tsuang HY, Andersson GBJ. Trunk muscle activation and cocoattraction while resisting applied movements in a twisted posture. *Ergonomics* 1993, 36:1145-1157.
42. Marras WS, Granata KP. Spine loading during trunk lateral bending motions. *J Biomech* 1997, 30:697-703.
43. Marras WS, Granata KP. A biomechanical assessment and model of axial twisting in the thoracolumbar spine. *Spine* 1995, 20:1440-1451.
44. McGill SM. A myoelectrically based dynamic three-dimensional model to predict loads on lumbar spine tissues during lateral bending. *J Biomech* 1992, 25:395-414.
45. Marras WS, Wogsam PE, Rangarajulu SL. Trunk motion during lifting: The relative cost. *Int J Industr Ergonomics* 1986, 1:103-113.
46. Andersson GBJ, Herberts P, Ortengren R. Myoelectric back muscle activity in standardized lifting postures. In: Komi PV (ed): *Biomechanics 5-A*. Baltimore, MD, University Park, 1976, pp 520-529.
47. Andersson GBJ, Ortengren R, Nachemson A. Analysis measurement of the loads on the lumbar spine during work at a table. *J Biomech* 1980, 13:513-520.
48. McGill SM, Norman RW. Partitioning of the L4 /L5 dynamic movement into disc, ligamentous, and muscular components during lifting. *Spine* 1986, 11:666-678.
49. Gracovetsky S. *The Spinal Engine*, New York, NY, Springer Verlag, Wien, 1988.
50. Andersson GBJ, Ortengren R, Nachemson A. Quantative studies of hack loads in lifting. *Spine* 1976, 1:178-185.
51. Delitto RS, Rose SJ, Apts DW. Electromyographic analysis of the two techniques for squat lifting. *Phys Ther* 1987, 67:1329-1334.
52. Boudrifa C, Davies BT. The effects of bending and rotation of the trunk on the intraabdominal pressure and the erector spinae muscle when lifting while sitting. *Ergonomics* 1987, 30:103-109.
53. Ross EC, Pamianpour M, Martin D. The effects of resistance level on muscle coordination patterns and movement profile during trunk extension. *Spine* 1993, 18:1829-1838.
54. Granata KP, Marras WS. The influence of trunk muscle coactivity in dynamic spinal loads. *Spine* 1995, 20:913-919.
55. Mirka GA, Marras WS. A stochastic model of trunk muscle coactivation during trunk bending. *Spine* 1993, 18:1396-1409.
56. Μπάκας ΗΕ. Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση, τόμος 2ος, Εκδ. Σιώκη. Θεσσαλονίκη, 1999.
57. Carlson H, Nilsson J, Thorstensson A, et al. Motor response of the human trunk due to load perturbation. *Acta Physiol Scand* 1981, 111:221-223.
58. Lavender SA, Mirka GA, Schoenmarklin RW, et al. The effects of preview and task symmetry, in trunk muscle response to sudden loading. *Hum Factors* 1989, 1:101-116.
59. Lavender SA, Marras WS, Miller RA. The development of response strategies in preparation for sudden loading to the torso. *Spine* 1993, 18:2097-2105.
60. Lavender SA, Marras WS. The effects of a temporal warning signal on the biomechanical preparations for sudden loading. *J Electromyogr Kinesiol* 1995, 5:15-56.
61. Cresswell AG, Oddsson L, Thorstensson A. The influence of sudden perturbation on trunk muscle activity and intraabdominal pressure while standing. *Exp Brain Res* 1994, 98:336-341.
62. Wilder DG, Aleksiev AR, Imagnusson ML, et al. Muscular response to sudden load. A tool of evaluates fatigue and rehabilitation. *Spine* 1996, 21:2628-2639.
63. Golding JSR. Electromyography of the erector spinae in low back pain. *Postgrad Med J* 1952, 28:401-406.
64. Yashimoto K, Itami I, Yamamoto M. Electromyographic study of the low back pain. *Japan J Rehabil Med* 1978, 15:252-255.
65. Shirado O, Ito T, Kaneda K, et al. Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles. A comparative study between healthy subjects and patients with chronic low back pain. *Am J Phys Med Rehabil* 1995, 74:139-144.
66. Paquet I, Malouin F, Richards CL. Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients. *Spine* 1994, 19:596-603.
67. McClure PW, Esola M, Schreier R, et al. Kinematic analysis of lumbar and hip motion while rising from a forward position in patients with and without a history of low back pain. *Spine* 1997, 22:552-558.
68. Triano IJ, Schultz AB. Correlation of objective measure and trunk motion and muscle function with low back disability patients. *Spine* 1987, 12:561-575.
69. Ahern DK, Follick MJ, Council R, et al. Reliability of lumbar paravertebral EMG assessment on chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1986, 67:762-765.
70. Ahern DK, Harmon DJ, Goreczny MA, et al. Correlation of

- chronic low back pain behavior and muscle function: Examinations of the flexion-relaxation response. *Spine* 1990, 15:92-95.
71. Soderberg GL, Barr O. Muscular function in chronic low back dysfunction. *Spine* 1983, 8:79-45.
 72. Nouwen A, Van Akkerweken PF, Versloot JM. Patterns of muscular activity during movement in patients with chronic low back pain. *Spine* 1987, 12:777-782.
 73. Holmes TH, Wolff HG. Life situations, emotions, and backache. *Psychosom Med* 1952, 14:18-33.
 74. Grabel JA. Electromyographic study of low back muscle tension in subjects with and without chronic low back pain. *Dissertations Abstracts International* 34(B):2929-B, 1973.
 75. Kravitz E, Moore ME, Glavros A. Para lumbar muscle activity in chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1981, 62:172-176.
 76. Miller DJ. Comparison of electromyographic activity in the lumbar par spinal muscles of subjects with and without chronic low back pain. *Phys Ther* 1985, 64:1347-1354.
 77. Collins GA, Cohen MJ, Natiboff BD, et al. Comparative analysis of par spinal and frontalis EMG, heart rate, and skin conductance in chronic low back patients and normal to various postures and stress. *Scand J Rehabil Med* 1982, 14:39-46.
 78. Hoyt WH, Hunt HH, Depaus MA, et al. Electromyographic assessment of chronic low back pain syndrome. *J Am Osteopath Assoc* 1981, 80:728-730.
 79. Roland MO. A critical review of the evidence for a pain-spasm cycle in spinal disorders. *Clin Biomech* 1986, 1:102-109.
 80. Denslow JS, Clough GH. Reflex activity in the spinal extensors. *Neurophysiol* 1941, 4:430-437.
 81. Elliott FA. Tender muscles in sciatica: Electromyographic studies. *Lancet* 1944, 1:47-49.
 82. Arroyo P. Electromyography in the evaluation of the reflex muscle spasm. *J Fla Med Assoc* 1966, 53:29-31.
 83. England RW, Delbert PW. Electromyographic studies: Part I. Consideration in the evaluation of osteopathic therapy. *J Am Osteopath Assoc* 1972, 72:221-223.
 84. Fisher AA, Chang CH. Electromyographic evidence of par spinal muscle spasm during sleep in patients with low back pain. *Clin J Pain* 1985, 1:147-154.
 85. Kraft GH, Johnson EW, Laban II. The fibrositis syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1968, 49:155-162.
 86. Andersson ABJ, Lavander SA. The function of the trunk muscles in Healthy and with low back pain. *Seminars in spine Surgery* 1988, 10 (2):161-171.