

Αποτελέσματα τριών διαφορετικών τεχνικών διάτασης (P.N.F.) σε αθλητές με πελματιαία απονευρωσίτιδα

Ν. Κωφοτόλης³,
Κ. Κότογλου²,
Β. Μακρής¹,
Θ. Μεταξάς²,
Κ. Μανδρούκας²,
Γ. Καπετάνος¹

Περίληψη

Σκοπός της μελέτης ήταν να διαπιστωθεί η επίδραση των ενεργητικών διατάσεων P.N.F. στην αντιμετώπιση φλεγμονής της πελματιαίας απονεύρωσης. Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 16 αθλητές διαφορετικών αγωνισμάτων (ποδοσφαιριστές n=6), (αθλητές στίβου n=6), (αθλητής αντισφαίρισης n=1), (αθλητής πετοσφαίρισης n=1), (αθλητής χειροσφαίρισης n=1) και (αθλητής καλαθοσφαίρισης n=1) με πελματιαία απονευρωσίτιδα που εμφάνισαν την προηγούμενη τετραετία (1997-2001). Σύμφωνα με το σχεδιασμό της μελέτης οι αθλητές χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες: ομάδα ελέγχου (ομάδα Α, n=4), ομάδα κράτα - χαλάρωση (ΚΧ), η οποία ακολούθησε ένα πρόγραμμα ισομετρικών συσπάσεων με αντίσταση και συνοδεύεται από χαλάρωση (ομάδα Β, n=4), ομάδα σύσπαση - χαλάρωση (ΣΧ), η οποία ακολούθησε ένα πρόγραμμα εναλλακτικών ισοτονικών συσπάσεων με αντίσταση και συνοδεύεται από χαλάρωση (ομάδα Γ, n=4) και ομάδα που εφάρμοσε ρυθμική σταθεροποίηση (ΡΣ) και ακολούθησε ένα πρόγραμμα εναλλακτικών ισομετρικών συσπάσεων με αντίσταση χωρίς χαλάρωση (ομάδα Δ, n=4). Το πρωτόκολλο της άσκησης περιλάμβανε τρία σετ των πέντε επαναλήψεων, τρεις φορές την ημέρα, με συχνότητα πέντε ημέρες την εβδομάδα για ένα μήνα. Οι ομάδες αξιολογήθηκαν στην ισορροπία σε μονοποδική στήριξη και στην κινητικότητα στη ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής, στην ανάσπαση έξω χείλους και στην έκταση της 1ης μεταταρσοφαλαγγικής άρθρωσης πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος αποκατάστασης. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων

¹ Γ Πανεπιστημιακή
Ορθοπαιδική Κλινική Α.Π.Θ.
Γ. Ν. «Παπαγεωργίου».

² Εργαστήριο Εργο-φυσιολο-
γίας-Εργομετρίας
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Α-
γωγής και Αθλητισμού Α.Π.Θ.

³ Τμήμα Επιστήμης Φυσικής
Αγωγής και Αθλητισμού Σε-
ρών - Α.Π.Θ.

Όροι ευρητηρίου: ιδιοδεκτική νευρομυϊκή διευκόλυνση, πελματιαία απο-
νεύρωση

διαπιστώθηκε ότι οι τρεις πειραματικές ομάδες εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.05$) συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Στην ικανότητα ισορροπίας η ομάδα Δ παρουσίασε τη μεγαλύτερη βελτίωση σε ποσοστό 40,21% σε σύγκριση με τις ομάδες Β και Γ αντίστοιχα, ενώ στην κινητικότητα εμφανίστηκε υπεροχή της ομάδας Γ σε όλες τις μετρήσεις, χωρίς ωστόσο να είναι στατιστικά σημαντική. Συμπερασματικώς, λοιπόν διαπιστώνεται, ότι ένα πρόγραμμα ενεργητικών διατάσεων P.N.F. μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ισορροπία και την κινητικότητα των επηρεασμένων αρθρώσεων των αθλητών με φλεγμονή της πελματιαίας απονεύρωσης.

Εισαγωγή

Μια από τις πιο συνηθισμένες παθολογικές καταστάσεις του άκρου πόδα, για την οποία οι ασθενείς αναζητούν ιατρική βοήθεια και θεραπεία είναι η πελματιαία απονευρωσίτιδα. Η πελματιαία απονευρωσίτιδα είναι φλεγμονή της πελματιαίας απονεύρωσης η οποία εντοπίζεται στην έκφυση της απονεύρωσης στο φύμα της πτέρνας εξαιτίας της διατατικής καταπόνησης της περιτονίας στη βάση της (Gudeman et al. 1997; Caselli et al. 1997; Oloff et al. 1998). Οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην εμφάνιση της πελματιαίας απονευρωσίτιδας είναι ο υπερβολικός πρηνισμός του πρόσθιου και οπίσθιου μέρους του άκρου ποδός που φέρει την ποδική καμάρα χαμηλά και επιμηκύνοντας το πόδι δημιουργεί τραυματικές διατατικές δυνάμεις στην πελματιαία απονεύρωση. Ο εμφανιζόμενος πόνος έχει αναφερθεί ότι οφείλεται σε συγκεντρωμένη τάση που ασκείται στην έσω απόφυση της πτέρνας (Lapidus et al, 1965), στην απώλεια τοπικού λίπους λόγω διάτασης ή ρήξης του διαφράγματος του ινώδους ιστού (Snook et al, 1972), στη μηχανική καταπόνηση της πρόσθιας κάτω επιφάνειας της πτέρνας (Kowng et al, 1988) και σε νευροπάθεια (Pfeffer et al, 1995). Ο τραυματισμός αυτός οφείλεται στη μείωση της ενεργητικής ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής άρθρωσης και της παθητικής έκτασης της πρώτης μεταταρσοφαλαγγικής άρθρω-

σης, καθώς επίσης και στη μείωση της δυνατότητας ανάσπασης του έξω χείλους της υπαστραγαλικής άρθρωσης (Kowng et al, 1988; Schepsis et al. 1991; Kibler et al. 1991; Reid 1992; Chandler et al. 1993; Howell 1995).

Σήμερα οι τεχνικές της ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, P.N.F.) χρησιμοποιούνται συχνά για τη βελτίωση του νευρομυϊκού συντονισμού, της αρθρικής κινητικότητας (Burke et al. 1996; Sundquist et al. 1996; Massara et al. 1995; Lustig et al. 1992; Sullivan et al. 1992; Cornelius et al. 1992; Swinnen et al; 1988; Osternig et al. 1990; Ferber et al. 2002) και της δύναμης (Nelson et al. 1986; Lustig et al. 1992; Kofotolis et al. 2002). Η θεραπευτική άσκηση διάρκειας τουλάχιστον δύο μηνών με τη χρήση της μεθόδου P.N.F. μεταβάλλει το μέγεθος της εγκάρσιας διατομής και τον τύπο των μυϊκών ινών και οι μεταβολές αυτές παρουσιάζονται στις μυϊκές ίνες ταχείας συστολής (Kofotolis et al. 2004). Επιστημονικές μελέτες έδειξαν ότι η μέθοδος P.N.F. με τις τεχνικές σύσπαση - χαλάρωση και κράτημα - χαλάρωση είναι πιο αποτελεσματικές από άλλες τεχνικές παθητικής διάτασης (Sady et al. 1982; Lukas et al. 1984; Osternig et al. 1990; Lustig et al. 1992). Ωστόσο, παραμένει άγνωστο αν εμφανίζονται μεταβολές της κινητικότητας και της ισορροπίας μεταξύ των διαφόρων τεχνικών της μεθόδου P.N.F.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να συγκρίνει την επίδραση τριών διαφορετικών μεθόδων με την τεχνική της P.N.F. στο εύρος κινητικότητας της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής άρθρωσης, στη δυνατότητα ανάσπασης του έξω χείλους της υπαστραγαλικής άρθρωσης, στη ραχιαία έκταση της 1ης μεταταρσοφαλαγγικής άρθρωσης και στην ικανότητα ισορροπίας στη φάση της μονοποδικής στήριξης σε αθλητές με φλεγμονή της πελματιαίας απονεύρωσης.

Υλικό - Μέθοδος Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 16 αθλητές διαφορετικών αγωνισμάτων (ποδοσφαιριστές $n=6$), (αθλητές στίβου $n=6$), (αθλητής αντισφαίρισης $n=1$), (αθλη-

της πετοσφαίρισης $n=1$), (αθλητής χειροσφαίρισης $n=1$) και (αθλητής καλαθοσφαίρισης $n=1$) με διαγνωσμένη πελματιαία απονευρωσίτιδα. Η επιλογή των συμμετεχόντων έγινε σε διάστημα τεσσάρων (4) ετών κατά τα έτη (1997-2001). Το θεραπευτικό πρόγραμμα άσκησης διήρκεσε τέσσερις εβδομάδες, ενώ οι αθλητές ακολούθησαν το ίδιο πρόγραμμα φυσικοθεραπευτικής - φαρμακευτικής αγωγής διάρκειας μίας εβδομάδας. Σύμφωνα με το σχεδιασμό της μελέτης χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες (πίνακας 1): Την ομάδα ελέγχου (ομάδα Α, $n=4$), την ομάδα με θεραπευτικό πρόγραμμα P.N.F. κράτημα - χαλάρωση - διάταση (ΚΧΔ), η οποία ακολούθησε ένα πρόγραμμα ισομετρικών συσπάσεων με αντίσταση και συνοδεύεται από χαλάρωση (ομάδα Β, $n=4$), την ομάδα με θεραπευτικό πρόγραμμα P.N.F. σύσπαση - χαλάρωση - διάταση (ΣΧΔ), η οποία ακολούθησε ένα πρόγραμμα εναλλακτικών ισοτονικών συσπάσεων με αντίσταση και συνοδεύεται από χαλάρωση (ομάδα Γ, $n=4$) και την ομάδα που εφαρμόσε τη μέθοδο P.N.F. με ρυθμική σταθεροποίηση (ΡΣ) και ακολούθησε ένα πρόγραμμα εναλλακτικών ισομετρικών συσπάσεων με αντίσταση χωρίς χαλάρωση (ομάδα Δ, $n=4$).

Πρωτόκολλο άσκησης

Το πρωτόκολλο της άσκησης περιλάμβανε τρία σετ των πέντε επαναλήψεων, τρεις φορές την ημέρα, με συχνότητα πέντε ημέρες την εβδομάδα για ένα μήνα σύμφωνα με τις τεχνικές της μεθόδου P.N.F.

Τεχνικές Διάτασης

α) Κράτημα - Χαλάρωση - Διάταση (ΚΧΔ) (Hold - Relax - Stretching): Ισομετρική σύσπαση 5 sec (πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής - κάμψη δακτύλων), χαλάρωση 5 sec και παθητική διάταση (ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής - έκταση δακτύλων).

β) Σύσπαση - Χαλάρωση - Διάταση (ΣΧΔ) (Contract - Relax - Stretching): Ισομετρική σύσπαση 4 - 6 sec (πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής - κάμψη δακτύλων), χαλάρωση 2 sec και παθητική διάταση 8 sec (ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής - έκταση δακτύλων).

γ) Ρυθμική Σταθεροποίηση (ΡΣ) (Rhythmic

Stabilization): Εναλλακτικές μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις με αντίσταση 5 sec (πελματιαία κάμψη - ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής, κάμψη δακτύλων - έκταση δακτύλων) χωρίς να απαιτείται κίνηση.

Για την αξιολόγηση των εξεταζόμενων εφαρμόστηκε η παρακάτω διαδικασία:

α) Η μέτρηση του εύρους κίνησης

Η μέτρηση της ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής και της ανάσπασης του έξω χείλους της υπαστραγαλικής άρθρωσης γίνονταν σε καθιστή θέση με την άρθρωση του γόνατος σε κάμψη 90° και σε ουδέτερη θέση έξω - έσω στροφής με την ποδοκνημική άρθρωση σε ουδέτερη - μηδέν θέση. Η μέτρηση της έκτασης της 1ης μεταταρσιοφαλαγγικής άρθρωσης γίνονταν σε ύπτια κατάκλιση με τις αρθρώσεις του ποδιού και των δακτύλων σε ουδέτερη - μηδέν θέση. Το κέντρο του γωνιομέτρου τοποθετήθηκε στη ραχιαία επιφάνεια της 1ης μεταταρσιοφαλαγγικής άρθρωσης. Ο σταθερός βραχίονας ήταν παράλληλος στον επιμήκη άξονα του 1ου μεταταρσίου και ο κινητός στον επιμήκη άξονα της κεντρικής φάλαγγας του 1ου μεταταρσίου. Η παθητική μέτρηση της αρθρικής κινητικότητας γινόταν από τον ίδιο εξεταστή με το γωνιόμετρο τύπου Myrin (LIC Rehab, Sweden) και για την έκταση της πρώτης μεταταρσιοφαλαγγικής χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γωνιομέτρησης. Αρχικά έγιναν δοκιμασίες αξιοπιστίας (επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή ($r=0,98$), οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις ίδιες ώρες της ημέρας, σε θερμοκρασία δωματίου, χωρίς να έχει προηγηθεί προθέρμανση και η καταγραφή γινόταν σε μοίρες μετά από παθητική διάταση.

β) Η μέτρηση ισορροπίας

Για τη μέτρηση της ισορροπίας χρησιμοποιήθηκε μια δοκός ισορροπίας μήκους 50cm, πλάτους 3cm και ύψους 4cm, καλυμμένη με ένα υλικό (μέγιστο πάχος 5cm). Δύο στηρίγματα μήκους 15cm και πλάτους 2cm χρησιμοποιήθηκαν για τη σταθερότητα της δοκού. Ο εξεταζόμενος στη-

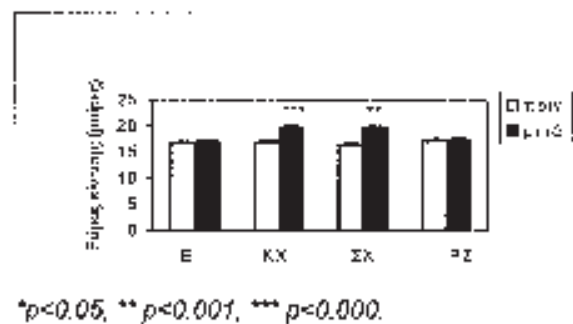
ρίζονταν με το ένα πόδι πάνω στη δοκό ισορροπίας με το γόνατο του άλλου ποδιού πίσω λυγισμένο στις 90° και τα χέρια ενωμένα πίσω στην πλάτη. Η χρονομέτρηση σταματούσε τη στιγμή που ο δοκιμαζόμενος έπεφτε από τη δοκό. Ο χρόνος στάσης μετρήθηκε με χρονόμετρο χειρός. Η αξιοπιστία και εγκυρότητα του τεστ ($r=0.99$, $p<0.001$) έχει αναφερθεί από τους Kaikkonen et al, (1994, 1996).

Στατιστική ανάλυση

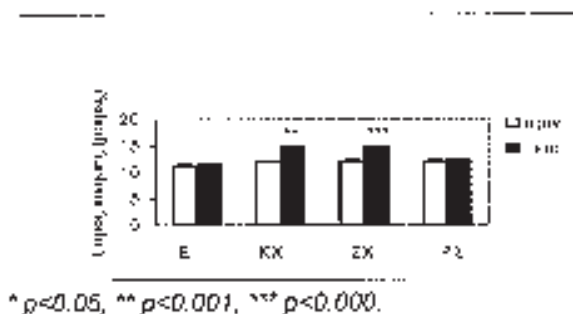
Για τη στατιστική επεξεργασία και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Chicago Illinois USA, version 11.0). Η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων έγινε με ανάλυση Paired Samples T-Test και ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA). Για όλους τους δοκιμαζόμενους της μελέτης και για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και η τυπική απόκλιση. Οι διαφορές θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές, όταν η στατιστική υπόθεση μπορούσε να απορριφθεί σε επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο του 5% ($p<0,05$).

Αποτελέσματα

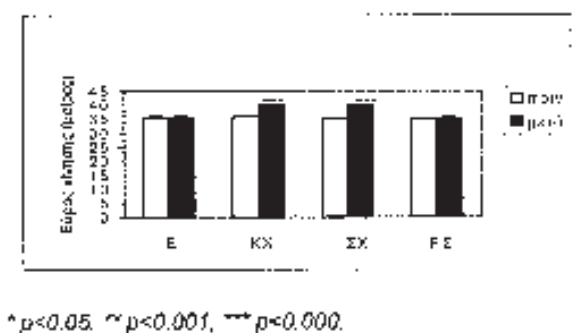
Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι μετά τη θεραπευτική αγωγή η αρθρική κινητικότητα αυξήθηκε σημαντικά στις ομάδες που χρησιμοποίησαν την τεχνική (ΣΧΔ) και (ΚΧΔ) σε σύγκριση με την ομάδα που χρησιμοποίησε την τεχνική σταθεροποίησης και την ομάδα ελέγχου. Τα αποτελέσματα έδειξαν στην κινητικότητα στατιστικώς σημαντική αύξηση στις δύο ομάδες Σύσπαση Χαλάρωση και Κράτημα Χαλάρωση σε σχέση με τις άλλες ομάδες Ρυθμικής Σταθεροποίησης και Ελέγχου. Το εύρος κίνησης της ραχιαίας κάμψης στην ποδοκνημική άρθρωση παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομάδα (ΚΧΔ) κατά 16,5% ($p<0.000$) και στην ομάδα (ΣΧΔ) κατά 19,9% ($p<0.001$) αντίστοιχα, σε σύγκριση με τις άλλες δυο ομάδες της (ΡΣ) και της ομάδας ελέγχου (σχήμα 1).



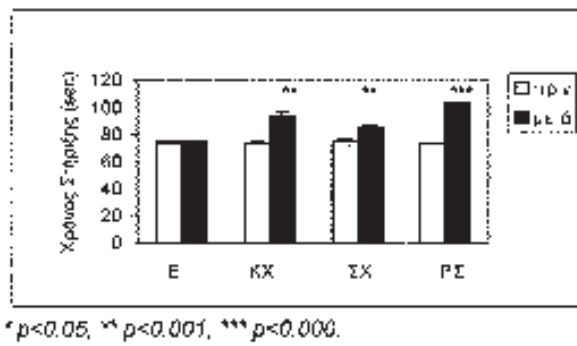
Σχήμα 1. Παθητικό εύρος κίνησης στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής άρθρωσης μεταξύ των ομάδων



Σχήμα 2. Παθητικό εύρος κίνησης στην ανάσπαση έξω χείλους της υψαστραγαλικής άρθρωσης μεταξύ των ομάδων



Σχήμα 3. Παθητικό εύρος κίνησης στην ραχιαία έκταση της 1ης μεταταρσιοφαλαγγικής άρθρωσης μεταξύ των ομάδων



Σχήμα 4. Χρόνος ισορροπίας των ομάδων

Μετά τη θεραπευτική αγωγή η παθητική ανάσπαση του έξω χείλους της υπαστραγαλικής άρθρωσης αυξήθηκε σημαντικά στην ομάδα (ΚΧΔ) κατά 23,1% ($p<0.002$) και κατά 27% ($p<0.000$) στην ομάδα (ΣΧΔ). Αντίθετα, στις άλλες δύο ομάδες δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές (σχήμα 2).

Στο εύρος κίνησης της ραχιαίας κάμψης της 1ης μεταταρσιοφαλαγγικής άρθρωσης βρέθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στην ομάδα (ΚΧΔ) (12,7%, $p<0.000$) και στην ομάδα (ΣΧΔ) (14,4%, $p<0.000$). Αντίθετα, στις άλλες δυο ομάδες της ρυθμικής σταθεροποίησης και της ομάδας ελέγχου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος άσκησης (σχήμα 3).

Το σχήμα 4 δείχνει ότι η ομάδα της ρυθμικής σταθεροποίησης παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση στο χρόνο στήριξης στη δοκό (40,2%, $p<0.000$) συγκριτικά με τις υπόλοιπες ομάδες κατά 26,1% ($p<0.001$) και 13,7% ($p<0.006$) αντίστοιχα, μετά την εφαρμογή του προγράμματος άσκησης (σχήμα 4).

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων με την ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA) τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης και των διαφορών που παρουσιάστηκαν μεταξύ των ομάδων φανερώνουν την κύρια επίδραση ως προς το εύρος της αρθρικής κινητικότητας, δηλαδή $\Sigma\chi\Delta>\kappa\chi\Delta>\rho\sigma$, ενώ στην ικανότητα της ισορροπίας η κύρια επίδραση φαίνεται ως εξής $\rho\sigma>\kappa\chi\Delta>\Sigma\chi\Delta$ (Πίνακας 2).

Συζήτηση

Σε πολλούς αθλητές, κυρίως ποδοσφαιριστές και αθλητές του στίβου εμφανίζονται συνήθως συμπτώματα πελματιαίας απονευρωσίτιδας μετά την εφαρμογή ενός προπονητικού προγράμματος, το οποίο περιλαμβάνει ασκήσεις και τρέξιμο σε σκληρή επιφάνεια (Nunn et al, 1997). Οι διατακτικές ασκήσεις του γαστροκνημίου και υποκνημίου μυός και η τροποποίηση της δραστηριότητας έχουν αναφερθεί ως τρόπος πρόληψης και έδειξε ότι αποτελούν πραγματικό μέτρο εξάλειψης της οξείας φλεγμονής και του πόνου (Pfeffer 1995).

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των εξεταζομένων (mean±SD).

	Ηλικία (έτη)	Ύψος (cm)	Βάρος (kg)
Ομάδα Α (n=4)	20,97±1,06	177,12±3,53	74,17±1,82
Ομάδα Β (n=4)	22,60±4,18	183,90±6,88	70,70±3,19
Ομάδα Γ (n=4)	21,67±3,48	179,37±3,46	76,02±3,20
Ομάδα Δ (n=4)	20,15±0.9	179,45±3,23	74,90±3,01

Πίνακας 2. Ισορροπία και αρθρική κινητικότητα μεταξύ των ομάδων (*mean*±*SD*).

	Ομάδα Α (n=4)	Ομάδα Β (n=4)	Ομάδα Γ (n=4)	Ομάδα Δ (n=4)
Ισορροπία (sec)	75,0±0,7	93,6±3,3	85,8±1,4	103,3±0,9 ^{a,b,c}
Πελματιαία κάμψη (°)	17,0±0,1	19,8±0,1 ^{a,d}	19,8±0,1 ^{a,d}	17,5±0,2 ^a
Ανάσπαση έξω χείλους (°)	11,4±0,3	14,7±0,6 ^{a,d}	15,2±0,2 ^{a,d}	12,1±0,1
Έκταση 1 ^{ης} ΜΤΦ (°)	35,6±0,4	40,3±0,6 ^{a,d}	40,0±0,2 ^{a,d}	35,2±0,5

p<0.05: ^aΟμάδα Α, ^bΟμάδα Β, ^cΟμάδα Γ, ^dΟμάδα Δ

Στην παρούσα μελέτη η ομάδα που εφάρμοσε την τεχνική της σύσπασης - χαλάρωσης - διάτασης αύξησε σημαντικά το εύρος κίνησης σε όλες τις αρθρώσεις (ραχιαία κάμψη, ανάσπαση του έξω χείλους και έκταση της 1ης μεταταρσιοφαλαγγικής, καθώς και η ομάδα κράτημα - χαλάρωση Διάταση σε σχέση με την ομάδα της ρυθμικής σταθεροποίησης και ελέγχου. Η τεχνική αυτή (ΣΧΔ) βασίζεται στην αυτογενή αναστολή (αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό) της συσπώμενης μυϊκής ομάδας μέσω της δραστηριότητας των οργάνων Golgi. Αυτή η αναστολή παραμένει και κατά τη διάταση που ακολουθεί. Παράλληλα η ισομετρική σύσπαση - χαλάρωση προκαλεί αύξηση της τάσης των οργάνων Golgi και ελαττώνει τη νευρική δραστηριότητα στο διαινεμένο μυ. Είναι πιθανό η ισομετρική συστολή, που ακολουθείται από ενεργητική χαλάρωση, να αναστέλλει τη δράση των α-κινητικών νευρώνων στο μυ με αποτέλεσμα την παραπέρα χαλάρωση και επιμήκυνση των μυών. Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με άλλες έρευνες που αναφέρουν ότι η τεχνική αυτή αποδείχτηκε καλύτερη από τη δυναμική και τη μερική παθητική διάταση στη βελτίωση του εύρους κίνησης (Markos 1979; Prentice 1983; Moore & Hutton 1980). Μια δεδομένη διευκόλυνση της ενέργειας των ανταγωνιστών μετά από εκούσια σύσπαση των πρω-

ταγωνιστών, φαίνεται να λειτουργεί ανεξάρτητα από το κεντρικό νευρικό σύστημα (Knutsson & Martensson 1980). Στη μελέτη αυτή, οι συνθήκες σύσπασης-χαλάρωσης δεν εμποδίζουν την κίνηση των τενόντων για την πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής άρθρωσης και στην πραγματικότητα συντελούν στην αύξηση της κίνησης των ανταγωνιστών κατά τη διάρκεια της διάτασης. Επίσης αξιολογήθηκε και η ικανότητα ισορροπίας στην ποδοκνημική άρθρωση, ενώ σε όλα τα άτομα που εξετάστηκαν τα καλύτερα αποτελέσματα πέτυχε η ομάδα που ακολούθησε ένα πρόγραμμα εναλλακτικών ισομετρικών συσπάσεων πρωταγωνιστών-ανταγωνιστών ενάντια σε αντίσταση έναντι των άλλων ομάδων που ακολούθησαν ένα πρόγραμμα ισομετρικής άσκησης με αντίσταση που ακολουθείται από χαλάρωση ή ένα πρόγραμμα ισοτονικής άσκησης με αντίσταση των περιορισμένων μυών που ακολουθείται από χαλάρωση. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι η μέγιστη ισομετρική σύσπαση επιστρατεύει μεγαλύτερο αριθμό κινητικών μονάδων και επιτυγχάνει τη μέγιστη δράση των μυών. Ο αυξημένος συγχρονισμός της πυροδότησης των κινητικών μονάδων που παρουσιάζεται με την ισομετρική άσκηση είναι ένας άλλος παράγοντας που αυξάνει την παραγωγή δύναμης από ένα μυ κατά την άσκηση. Οι δύο αυτοί παράγοντες, η ενεργοποίη-

ση κινητικών μονάδων και η αύξηση του ρυθμού πυροδότησής τους, παράγουν ένα συνεχές, εκούσιας παραγωγής δύναμης, έργο στο μυ που φέρει καλύτερα αποτελέσματα στη σταθερότητα της άρθρωσης. Φαίνεται ότι η εφαρμογή ισομετρικής σύσπασης συγχρόνως σε πρωταγωνιστές και ανταγωνιστές μυς που ενεργούν στην άρθρωση επιτυγχάνει καλύτερη και αποτελεσματικότερη σταθεροποίηση στην άρθρωση.

Στην παρούσα μελέτη επίσης παρατηρήθηκε σημαντική ομαδική αλληλεπίδραση, προτείνοντας την κύρια επίδραση ΣΧΔ>ΚΧΔ>ΡΣ στην αρθρική κινητικότητα. Είναι πιθανό οι δύο τεχνικές (ΣΧΔ) και (ΚΧΔ) να έχουν την ικανότητα να ξεπεράσουν την ανταγωνιστική δράση που παράγεται κατά τη διάρκεια εφαρμογής της άσκησης, και διαδοχικά να παρουσιάσουν μεγαλύτερη αύξηση στο εύρος κίνησης της άρθρωσης. Η βελτίωση του εύρους κίνησης είναι πιθανό να οφείλεται σε νευροφυσιολογικούς παράγοντες, όπως προσαρμογές των περιφερικών μηχανισμών και των αισθητηριακών υποδοχέων του μυός. Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου PNF, όσον αφορά στην επιμήκυνση των ιστών μπορεί κύρια να οφείλεται στον έλεγχο του μυοτατικού αντανακλαστικού. Η ισομετρική σύσπαση που ακολουθείται από ενεργητική χαλάρωση είναι πιθανό να αναστέλλει τη δράση των α-κινητικών νευρώνων με αποτέλεσμα περαιτέρω χαλάρωση και επιμήκυνση. Ως προς την ικανότητα του σώματος στη διατήρηση της ισορροπίας, η κύρια επίδραση επιβεβαίωσε τη σχέση ΡΣ>ΚΧ>ΣΧ. Φαίνεται ότι οι εναλλακτικές μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις συναγωνιστών και ανταγωνιστών, χωρίς να απαιτείται χαλάρωση καθώς και οι ισομετρικές συσπάσεις με αντίσταση που ακολουθούνται από χαλάρωση αποτελούν ικανότατο ερέθισμα για την επίτευξη σταθερότητας της άρθρωσης σε σχέση με την ομάδα που ακολούθησε ένα πρόγραμμα ισοτονικών συσπάσεων με αντίσταση που ακολουθούνται από χαλάρωση.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η εφαρμογή διαφόρων τεχνικών της μεθόδου PNF παρουσιάζουν ποικίλα αποτελέσματα στην αρθρική κινητικότητα και στην ισορροπία. Φαίνεται ότι η εφαρμογή ενός προγράμματος ι-

σομετρικής άσκησης που ακολουθείται από χαλάρωση και ένα πρόγραμμα ισοτονικής άσκησης με αντίσταση των μυών που ακολουθείται από χαλάρωση αποτελούν ένα ικανό ερέθισμα για την αύξηση του εύρους κίνησης. Παράλληλα ένα πρόγραμμα εναλλακτικών μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων πρωταγωνιστών-ανταγωνιστών φαίνεται ότι αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στην αύξηση του χρόνου ισορροπίας σε αθλητές με πελματιαία απονεύρωση.

Abstract

Results of three different PNF stretch techniques in athletes with plantar fasciitis

N. Kofotolis, K. Kotoglou, V. Makris,
Th. Metaxas, K. Mandroukas, G. Kapetanios.

The objective of the following prospective study is to establish a relation among active stretching reflex production (PNF), in the view of relieving symptoms referred to plantar fasciitis. The Sample to be studied was a group of sixteen athletes participating in different sports (soccer or European football players n=6, classical terrain athletes n=6, volley ball players n=1, Ping-Pong players n=1) experiencing symptoms of plantar fasciitis, who were followed-up for the last four-year period. According to our study protocol, athletes were divided into four treatment groups: hold relax (H-R) n=4 (an isometric exercises under resistance program was performed and followed by relaxation), contact-relax (C-R) n=4 (an alternating isotonic contraction under resistance exercises program was performed, rhythmic stabilization (R-S) n=4 (an alternating isotonic contraction exercises program without relaxation at the end was performed and control group (C). In the exercising protocol a set of five repetitive sessions of each of the above was included three times a day-five days a week for four weeks. The results in the specified groups were evaluated in the stance phase and in the toe-off gait phase, in the eversion of the lateral aspect of the foot and in active extension of the first metatarsophalangeal joint before and after the rehabilitation program. Judging from the results of measurements,

it was postulated that in patients of the experimental groups a statistically significant difference ($p < 0.05$) has been noticed in comparison to control group. The stance ability of the fourth group patients showed its greatest improvement (40,21%) in comparison to the other experimental groups. But in motion tests that are the toe-off phase and equilibrium a certain advantage of members of the contract-relax group was noticed with statistical significance. In conclusion, an active stretching exercises program PNF may produce significant improvement in the stance and toe-off phases of gait in athletes with plantar fasciitis.

Key-words: *proprioceptive neuromuscular facilitation, plantar fasciitis.*

Βιβλιογραφία

1. **Burke DA:** Comparison of manual and machine assisted proprioceptive neuromuscular facilitation. Flexibility techniques. Microform Publications, Int'l Inst. For sport & Human Performance, University of Oregon, 1996.
2. **Caseli MA, Longobardi SJ:** Lower extremity injuries at the New York City Marathon. J Am Podiatr Med Assoc 1997, 87-1: 34-7.
3. **Chandler TJ:** A biomechanical approach to the prevention, treatment and rehabilitation of plantar fasciitis. Sports Med 1993, 15-5: 344-52.
4. **Cornelius WL, Hands MR:** The effects of a warm-up on acute hip joint flexibility using a modified PNF stretching technique. J Athl Train 1992, 27-2: 112-4.
5. **Ferber R, Cravelle D, Osterning L:** Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretch techniques on trained and untrained older adults. J of Aging and Phys Activ 2002, 10: 132-42.
6. **Gudeman SD, Eisele SA, Heidt RS, Colosimo AJ, Stroupe AL:** Treatment of plantar fasciitis by iontophoresis of 0.4% dexamethasone. A randomized, double blind, placebo-controlled study. Am J Sports Med 1997, 25-3: 312-6.
7. **Howell D:** Therapeutic Exercises. In Physical Therapy of the Foot and Ankle (2ed) Hunt, G., McPoil, T. New York, Churchill Livingstone, 1995.
8. **Kaikkonen A, Kannus P, Jaervinen M:** A performance test protocol and scoring scale for the evaluation of ankle injuries. Am J Sports Med 1994, 22: 462-9.
9. **Kaikkonen A, Kannus P, Jaervinen M:** Surgery versus functional treatment in ankle ligament tears. A prospective study. Clin Orthop Re Re 1996, 326: 194-202.
10. **Kibler WB, Goldberg C, Chandler TJ:** Functional biomechanical deficits in running athletes with plantar fasciitis. Am J Sports Med 1991, 19-1: 66-71.
11. **Knutsson E, Martensson A:** Dynamic motor capacity in spastic paresis and its relation to prime mover dysfunction, spastic reflexes and antagonist co-activation. Scand J Rehab Med 1980, 12-3: 93-106.
12. **Kofotolis N, Vrabas I, Kalogeropoulou E, Papadopoulos C, Sambanis M, Kalogeros I:** Proprioceptive Neuromuscular Facilitation versus isokinetic training for strength endurance and jumping performance. J Hum Mov Stud 2002, 42: 155-165.
13. **Kofotolis N, Vrabas I, Vamvakoudis E, Papanikolaou A, Mandroukas K:** Proprioceptive neuromuscular facilitation training induced alterations in muscle fibre type and cross sectional area. Brit J of Sports Med 2005, 39-3: e 11.
14. **Kowng PK, Kay D, Voner RT, White MW:** Plantar fasciitis. Mechanisms and pathomechanics of treatment. Clin Sports Med 1988, 7: 119-126.
15. **Lapidus PW, Guidotti FP:** Painful Heel: Report of 323 patients with 364 painful heels. Clin Orthop Re Re 1965, 39:178.
16. **Lucas RS, Koslow R:** Comparative study of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching technique on flexibility. Percept Motor Skills 1984, 58: 615-8.
17. **Lustig SA, Ball TE, Tooney M:** A comparison of two proprioceptive neuromuscular fa-

- cilitation techniques for improving range of motion and muscular strength. *Isok exerc sci* 1992, 2-4: 154-9.
18. **Markos PD:** Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on hip motion and electromyographic activity. *Phys Therapy* 1979, 59: 1366-73.
 19. **Massara G, Scoppa F:** Proprioceptive muscle stretching. *J Inter Council Health - Phys Edu, Recreation Sport and Dance* 1995, 31-2: 38-43.
 20. **Moore MA, Hutton R:** Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc* 1980, 12: 322.
 21. **Nelson AG, Chambers RS, Mc Gown CM, Penrose KW:** Proprioceptive neuromuscular facilitation versus weight training for enhancement of muscular strength and athletic performance. *J Ortho Sports Phys Therapy* 1986, 7: 250-3.
 22. **Nunn NR, Dyas JW, Dodd IP:** Repetitive strain injury to the foot in elite women kendo. *Brit J Sports Med* 1997, 31-1: 68-9.
 23. **Oloff LM, Schulhofer SD:** Flexor hallucis longus dysfunction. *J Foot Ankle Surg* 1998, 37-3: 260.
 24. **Osterning LR, Robbertsn RN, Troxel RK, Hansen P:** Diverential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques. *Med Sci Sports Exerc* 1990, 22: 106-11.
 25. **Pfeiffer GB:** Plantar heel pain. In: Baxter D.E., ed. *The Foot and Ankle in Sport*, St Louis: Mosby, 1995.
 26. **Prentice W:** A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athletic Training* 1983, 18: 56-9.
 27. **Reid DC:** Sport injury assessment and rehabilitation. Churchill Livingstone, New York, 1992.
 28. **Sady SP, Wortnam M, Blanke D:** Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Arch Phys Med Rehabil* 1982, 63: 261-3.
 29. **Shepsis AA, Leach RE, Gorzyca J:** Plantar fasciitis. Etiology, treatment, surgical results, and review of the literature. *Clin Orthop Re Re* 1991, 266: 185-96.
 30. **Snook GA, Chrisman OD:** The management of subcalcaneal pain. *Clin Ortho and Related Re* 1972, 82: 163-8.
 31. **Sundquist RD:** The comparative effectiveness of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation is stretching techniques in increasing hip Flexion range of motion. Microform Publications, Int'l inst. for sport & human performance, University of Oregon, 1996.
 32. **Sullivan MK, DeJulia JJ, Worrell TW:** Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Med Sci Sports and Exerc* 1992, 24-12: 1383-9.
 33. **Swinnen S, Van Assche E:** Technieken van lenigheidstraining (Techniques of flexibility training) 1988.

