



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗΣ & ΧΟΡΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΗΣ ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΗΣ
ΔΙΕΥΚΟΛΥΝΣΗΣ»**

Πίτσιλλος Αντώνης

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Αναστασία Δόντη

ΙΟΥΛΙΟΣ 2022

© Copyright
Πίτσιλλος Αντώνης
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν την έναρξη της παρουσίασης του θέματος της εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κ. Αναστασία Δόντη. Μέσα σε μια πολύ παράξενη περίοδο που όλοι βιώσαμε, η υπομονή και επιμονή που επέδειξε αλλά και ο τρόπος με τον οποίο με καθοδήγησε δίνοντας μου συνεχώς κίνητρο να συνεχίσω με βοήθησε να πιστέψω στον εαυτό μου.

Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλους τους καθηγητές μου για την εκπαίδευση και την γνώση που μου πρόσφεραν κατά την φοίτηση μου στην σχολή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους ήταν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια και με στήριξαν με όποιο τρόπο μπορούσαν ώστε να πραγματοποιήσω τα όνειρα μου.

ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΗΣ ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΗΣ ΔΙΕΥΚΟΛΥΝΣΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η μελέτη και η συγκέντρωση της βιβλιογραφίας σχετικά με τους μηχανισμούς και τον τρόπο εφαρμογής των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης καθώς και η μελέτη της επίδρασής τους στην αθλητική απόδοση. Αρχικά, μέσα από την ανάλυση της βιβλιογραφίας προσδιορίστηκαν οι βασικές τεχνικές διάτασης ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, της τεχνικής σύσπασης-χαλάρωσης (Contract-Relax, CR) και της τεχνικής σύσπασης-χαλάρωσης-σύσπασης ανταγωνιστή (Contract Relax Antagonist Contract; CRAC). Στη συνέχεια, εξετάστηκαν οι τέσσερις θεωρητικοί μηχανισμοί (αυτογενούς αναστολής, αμοιβαίας αναστολής, τάσης [σύσπασης] – χαλάρωσης και θεωρίας της πύλης ελέγχου του πόνου), στους οποίους βασίζεται η δράση τους. Επιπλέον, μελετήθηκε η επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης σε παραμέτρους απόδοσης. Συμπερασματικά φαίνεται ότι η άμεση επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης είναι παροδική και χαρακτηρίζεται ως αρνητική για την μυϊκή απόδοση, ειδικά όταν η εφαρμογή τους προηγείται δραστηριοτήτων δύναμης. Αντικρουόμενα συμπεράσματα προκύπτουν για την άμεση επίδραση τους στην παραγωγή ισχύος. Από την άλλη, η χρόνια και συστηματική εφαρμογή των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης φαίνεται να έχει ξεκάθαρα ευεργετικά αποτελέσματα στους παράγοντες απόδοσης. Φαίνεται, ωστόσο, ότι το θέμα των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης χρίζει περαιτέρω διερεύνησης και μελέτης, για να κατανοηθεί όσο το δυνατό περισσότερο η λειτουργία τους και να καθοριστεί με ακριβέστερο τρόπο η εφαρμογή τους.

Λέξεις κλειδιά: ευλυγισία (flexibility), διατάσεις (stretching), διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF), στατικές διατάσεις (static stretching), δυναμικές διατάσεις (dynamic stretching), βαλλιστικές διατάσεις (ballistic stretching), κινητικότητα (mobility), εύρος κίνησης (range of motion, ROM), σύσπαση-χαλάρωση (contract-relax), αυτογενής αναστολή (autogenic inhibition), αμοιβαία αναστολή (reciprocal inhibition).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	i
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	ii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	iii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	iv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1. Ορισμός και διατύπωση προβλήματος.....	5
1.2. Σημασία της έρευνας.....	6
1.3. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας.....	7
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	8
2.1. Ευλυγισία.....	8
2.2. Ορισμός και είδη διατάσεων.....	9
2.3. Φυσιολογική βάση των διατάσεων.....	16
2.3.1. Μηχανικοί παράγοντες.....	16
2.3.2. Νευροφυσιολογικοί παράγοντες.....	17
2.4. Διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης.....	19
2.4.1. Βασικές τεχνικές διάτασης ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης.....	20
2.5. Θεωρητικοί μηχανισμοί διάτασεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης... ..	22
2.5.1. Αυτογενής αναστολή.....	22
2.5.2. Αμοιβαία αναστολή.....	24
2.5.3. Τάση (Σύσπαση)-χαλάρωση.....	25
2.5.4. Η θεωρία της πύλης ελέγχου του πόνου.....	26
2.6. Επίδραση διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στη μυϊκή απόδοση.....	27
2.7. Επίδραση των διατάσεων νευρομυϊκής διευκόλυνσης στο εύρος κίνησης.....	32
III. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	36
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	39

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Μυοτατικό Αντανακλαστικό.....	18
Εικόνα 2.2: Αντίστροφο Μυοτατικό Αντανακλαστικό.....	18
Εικόνα 2.3: Ο μηχανισμός με τον οποίο η αυτογενής αναστολή φέρεται να συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης.....	23
Εικόνα 2.4: Ο μηχανισμός με τον οποίο η αμοιβαία αναστολή θεωρείται ότι συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα της ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης.....	24

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Βασικές Τεχνικές PNF.....	21
--	----

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ορισμός και διατύπωση προβλήματος

Ως ευλυγισία ορίζεται η εγγενής ιδιότητα των ιστών του σώματος, η οποία καθορίζει το εύρος κίνησης που επιτυγχάνεται σε μια άρθρωση ή ομάδα αρθρώσεων, χωρίς την πρόκληση τραυματισμού (Holt, Holt, & Pelham, 1996). Αποτελεί σημαντική παράμετρο για κινήσεις καθημερινότητας αλλά και για την απόδοση των αθλητών στα διάφορα αγωνίσματα (Burke et al., 2000).

Το μέσο για την προπόνηση της ευλυγισίας, είναι οι διατάσεις, οι οποίες βελτιώνουν το εύρος κίνησης των αρθρώσεων, μέσω της επιμήκυνσης των ιστών (American College of sports medicine, 2000). Οι διατάσεις χωρίζονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: α) στατικές, β) δυναμικές, γ) βαλλιστικές και δ) ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης. Αμφιλεγόμενο θέμα αποτελεί ποια από τις τέσσερις κατηγορίες διατάσεων θεωρείται ως η αποτελεσματικότερη μέθοδος αύξησης της ευλυγισίας (Gambetta, 1997, Wilmore & Costil, 1994). Κάποιες μελέτες καταδεικνύουν τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης ως το είδος διάτασης που επιφέρει μεγαλύτερα κέρδη στο εύρος κίνησης (Simonsen, Aagaard, Dyhre-Poulsen et al., 1996). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την συγκεκριμένη μέθοδο επιτυγχάνεται μεγαλύτερη διάταση του μυός μετά της ισομετρικής σύσπασης των αγωνιστών ή ανταγωνιστών μυών (Hillebrecht et al., 2007). Υπάρχουν, σε γενικές γραμμές δύο τεχνικές διάτασης ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης. Όταν σε συνδυασμό με την στατική διάταση πραγματοποιείται ισομετρική σύσπαση μόνο από τον αγωνιστή μυ της κίνησης προκύπτει η τεχνική «σύσπασης χαλάρωσης» (Contract-Relax; CR), ενώ αν στο τέλος προστεθεί και ισομετρική σύσπαση του ανταγωνιστή μυός αναφερόμαστε στην τεχνική «σύσπαση – χαλάρωση – σύσπαση ανταγωνιστή μυός» (Contract-Relax Antagonist Contract; CRAC) (Hindle, et al., 2012).

Πέρα από την επίδραση τους στο εύρος κίνησης οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης φαίνεται να επηρεάζουν τη μυϊκή λειτουργία ανάλογα με την χρονική εφαρμογή τους (Mikolajec, et al., 2012). Επίσης, η εφαρμογή των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης σχετίζεται με τη βελτίωση της παραγωγής ισχύος και γενικότερα της αθλητικής απόδοσης (Funk et al., 2003).

Παρα το γεγονός ότι οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης έχουν σημαντικά οφέλη στην ευλυγισία και σε διάφορους παραμέτρους απόδοσης, δεν υπάρχει αρκετή μελέτη γύρω από τον τρόπο λειτουργίας τους. Λόγω του ότι η μέθοδος αυτή εμπεριέχει αρκετά πιο σύνθετους μηχανισμούς από τις υπόλοιπες μεθόδους είναι σημαντική η περεταίρω διερεύνηση της ώστε να αναλυθεί η εφαρμογή της. Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η μελέτη και η συγκέντρωση της βιβλιογραφίας σχετικά με τους μηχανισμούς και τον τρόπο εφαρμογής των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης καθώς και η μελέτη της επίδρασής τους στην αθλητική απόδοση. Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων: Google scholar και PubMed. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν στην αναζήτηση ήταν: ευλυγισία (flexibility), διατάσεις (stretching), διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF), στατικές διατάσεις (static stretching), δυναμικές διατάσεις (dynamic stretching), βαλλιστικές διατάσεις (ballistic stretching), κινητικότητα (mobility), εύρος κίνησης (range of motion,ROM), σύσπαση-χαλάρωση (contract-relax), αυτογενής αναστολή (autogenic inhibition), αμοιβαία αναστολή (reciprocal inhibition). Μελετήθηκε βιβλιογραφία που έχει δημοσιευθεί κατά την περίοδο 1980 έως 2020.

1.2. Σημασία της έρευνας

Η σημασία της εργασίας έγκειται στη διερεύνηση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, τους μηχανισμούς και τον τρόπο εφαρμογής των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης καθώς και την επίδραση τους στην γενική φυσική κατάσταση και την αθλητική απόδοση. Η διερεύνηση αυτή γίνεται με στόχο να αναλυθούν τα οφέλη των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης. Είναι αλήθεια ότι η συγκεκριμένη μέθοδος διατάσεων δεν χρησιμοποιείται συχνά αφού θεωρείται γενικά χρονοβόρα και σύνθετη. Ωστόσο, μέσα από την ανασκόπηση γίνεται κατανοητό, ότι οι διατάσεις αυτές αποτελούν ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για όσους ασχολούνται με τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης τόσο σε αθλητές όσο και σε γενικό πληθυσμό. Έτσι, αρχικά δίνονται γενικές πληροφορίες για τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης και στη συνέχεια, πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στις βασικές τεχνικές διατάσεων και στους τέσσερις θεωρητικούς μηχανισμούς τους. Τέλος, η εργασία

παρουσιάζει συνοπτικά τα πορίσματα ερευνών κατά τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι διατάξεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης και εξετάστηκε η επίδραση τους στο εύρος κίνησης και στην απόδοση.

1.3. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς, όπως το ότι έχει ανακτήσει πληροφορίες από διεθνή βιβλιογραφία σε αγγλική γλώσσα και λιγότερο από ελληνικές μελέτες και βιβλία. Τα κριτήρια επιλογής των ερευνών επικεντρώνονταν στη χρήση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης σε προγράμματα προπόνησης και εκγύμνασης κυρίως και όχι αποκατάστασης συνεπώς τα αποτελέσματα αφορούν υγιή πληθυσμό και αθλητές.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Ευλυγισία

Ο όρος ευλυγισία αναφέρεται στο μέγιστο εύρος κίνησης το οποίο μετράτε σε μία άρθρωση ή ομάδα αρθρώσεων (Pate, Oria, & Pillsbury, 2012). Ο Alter (2004), την περιγράφει ως την ικανότητα κίνησης σε ένα μεγάλο εύρος κίνησης, χωρίς τραυματισμό ή πόνο. Ως εγγενές χαρακτηριστικό του ανθρώπινου σώματος, βασίζεται σε πολλούς παράγοντες, κινητικούς, σωματικούς και γενετικούς και θεωρείται απαραίτητο συστατικό στοιχείο της φυσικής κατάστασης (Alter, 2004; American College of Sports Medicine, 1998).

Μια ιδιαιτερότητα της ευλυγισίας, ως φυσική ικανότητα, είναι ότι είναι εξειδικευμένη για κάθε άρθρωση του ανθρώπινου σώματος και δεν γενικεύεται (Pate, Oria, & Pillsbury, 2012). Για παράδειγμα, πολλά άτομα μπορεί να έχουν αυξημένο εύρος κίνησης στην άρθρωση του ισχίου αλλά περιορισμένο στην άρθρωση του ώμου ή και το αντίστροφο (Pate, Oria, & Pillsbury, 2012). Διέπτετε από κληρονομικά χαρακτηριστικά και επηρεάζεται από παράγοντες οι οποίοι δεν διαφοροποιούνται πολύ μέσω της προπόνησης όπως η δομή των αρθρώσεων, η ηλικία και το φύλο, το βάρος και το ύψος των ασκούμενων (Alter, 2004; Haff, 2006).

Η ικανότητα ευλυγισίας ελέγχεται κατά 85% από τους συνδέσμους, καθώς και από τις αρθρικές επιφάνειες των οστών και των χόνδρων (Koutedakis & Sharp, 2004). Αντίθετα, παράγοντες οι οποίοι αφορούν τη διαδικασία της προπόνησης και μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ευλυγισία είναι το υψηλό επίπεδο δυσκολίας της προπόνησης, το είδος, π.χ η προπόνηση με αντιστάσεις σε περιορισμένο εύρος κίνησης, καθώς και το είδος των διατάσεων που χρησιμοποιούνται (Jeffreys, 2008; Thomas & Roger, 2000). Λόγω ανατομικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών, οι γυναίκες είναι γενικά πιο ευλύγιστες συγκριτικά με τους άντρες, ενώ βέλτιστη ηλικία για την ανάπτυξη της ευλυγισίας αναφέρεται η ηλικία από 6 έως 11 χρονών (Alter, 2004; Joyce & Lewindon, 2014). Σε κάποιες, αρκετά διαδεδομένες στα παιδιά δραστηριότητες, όπως ο χορός και τα αθλήματα γυμναστικής, η συστηματική προπόνηση για τη βελτίωση της ευλυγισίας τους αρχίζει από πολύ νεαρή ηλικία (Sands & McNeal, 2013; Sands et al., 2016). Αντιστρόφως ανάλογη σχέση φαίνεται να έχει η ευλυγισία με την ηλικία, με το μέγεθος της βελτίωσης να μην

είναι ίδιο σε κάθε ηλικιακή ομάδα ασκούμενων. Σημαντικές παρατηρήσεις αποτελούν οι εξής: α) σε άτομα που παραμένουν αθλητικά ενεργά, η μείωση της ευλυγισίας είναι μικρότερη με το πέρασ του χρόνου και β) άτομα με αργοπορημένη ηλικιακά εφαρμογή προγραμμάτων βελτίωσης ευλυγισίας παρουσιάζουν μειωμένες πιθανότητες επίτευξης του μέγιστου βαθμού βελτίωσης (Alter, 2004).

Η ευλυγισία αποτελεί σημαντική φυσική παράμετρο τόσο για την απόδοση στον αθλητισμό όσο και για απλές καθημερινές φυσικές δραστηριότητες, αφού σχετίζεται άμεσα με τη βελτίωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων, η οποία μειώνει τον κίνδυνο τραυματισμού και έχει θετική επίδραση στην αθλητική απόδοση (Burke et al., 2000; Hemmerich et al., 2006; Knudson, 2006). Για παράδειγμα, συχνό φαινόμενο είναι η βράχυνση των οπίσθιων μηριαίων μυών, που οφείλεται στην «καθιστική ζωή» των ατόμων της σημερινής κοινωνίας, π.χ. μαθητές στο σχολείο, εργαζόμενοι σε γραφεία, γενική απουσία συμμετοχής σε φυσικές δραστηριότητες (Alter, 2004; Feldman et al., 1999).

2.2. Ορισμός και είδη διατάσεων

Οι διατάσεις είναι ένα διαδεδομένο μέσο προθέρμανσης και προπόνησης ευλυγισίας οι οποίες ως σύνολο χειρισμών στοχεύουν στην αύξηση της διατασιμότητας των μυών, των τενόντων και των συνδέσμων, με απώτερο σκοπό τη βελτίωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων (Alter, 2004; American College of Sports Medicine, 2000). Δεν πρέπει να συγχέονται ωστόσο με τις ασκήσεις **κινητικότητας**, αφού κατά τις διατάσεις επιμηκύνονται οι μαλακοί μυϊκοί ιστοί πέρα από το διαθέσιμο τους μήκος, ενώ οι ασκήσεις κινητικότητας γίνονται μέσα στα όρια του διαθέσιμου μήκους των μυών (Kisner & Colby, 2002). Έρευνες αναφέρουν ότι οι διατάσεις και η βελτίωση του εύρους κίνησης ωφελούν την καθημερινότητα των ανθρώπων ως εξής: α) βελτιώνουν τη στάση του σώματος, η οποία σχετίζεται με τη βράχυνση των μυών, β) οδηγούν σε μείωση ή και εξάλειψη του μυϊκού πόνου, γ) βελτιώνουν την ποιότητα του ύπνου (Alter, 2004; Laughlin, 2000).

Οι διατάσεις αποτελούν σημαντικό κομμάτι ενός προγράμματος φυσικής κατάστασης, με τη χρήση τους να ποικίλλει όσον αφορά τη μέθοδο, τη διάρκεια, την ένταση και τη συχνότητα που χρησιμοποιούνται, ενώ κυρίως συμπεριλαμβάνονται στο κομμάτι της προθέρμανσης και της αποθεραπείας (Feland., Myrer, & Merrill, 2001). Κατά την

προθέρμανση, οι διατάσεις μπορούν να εκτελεστούν είτε μεμονωμένα, είτε όπως πιο συχνά συνηθίζεται σε συνδυασμό με άλλες προπαρασκευαστικές ασκήσεις (Smith, 1994).

Ένα από τα θετικά αποτελέσματα των διατάσεων αποτελεί η αύξηση της διατασιμότητας του μυοτενόντιου συνόλου. Παράλληλα με τη διατασιμότητα, υποστηρίζεται ότι αυξάνεται και η ικανότητα αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας στον μυ, η οποία είναι άκρως σημαντική για την απόδοση σε κινήσεις που περιλαμβάνουν τον κύκλο «διάτασης-βράχυνσης» (Wilson, Elliott, & Wood, 1992). Οι διατάσεις αποτελούν επίσης μέρος ενός προγράμματος αποφυγής τραυματισμού, καθώς η αυξημένη διατασιμότητα, επιτρέπει στο μυοτενόντιο σύνολο να απορροφά μεγαλύτερα φορτία σε κινήσεις που εμπεριέχουν τον κύκλο «διάτασης-βράχυνσης» (Noonan et al., 1993).

Ως καθοριστικοί παράμετροι για την αύξηση του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης, έχουν αναγνωριστεί οι ακόλουθοι: η ένταση, η διάρκεια, και η συχνότητα του πρωτοκόλλου διάτασης καθώς και η θέση του σώματος κατά την εκτέλεση της διάτασης (Marschall, 1999; Wyon, Felton & Galloway, 2009). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά την εκτέλεση των διατάσεων, αφού τυχόν λανθασμένη εκτέλεσή τους μπορεί να έχει αρνητική επίδραση σε παραμέτρους υγείας, με αποτέλεσμα να προκαλούνται προβλήματα ορθοσωμίας και λανθασμένη θέση σώματος, να αυξάνεται ο κίνδυνος τραυματισμού καθώς και διάφοροι σωματικοί πόνοι (Κανάσονά, 2008; Pate, Oria, & Pillsbury, 2012).

Οι γνώσεις γύρω από το θέμα των διατάσεων και γενικότερα της ευλυγισίας είναι σχετικά περιορισμένες, ειδικότερα αν τις συγκρίνουμε με όσα γνωρίζουμε για τα πλεονεκτήματα που επιφέρει η βελτιστοποίηση της λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος, αλλά και του μυϊκού σε επίπεδο μυϊκής δύναμης (Alter, 2004). Επίσης, με μια σύντομη αναδρομή στη βιβλιογραφία μπορεί κάποιος να παρατηρήσει αμέσως ότι στη διερεύνηση του αντικειμένου των διατάσεων υπάρχουν αντικρουόμενα συμπεράσματα και πολύ συχνά παρερμηνείες (Witvrouw et al., 2004).

Οι μυϊκές διατάσεις μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες (Alter, 2004; Haff, 2006; Page, 2012):

1. Στατικές διατάσεις, οι οποίες αποτελούν τον πιο διαδεδομένο τρόπο διάτασης για τη βελτίωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων. Επίσης, αποτελούν τη βάση στην οποία στηρίζονται οι υπόλοιπες τεχνικές διάτασης, γεγονός που οφείλεται στην ευκολία εκτέλεσης τους καθώς και στη μειωμένη πιθανότητα πρόκλησης τραυματισμού στους μύς

(Bandy, Irion, & Briggler, 1997; Behm & Chaouachi, 2011; McHugh & Cosgrave, 2010; Young & Behm, 2002).

Κατά τις στατικές διατάσεις, η θέση διάτασης διατηρείται σταθερή για ένα διάστημα που συνήθως κυμαίνεται από 10 έως 30 δευτερόλεπτα (Alter, 2004; Young & Behm, 2002). Το American College of Sports Medicine (1998) συνιστά 2-4 επαναλήψεις με συνδυαζόμενη διάρκεια 60 sec ανά διάταση, όταν σκοπός είναι η βελτίωση της ευλυγισίας. Η αργή ελεγχόμενη κίνηση με την οποία εκτελούνται οι στατικές διατάσεις απενεργοποιεί το μυοστατικό αντανακλαστικό και επιτρέπει τη χαλάρωση του μυός και ταυτόχρονα την περαιτέρω επιμήκυνση του (Smith, 1994). Ακόμα, σύμφωνα με τον Konrad και τους συνεργάτες του (2017), η διάρκεια της διάτασης, κατά τις στατικές διατάσεις, έχει θετική συσχέτιση με το μέγεθος βελτίωσης του εύρους κίνησης. Στο πλαίσιο μιας συστηματικής προπόνησης ευλυγισίας, συνιστάται η χρήση των στατικών διατάσεων να προηγείται ή να ακολουθεί μια τυπική προπόνηση ή να αποτελεί μια προγραμματισμένη ανεξάρτητη προπόνηση ευλυγισίας (Haff, 2006; Magnusson et al., 1996).

Οι στατικές διατάσεις μπορεί να είναι ενεργητικές ή παθητικές (Fields, Burnworth, & Delaney, 2007; Page, 2012).

- Ενεργητικές ονομάζονται οι διατάσεις κατά τις οποίες η θέση διάτασης διατηρείται με την ενεργητική σύσπαση/ δύναμη των αγωνιστών μυών της κίνησης (π.χ. άρση του τεντωμένου σκέλους από τους καμπτήρες του ισχίου και διατήρηση της θέσης του σκέλους ψηλά, ώστε να διατείνονται οι εκτείνοντες, δηλαδή οι ισchioκνημιαίοι).
- Παθητικές ονομάζονται όταν η θέση διάτασης διατηρείται με εξωτερική «βοήθεια», δηλαδή με τη βαρύτητα ενός μέλους του ασκούμενου, με έναν μάντα ή ένα βοηθό.

Όταν οι στατικές διατάσεις αποτελούν μέρος ενός προγράμματος αποκατάστασης μετά από τραυματισμό, μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά το εύρος κίνησης μιας άρθρωσης, ενώ είναι πιθανόν να μειώσουν τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο που προκαλείται μετά από έντονη άσκηση, ειδικά όταν σε αυτή εμπεριέχονται έκκεντρες συσπάσεις (Clement, Taunton, & Smart, 1984; High, Howley, & Franks, 1989; Page, 2012).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, μετά από εκτενή μελέτη της επίδρασης των στατικών διατάσεων (κατά την προθέρμανση) σε διάφορες παραμέτρους απόδοσης και εξετάζοντας διαφορετικούς πληθυσμούς, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η εκτέλεση παρατεταμένων και

έντονων στατικών διατάσεων (> 60 s ανά μυϊκή ομάδα) δεν συνιστάται πριν από κάποιες δραστηριότητες, κυρίως μυϊκής δύναμης και ισχύος (Cornwell et al., 2001; Gleim & McHugh, 1997; Kay & Blazevich, 2012; Knudson, 1999; Simic, Sarabon, & Markovic, 2013; Young & Behm, 2002). Ο χρόνος διατήρησης της αρνητικής επίδρασης που προκαλείται στις διάφορες παραμέτρους μετά τη διάταση, έχει αποδειχθεί ότι είναι ανάλογος με τη διάρκεια της διάτασης (Power et al., 2004).

Υπάρχουν επίσης αρκετές έρευνες που αμφισβητούν τη σχέση μεταξύ της οξείας επίδρασης των στατικών διατάσεων και της πρόληψης τραυματισμών (Gleim & McHugh, 1997; Shellock & Prentice, 1985; Thacker et al., 2004; Witvrouw et al., 2004). Μάλιστα μια μελέτη του Cowan και των συνεργατών του (1988) αναφέρει αυξημένες πιθανότητες τραυματισμού σε άτομα με αυξημένη ευλυγισία σε σύγκριση με μέτριας ευλυγισίας άτομα ωστόσο, αυτό το θέμα παραμένει αμφιλεγόμενο και συνιστάται περαιτέρω διερεύνηση.

2. Δυναμικές διατάσεις, οι οποίες αφορούν κινήσεις που εκτελούνται σε ένα αυξανόμενο εύρος κίνησης, με τη μυϊκή δύναμη του ασκούμενου, χωρίς εξωτερική βοήθεια. Οι κινήσεις αυτές, οι οποίες εξαρτώνται από τη δύναμη των αγωνιστών και τη διατασιμότητα των ανταγωνιστών μυών, μπορεί να έχουν σταθερή ή αυξανόμενη ταχύτητα και επαναλαμβάνονται συνήθως για 10-12 φορές (Bandy, Irion, & Briggler, 1997). Αυτές οι ελεγχόμενες και ρυθμικές αιωρητικές κινήσεις, αποτελούν μέρος συγκεκριμένων λειτουργικών κινήσεων των αθλημάτων και των δραστηριοτήτων και έχουν ως στόχο να βελτιώσουν την αθλητική απόδοση μέσω νευρομυϊκής ενεργοποίησης (Irion & Briggler, 1997; Young & Behm, 2002). Ο ελεγχόμενος τρόπος με τον οποίο εκτελούνται εξασφαλίζει την ενεργή επίτευξη της τελικής θέσης της άρθρωσης μέσω της ενεργοποίησης των αγωνιστών μυών και της μυϊκής επιμήκυνσης χωρίς ο μυϊκός ιστός να υποβάλλεται σε υψηλή τάση (Freiwald, 2006; Grosser et al., 2008; Mahli, 2012).

Σε γενικές γραμμές οι δυναμικές διατάσεις, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, δεν θεωρούνται οι καταλληλότερες για τη μακροπρόθεσμη βελτίωση του εύρους κίνησης, για την οποία όμως ως πιο αποτελεσματική θεωρείται η μέθοδος των στατικών διατάσεων (Anderson, 1980; Freiwald, 2006; Wydra, 2006). Στο θέμα της προθέρμανσης όμως, οι δυναμικές διατάσεις προτιμώνται από τις στατικές, λόγω της ομοιότητας των δυναμικών διατάσεων με τις διάφορες κινήσεις τεχνικής που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της αθλητικής δραστηριότητας που ακολουθεί (Torres et al., 2008).

Σε σχετικά πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση ο Behm και οι συνεργάτες του (2015), συνέκριναν την επίδραση τριών διαφορετικών μεθόδων διάτασης (στατικές, δυναμικές και ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation ή PNF) σε τρεις διαφορετικές παραμέτρους: απόδοση, εύρος κίνησης, πρόληψη τραυματισμών). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι οι δυναμικές διατάσεις μπορεί να προκαλέσουν μείωση των τραυματισμών καθώς και αύξηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων, ενώ είναι πιθανόν να βελτιώσουν σε κάποιο βαθμό και την αθλητική απόδοση, ιδιαίτερα όταν η εκτέλεση τους προηγείται του αγώνα (Behm et al., 2015). Με αυτή την άποψη έρχεται να συμφωνήσει και ο Manoel με τους συνεργάτες του (2008), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση των ιδίων τριών μεθόδων διάτασης στην παραγωγή μυϊκής ισχύος δώδεκα γυναικών, με τα αποτελέσματα τους να καθιστούν τις δυναμικές διατάσεις ως τη μοναδική μέθοδο από τις τρεις που βελτίωσε τη μυϊκή ισχύ, με τις άλλες δυο μεόδους διάτασης να μην την επηρεάζουν σημαντικά.

3. Βαλλιστικές διατάσεις, οι οποίες διαφέρουν από τις δυναμικές, καθώς περιλαμβάνουν κινήσεις ταλάντευσης (αντί αιώρησης) οι οποίες εκμεταλλεύονται την ορμή του σώματος ή των μελών του, με στόχο την επιμήκυνση των μυών σε ακραίες θέσεις (Bandy, Irion, & Briggler, 1997; Haff, 2006; Page, 2012). Αυτές οι απότομες και γρήγορες κινήσεις επαναλαμβάνονται συνήθως για 10-20 φορές και η χρονική διάρκεια της φάσης διάτασης τους είναι μικρή (Fields, Burnworth, & Delaney, 2007).

Τα κυριότερα επακόλουθα της εκτέλεσης των διατάσεων αυτής της μεθόδου είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, η αυξημένη μετα-διεγερτική ενεργοποίηση, η μείωση της ανασταλτικής δράσης των ανταγωνιστών μυών της κίνησης και η βελτίωση του ενεργητικού εύρους κίνησης (Alter, 2004; Fletcher & Jones, 2004; Hough, Ross, & Howatson, 2009; Torres et al., 2008; Yamaguchi & Ishii, 2005). Ωστόσο, λόγω της γρήγορης παραγωγής ασταθούς τάσης, προκαλείται ενεργοποίηση του μυοτατικού αντανακλαστικού, με αποτέλεσμα να συσπάται ο υπό διάταση μυς και να υπάρχει αυξημένος βαθμός πρόκλησης τραυματισμού, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεθόδους, και ειδικά σε ασκούμενους ασυνήθιστους σε διάταση. Συνεπώς, είναι αναγκαία η προσεκτική εφαρμογή τους και ιδανικά υπό την επίβλεψη ειδικών (Bandy, Irion, & Briggler, 1997; Haff, 2006; Lane, 2006; Page 2012).

Η θετική επίδραση που μπορεί να έχει η εφαρμογή των βαλλιστικών διατάσεων στη βελτίωση τους εύρους κίνησης είναι πολύ μικρή σε σχέση με άλλες μεθόδους διάτασης όπως οι στατικές και οι διατάσεις PNF (Konrad et al., 2017; Wallin et al., 1985). Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι οι βαλλιστικές διατάσεις φαίνεται να μην έχουν ούτε αρνητική ούτε θετική επίδραση στην παραγωγή ισχύος και στη μέγιστη εκούσια ισομετρική σύσπαση και ότι μειώνουν σε κάποιο βαθμό τη μυϊκή σκληρότητα (Bradley, Olsen, & Portas, 2007; Konrad et al., 2017).

4. Διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation ή PNF), οι οποίες χρησιμοποιούν ένα σύστημα ενεργητικών και παθητικών διατάσεων σε συνδυασμό με ισομετρικές συσπάσεις των αγωνιστών ή ανταγωνιστών μυών, με στόχο να αξιοποιηθούν οι αντιδράσεις των ιδιοδεκτικών υποδοχέων των μυών και των τενόντων (όργανα Golgi και μυϊκή άτρακτος), για να επιτευχθεί μεγαλύτερη διάταση (Haff, 2006; Hillebrecht et al., 2007; Page, 2012). Για την εκτέλεση τους, κατά την οποία γίνεται συνδυασμός στατικής διάτασης και ισομετρικής ή μειομετρικής σύσπασης υπό μορφή διαδοχής, είναι αναγκαία η βοήθεια ειδικού, προπονητή ή έμπειρου συνασκούμενου (Fields, Burnworth, & Delaney 2007; Haff, 2006; Page, 2012).

Στη συγκεκριμένη μέθοδο διάτασης συναντώνται πιο συχνά δυο διαφορετικές τεχνικές: α) σύσπαση-χαλάρωση (Contract-Relax, CR) και β) σύσπαση-χαλάρωση-σύσπαση ανταγωνιστή μυ (Contract-Relax-Antagonist-Contract, CRAC) (Albrecht & Meyer, 2005; Freiwald, 2009; Hindle et al., 2012; Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Η πρώτη τεχνική (CR) περιλαμβάνει την ισομετρική σύσπαση (6-10 sec), του μυός που πρόκειται να διαταθεί, σε θέση μέγιστου εύρους κίνησης, η οποία ακολουθείται από μια φάση χαλάρωσης (2-3 sec) και αμέσως διάταση στο τελικό εύρος κίνησης. Η δεύτερη μέθοδος (CRAC) ακολουθεί τα ίδια βήματα με την πρώτη, με μοναδική διαφορά το ότι κατά τη διάρκεια χαλάρωσης του υπό διάταση μυός πραγματοποιείται ισομετρική σύσπαση του ανταγωνιστή μυ (Hindle et al., 2012).

Σύμφωνα με κάποιες μελέτες, παρατηρείται αρνητική επίδραση των στατικών και των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στην παραγωγή μυϊκής ισχύος, με τις δυναμικές από την άλλη να παρουσιάζουν θετική επίδραση στην παραγόμενη ισχύ και τις βαλλιστικές να μην επιδρούν σημαντικά (Bradley, Olsen, & Portas, 2007; Manoel et al., 2008; Marek et al., 2005). Πέραν των παραγόντων δύναμης και ισχύος, ο Behm και οι

συνεργάτες του (2001), με έρευνά τους έδειξαν ότι οι έντονες και παρατεταμένες στατικές διατάσεις επιδρούν αρνητικά και σε νευρομυϊκό επίπεδο, αφού επηρεάζουν την ισορροπία, τον χρόνο αντίδρασης και τον χρόνο εκτέλεσης της κίνησης. Η οξεία αρνητική επίδραση των διατάσεων (κυρίως των στατικών) σε παραμέτρους απόδοσης κατά την προθέρμανση, μπορεί να αντιστραφεί, εάν μετά την εκτέλεσή τους ακολουθήσουν ασκήσεις εξειδικευμένης για κάθε άθλημα μυϊκής ενεργοποίησης. Επίσης πολύ σημαντικό στοιχείο για το φαινόμενο της μείωσης της απόδοσης μετά από διάταση είναι το ότι πιο προπονημένοι αθλητές, οι οποίοι συμπεριλαμβάνουν συστηματικά τις διατάσεις στο πρόγραμμα προπόνησής τους, παρουσιάζουν μικρότερη μείωση σε παραμέτρους απόδοσης αμέσως μετά τη διάταση. (Donti, Tsolakis, & Bogdanis, 2014).

Από την άλλη μεριά, τα ευρήματα για την επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στην απόδοση είναι αντικρουόμενα. Αρκετές έρευνες υποστηρίζουν ότι είναι αποτελεσματικές στη διατήρηση και βελτίωση του εύρους κίνησης, στην αύξηση της μυϊκής δύναμης και ισχύος και στη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (Feland, Myrer, & Merrill, 2001; Prentice, 1983; Rubini, Costa, & Gomes, 2007), ενώ άλλες τονίζουν την αρνητική τους επίδραση στην απόδοση (Bradley, Olsen, & Portas, 2007; Church et al., 2001).

Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα των διαφόρων τεχνικών διάτασης, όλες οι τεχνικές φαίνεται να αυξάνουν την ευλυγισία, ενώ οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης αναφέρονται ως οι πιο ευεργετικές για την αύξηση του εύρους κίνησης (Etnyre & Abraham, 1986; Funk et al., 2003, Wallin et al., 1985). Αντίθετα, οι βαλλιστικές διατάσεις, λόγω της απότομης επιμήκυνσης, η οποία ενεργοποιεί το προστατευτικό αντανακλαστικό σύσπασης του μυ στόχου, θεωρούνται μη κατάλληλες για τη βελτίωση της ευλυγισίας (Wallin et al., 1985). Είναι γνωστό ότι η ανοχή στη διάταση αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη βελτίωση του εύρους κίνησης, ανεξαρτήτως της μεθόδου που επιστρατεύεται (Kay, Husbands-Beasley, & Blazeovich, 2015). Σε αθλήματα όπου το πολύ μεγάλο εύρος κίνησης είναι καθοριστικό στην επίδοση των αθλητών, όπως η ενόργανη και η ρυθμική γυμναστική, οι καταδύσεις, κ.ά., η χρήση στατικών διατάσεων κατά τη προθέρμανση είναι εξαιρετικά σημαντική για την προετοιμασία των αθλητών (Sands & McNeal, 2000).

Εκτός από τη χρήση τους ως κύριο μέσο προπόνησης για τη βελτίωση του εύρους κίνησης, οι διατάσεις αποτελούν σημαντικό κομμάτι της προθέρμανσης (Shellock & Prentice, 1985). Η προθέρμανση προηγείται της προπόνησης ή του αγώνα και αφορά τις ενέργειες εκείνες που προετοιμάζουν στο μέγιστο τον οργανισμό για τη δραστηριότητα που θα ακολουθήσει (Bishop, 2003). Σκοπός της, η άνοδος της θερμοκρασίας του σώματος, που συνεπάγεται την αύξηση της διατασιμότητας του μυοτενόντιου συνόλου και την προσωρινή αύξηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων (Norris, 2015). Μέσω της βελτίωσης της νευρομυϊκής συνέργειας επιτυγχάνεται και καλύτερη κινητικότητα του σώματος (Smith, 1994). Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η προθέρμανση, συχνά συσχετίζεται με τη βελτίωση της απόδοσης (Bishop, 2003; Kubo, Kanehisa, & Fukunaga, 2002; Young & Behm 2002,).

Μέχρι στιγμής δεν είναι ξεκάθαρο ποιο είδος διάτασης θεωρείται προτιμότερο κατά την προθέρμανση ούτε είναι γνωστή η επίδρασή τους ως μέρος ενός πραγματικού προγράμματος προθέρμανσης (Behm et al., 2015; Pinto et al., 2014). Κάποιοι ωστόσο υποστηρίζουν ότι προτιμότερη και καταλληλότερη μέθοδος προθέρμανσης σε σύγκριση με τις στατικές διατάσεις είναι οι δυναμικές ή ακόμα και ο συνδυασμός των δυο αυτών ειδών διάτασης, ανάλογα βέβαια με το είδος του αθλήματος, την ηλικία και το φύλο του ασκούμενου και φυσικά το επίπεδο του ως αθλητής (Faigenbaum et al., 2006; Fletcher & Anness, 2007).

2.3. Φυσιολογική βάση των διατάσεων

2.3.1. Μηχανικοί παράγοντες

Στο εσωτερικό των μυών, το μήκος των σαρκομερίων που τους αποτελούν μεταβάλλεται με τη διολίσθηση των νηματίων μυοσίνης και ακτίνης και η ελαστικότητα τους καθορίζεται από βοηθητικές κυτταροσκελετικές πρωτεΐνες, με πιο σημαντική την τιτανίνη (Billeter & Hoppeler, 2003). Η ελαστικότητα των πρωτεϊνών αυτών, επιτρέπει την επιμήκυνση του μυός κατά τη διάταση (Tskhovrebova & Trinick, 2012).

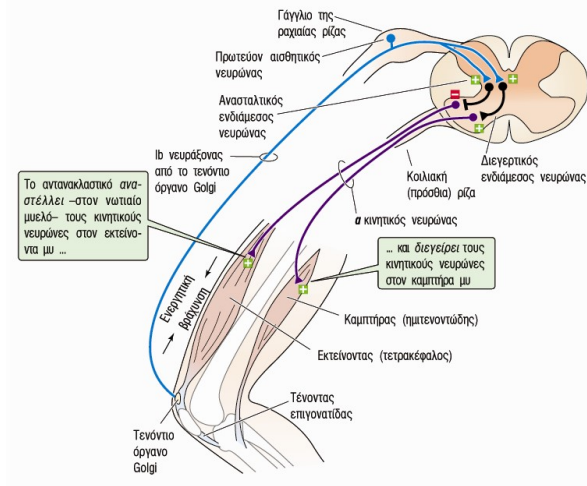
Η τιτανίνη, μαζί με τη μυοσίνη και την ακτίνη συμβάλλουν στη σταθερότητα και την ελαστικότητα των μυών, με τα νημάτια της πρώτης να είναι υπεύθυνα για τη τάση που αναπτύσσεται στους μύες, κατά τη χαλάρωση ή τη διάταση (Freiwald, 2009). Οι τένοντες, λόγω της μικρότερης εγκάρσιας διατομής τους αλλά και της σύστασης τους έχουν

μειωμένη ικανότητα διάτασης σε σχέση με τους μύες (Kubo, Kanehisa, & Fukunaga, 2002). Σε κλινικές μετρήσεις, όπου η ελαστικότητα αναφέρεται αμφότερα στα συσταλτά στοιχεία και του μύος και του τένοντα, τα δυο αυτά μέρη του μυοτενόντιου συνόλου δεν μπορούν να εξεταστούν ξεχωριστά (Donti, Tsolakis, & Bogdanis, 2014).

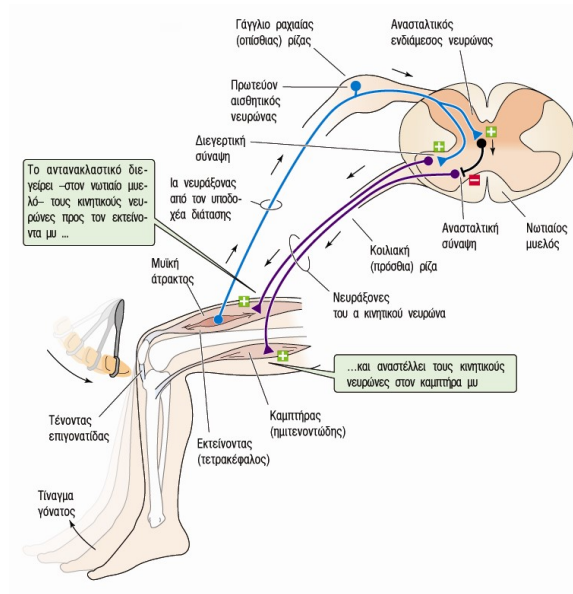
Σχετικά με τις μεταβολές των μηχανικών παραγόντων, η παθητική αντίσταση που εμφανίζει ένας σκελετικός μυς κατά τη διάταση του, καθορίζει την αλλαγή στο μήκος του και ισοδυναμεί με τη δύναμη τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα του όταν ξεπερνά το μήκος ηρεμίας (Özkaya & Nordin, 1999). Ο καθορισμός ενός καινούριου μήκους, λόγω της επιμήκυνσης του σκελετικού μυ, συνεπάγεται τη μείωση της αντίστασης που προβάλλει στη διάταση με την πάροδο του χρόνου, αποτέλεσμα του αναπροσανατολισμού των ινών των μαλακών μορίων (Magnusson & Renström, 2006; Weppeler & Magnusson, 2010). Σε περίπτωση παρατεταμένης διάτασης ή μη επαρκούς χρόνου αποκατάστασης μεταξύ διατάσεων, δεν αποκαθίσταται το αρχικό μήκος του μυοτενόντιου συνόλου, το οποίο παραμορφώνεται και διατηρείται προσωρινά σε επιμήκυνση (Enoka, 2008). Όταν σε έναν μυ, που βρίσκεται ήδη στο μέγιστο μήκος εφαρμοστεί επιπλέον τάση, αυτή μεταβιβάζεται στον συνδετικό ιστό που περιβάλλει τον μυ, με το νέο μήκος του υπό διάταση μυ να καθορίζεται από τον συνολικό αριθμό μυοϊνιδίων που διατείνονται (Fowles, Sale, & MacDougall, 2000).

2.3.2. Νευροφυσιολογικοί παράγοντες

Οι μεταβολές που βασίζονται σε νευροφυσιολογικούς παράγοντες περιλαμβάνουν δύο αντανακλαστικούς μηχανισμούς, το μυοτατικό αντανακλαστικό και το αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό (Thomas & Roger, 2000) (Εικόνα 2.1 και Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.1: Μυοτατικό Αντανακλαστικό



Εικόνα 2.2: Αντίστροφο Μυοτατικό Αντανακλαστικό

Το μυοτατικό αντανακλαστικό αποτελεί έναν αισθητικό υποδοχέα που βρίσκεται στη μυϊκή άτρακτο και αντιδρά στις μεταβολές του μήκους και της ταχύτητας διάτασης (Gandevia, Clossky, & Burke 1992). Κατά τη διάταση, το κεντρικό νευρικό σύστημα ενημερώνεται από τους υποδοχείς του μυοτατικού αντανακλαστικού για την αύξηση του μήκους του μυός και προκαλεί την αντανακλαστική συστολή του υπό διάταση μυός, με ταυτόχρονη χαλάρωση των ανταγωνιστών μυών (Clement, Taunton, & Smart, 1984).

Ένας άλλος αισθητικός υποδοχέας είναι το τενόντιο όργανο του Golgi το οποίο βρίσκεται στο σημείο σύνδεσης του μυός με τον τένοντα και αντιδρά στις μεταβολές του μεγέθους και του ρυθμού των αλλαγών της δύναμης (Clarke & Watkins, 1999). Σε αντίθεση με τους υποδοχείς της μυϊκής άτρακτου, οι νευρικές ώσεις από τα όργανα Golgi, προκαλούν την αντανακλαστική χαλάρωση του μυός (αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό) (Epoika, 2008). Τα νευρομυϊκά αντανακλαστικά έχουν προστατευτικό ρόλο για τον μυ, ενώ γνωρίζοντας τη λειτουργία προσαρμογής τους στη συστηματική διάταση, μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερο μήκος διάτασης (Nelson & Bandy, 2004; Nelson & Bandy, 2005).

Μέχρι σήμερα δεν έχει προσδιοριστεί σαφώς, ποιοι είναι οι ακριβείς μηχανισμοί διάτασης και πώς αυτοί επιδρούν άμεσα ή σε βάθος χρόνου στο εύρος κίνησης των αρθρώσεων (Magnusson & Renström, 2006). Οι ίδιοι πάντως μηχανισμοί θεωρούνται υπεύθυνοι για τη μείωση της απόδοσης των μυών, όταν σε δραστηριότητες με υψηλές απαιτήσεις σε δύναμη και ισχύ, προηγηθούν διατάσεις (Behm et al., 2004; 2006; 2007). Ένας βασικός μηχανισμός μείωσης της απόδοσης μετά από διάταση μπορεί να θεωρηθεί η αύξηση της μυϊκής ενδοτικότητας μετά από στατική διάταση, καθώς οι αλλαγές στη σκληρότητα του μυοτενόντιου συνόλου επηρεάζουν τον ρυθμό παραγωγής και μεταβίβασης της δύναμης (Rubini, Costa, & Gomes, 2007).

2.4. Διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης

Η τεχνική των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation PNF) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη για πρώτη φορά από τον Kabat (1950) και αναπτύχθηκε στη συνέχεια από τους Knott και Voss (1968). Πρόκειται για μια τεχνική διάτασης η οποία στοχεύει στη βελτίωση της ελαστικότητας των μυών και

έχει αποδειχθεί ότι έχει θετική επίδραση στο ενεργό και παθητικό εύρος κινήσεων (Funk et al., 2003; Lucas & Koslow, 1984; Wallin et al. 1985).

Η αρχική χρήση των διατάσεων αυτών αφορούσε την αποκατάσταση ασθενών με μερική παράλυση και σπαστικότητα (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Θεωρητικά οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης ήταν ευεργετικές για αυτές τις περιπτώσεις, είτε λόγω της διευκόλυνσης που παρείχαν στην επιμήκυνση των μυών μέσω της μειωμένης επίδρασης των ανασταλτικών μηχανισμών, είτε και σε συνδυασμό με τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης, μέσω της αύξησης της επίδρασης των μηχανισμών διέγερσης του μυός «στόχου». Αργότερα, η θεραπευτική ιδιότητα των διατάσεων PNF απέκτησε ευρύτερη χρήση (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006).

Αυτό που φαίνεται να ξεχωρίζει τις διατάσεις PNF από τις υπόλοιπες τεχνικές διάτασης είναι το ότι μπορούν να επιφέρουν μεγαλύτερο όφελος στη βελτίωση του ενεργητικού και παθητικού εύρους κίνησης (Etnyre & Lee, 1988; Feland, Myrer, & Merrill, 2001; Funk et al., 2003; Lucas & Koslow, 1984; Wallin et al., 1985). Έχει παρατηρηθεί, επίσης, ότι ένα σύντομο πρόγραμμα διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό όσον αφορά τη βελτίωση της μυϊκής αντοχής και ευκαμψίας των μυών του κορμού και μπορεί να μειώσει τον οσφυϊκό πόνο στη πλάτη και να αυξήσει τη λειτουργική απόδοση ατόμων με προβλήματα στη μέση (Kofotolis & Kellis, 2006). Τροποποιώντας την τεχνική σύσπασης-χαλάρωσης, πραγματοποιώντας τη φάση σύσπασης στη ανατομική θέση αντί στην τελική θέση διάτασης, καταργείται η ανάγκη βοηθού ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η πιθανότητα τραυματισμού του μυϊκού ιστού. Αυτή η απλούστερη τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα στον αθλητισμό και σε κλινικό πληθυσμό (Kay, Husbands-Beasley, & Blazeovich, 2015; Gidu et al., 2013).

2.4.1. Βασικές τεχνικές διάτασης ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης

Οι δύο βασικές τεχνικές διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης είναι οι ακόλουθες: (α) η τεχνική σύσπασης- χαλάρωσης (Contract-Relax; CR) και (β) η τεχνική σύσπασης-χαλάρωσης-σύσπασης ανταγωνιστή (Contract Relax Antagonist Contract; CRAC). Η τεχνική σύσπασης –χαλάρωσης αναφέρεται στην τοποθέτηση και παραμονή του μυός στόχου σε θέση διάτασης, την οποία ακολουθεί μια μέγιστη ισομετρική σύσπαση του ίδιου μυός για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια χαλάρωση του μυός

και παθητική διάταση του σε νέα τελική θέση (Etnyre & Abraham, 1986). Η τεχνική σύσπαση-χαλάρωση-σύσπαση ανταγωνιστή, ακολουθεί την ίδια διαδικασία, με την διαφορά ότι στο τέλος αντί της παθητικής διάτασης, πραγματοποιείται σύσπαση του ανταγωνιστή μυός του μυός στόχου για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Gidu et al., 2013).

Η τεχνική CR έχει τη βάση της στην αυτογενή ανασταλτική επίδραση ενός τεντωμένου μυός μετά από ισομετρική συστολή. Η αναστολή μετά τη συστολή (σύσπαση) προκύπτει από τις παρατεταμένες δράσεις των ινών Ib ως απάντηση στην ένταση στο τενόντιο όργανο Golgi από τη συστολή των μυών (Smith, Hutton, & Eldred, 1974). Αυτή η αναστολή επιτρέπει να προκύψει μεγαλύτερο μήκος μυών από τη συνεχιζόμενη στατική διάταση. Η αμοιβαία αναστολή είναι μια επιπλέον αιτία για τη χρήση της τεχνικής CRAC. Η τεχνική CRAC ακολουθεί τις ίδιες διαδικασίες με την CR, αλλά κατά τη διάρκεια της τελικής διάτασης η συστολή του ανταγωνιστή αυξάνει τη δύναμη διάτασης και παράγει μεγαλύτερες ανασταλτικές επιδράσεις στον τεντωμένο μυ μέσω αμοιβαίας αναστολής (Tanaka, 1976). Συγκεντρωτικά παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά τους στον Πίνακα 2.1

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ PNF	
<p>Τεχνική σύσπασης-χαλάρωσης (contract-relax)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Μυς στόχος σε θέση διάτασης (6-10δ) 2. Σύσπαση μυός στόχου (6-10δ) 3. Χαλάρωση (2δ) 4. Παθητική διάταση μυός στόχου στη νέα τελική θέση (6-10δ) <p>Βασίζεται στην <u>αυτογενή αναστολή</u></p>	<p>Τεχνική σύσπασης-χαλάρωσης-σύσπασης ανταγωνιστή (contract-relax-antagonist contract)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Μυς στόχος σε θέση διάτασης (6-10δ) 2. Σύσπαση μυός στόχου (6-10δ) 3. Χαλάρωση (2δ) 4. Σύσπαση ανταγωνιστή μυ του μυός στόχου (6-10δ) <p>Βασίζεται στην <u>αμοιβαία αναστολή</u></p>

Πίνακας 2.1: Βασικές Τεχνικές PNF

2.5. Θεωρητικοί μηχανισμοί διάτασεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης

Οι διατάσεις PNF βασίζονται τη δράση τους στους ακόλουθους τέσσερις θεωρητικούς μηχανισμούς, στην αυτογενή αναστολή, την αμοιβαία αναστολή, την τάση (σύσπαση) – χαλάρωση και τη θεωρία της πύλης ελέγχου του πόνου (Alaca, Atalay, & Güven, 2015; Etnyre & Abraham, 1986; Hindle et al., 2012; Rowlands, Marginson, & Lee, 2003; Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Οι διατάσεις PNF έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές για την αντιμετώπιση του πόνου και τη βελτίωση λειτουργικών ικανοτήτων και πιο συγκεκριμένα όταν περιλαμβάνουν τον μηχανισμό αμοιβαίας αναχαίτισης ενεργοποίησης των αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών της κίνησης, συμβάλλουν στη βελτίωση της μυϊκής λειτουργίας (Adler, Beckers, & Buck, 2014; Cengiz, 2015; Lee et al., 2013).

2.5.1. Αυτογενής αναστολή

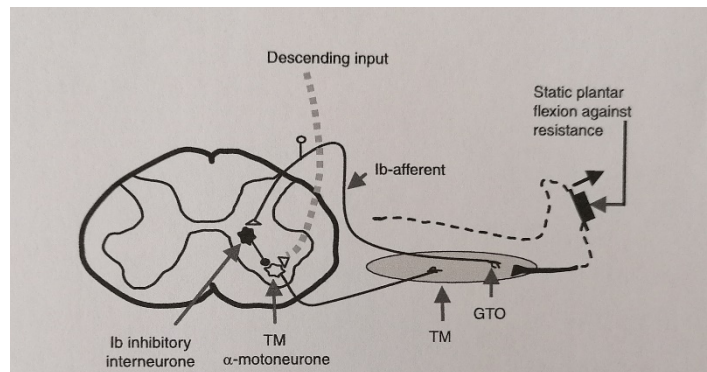
Αυτογενής αναστολή είναι το φαινόμενο της μειωμένης διεγερσιμότητας ενός υπό σύσπαση μυ, που προκαλείται από τα ανασταλτικά σήματα τα οποία παράγονται από τα τενόντια όργανα Golgi (GTO) του ίδιου μύος (Hindle et al., 2012; Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Αυτή η τάση προκαλεί ενεργοποίηση των προσαγωγών ιών Ib εντός των GTO. Οι προσαγωγές ίνες στέλνουν σήματα στον νωτιαίο μυελό όπου το ερέθισμα προκαλεί την ενεργοποίηση ανασταλτικών ενδονευρώνων εντός του νωτιαίου μυελού. Αυτοί οι ενδονευρώνες τοποθετούν ένα ανασταλτικό ερέθισμα στον άλφα κινητικό νευρώνα, μειώνοντας τη διεγερσιμότητα των νευρών καθώς και την απαγωγική κινητική ικανότητα των μυών (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Θεωρείται ότι αυτό το αντανακλαστικό εμφανίζεται καθώς το σώμα προσπαθεί να κατανείμει τον φόρτο εργασίας ομοιόμορφα σε όλη την κινητική μονάδα εντός του μύος, ρυθμίζοντας την ασύγχρονη πυροδότηση των κινητικών μονάδων (Hindle et al., 2012).

Αυτή η αλυσιδωτή αντίδραση προκαλεί χαλάρωση των μυών-στόχων (Target Muscles =TM), φαινόμενο πάνω στο οποίο βασίζεται η αυξημένη επιμήκυνση των μυϊκών ιών κατά τη διάρκεια των μεθόδων CR και CRAC των διατάσεων PNF. Η αυτογενής αναστολή στηρίζεται στους μηχανισμούς αυτορρύθμισης του σώματος των GTO για την προστασία των δομών. Ωστόσο, στην περίπτωση τόσο της τεχνικής CR όσο και της CRAC των διατάσεων PNF, η σύσπαση των μυών-στόχων κατά τη διάρκεια της διάτασης και η σύσπαση του ανταγωνιστή μύος (CRAC) εκμεταλλεύονται αυτόν τον μηχανισμό για να

μειώσουν την ενεργοποίηση των μυών, επιτρέποντας την επιμήκυνση των μυϊκών ινών (Hindle et al., 2012).

Υπάρχει αβεβαιότητα ως προς τον ρόλο που διαδραματίζουν τα τενόντια όργανα Golgi (GTO) στις διατάσεις PNF καθώς και ως προς τη μακροπρόθεσμη βελτίωση που παρατηρείται (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Έρευνες έχουν δείξει ότι τα GTO έχουν σημαντικό ρόλο στην αναστολή της διάτασης των μυϊκών ινών, αλλά η διάρκεια, ακόμη και η ενεργοποίηση αυτής της αναστολής, είναι αμφίβολη. Μελέτες έχουν δείξει ότι μετά τη σύσπαση, η ενεργοποίηση των ανασταλτικών νευρώνων των τενόντιων οργάνων Golgi είναι χαμηλή ή ανύπαρκτη, δείχνοντας ότι το ανασταλτικό σήμα των GTO είναι ασθενές μετά τη σύσπαση (Laporte & Lloyd, 1952).

Η μειωμένη ωφέλιμη (κινητική) ενεργοποίηση στον μυ μέσω της αυτογενούς αναστολής είναι ένας παράγοντας που πιστεύεται ότι βοηθά στην επιμήκυνση του μυ (Etnyre & Abraham, 1986; Markos, 1979; Prentice, 1983; Tanigawa, 1972) και ως εκ τούτου οι περισσότερες διατάσεις PNF περιλαμβάνουν μια στατική σύσπαση (συνήθως μέγιστη) του υπο διάταση μυ, προκειμένου να επωφεληθεί από την αυτογενή αναστολή. Η μέγιστη σύσπαση χρησιμοποιείται παλαιότερα γιατί τα τενόντια όργανα Golgi θεωρούνταν ότι ανταποκρίνονταν μόνο σε υψηλές δυνάμεις διάτασης, ενώ στην πραγματικότητα είναι ευαίσθητα σε πολύ χαμηλές δυνάμεις (Edin & Vallbo, 1990) (Εικόνα 2.3).

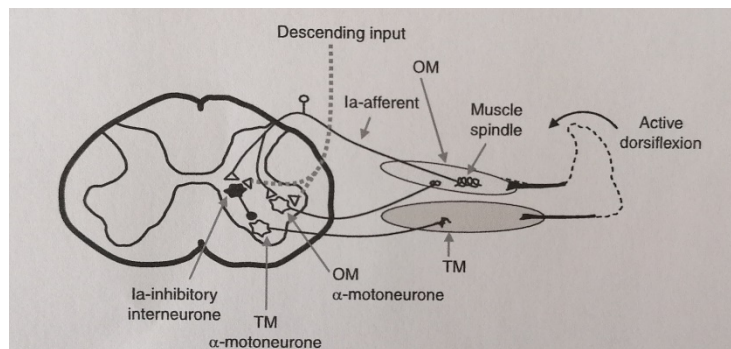


Εικόνα 2.3: Ο μηχανισμός με τον οποίο η αυτογενής αναστολή φέρεται να συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Sharman, et al., 2006).

2.5.2. Αμοιβαία αναστολή

Η αμοιβαία αναστολή είναι αυτό που συμβαίνει στους μυς-στόχους (TM) όταν ο αντίθετος (ανταγωνιστής) μυς συστέλλεται (Hiddle et al. 2012; Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Όταν ο ανταγωνιστής μυς συσπάται, οι μύες-στόχοι (TM) χαλαρώνουν προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η δύναμη συστολής του ανταγωνιστή μύος.

Αυτή η χαλάρωση των μυών-στόχων (TM) είναι αποτέλεσμα της μείωσης της νευρικής δραστηριότητας και της αύξησης της αναστολής των ιδιοδεκτικών δομών σε αυτούς (Rowlands, Marginson, & Lee, 2003). Σε επίπεδο σπονδυλικής στήλης, οι προσαγωγές ίνες Ia εισέρχονται στον νωτιαίο μυελό και εκπέμπουν παράπλευρους κλάδους που αλληλοεπιδρούν με τους ενδονευρώνες στη σπονδυλική στήλη, οι οποίοι στη συνέχεια στέλνουν σήματα στον άλφα-κινητικό νευρώνα στα τενόντια όργανα Golgi (GTO) των μυών-στόχων (TM). Η επίδραση αυτής της σύνδεσης είναι ανασταλτική και προκαλεί χαλάρωση των μυών-στόχων (TM) (The Nervous Statement, 2003; Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Η αυξημένη είσοδος Ia-προσαγωγού από τους αντίθετους μυς (OM) αναφέρεται συνήθως στη βιβλιογραφία για τις διατάσεις PNF ως ο κύριος συντελεστής για την επιμήκυνση των μυών-στόχων (TM) (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4: Ο μηχανισμός με τον οποίο η αμοιβαία αναστολή θεωρείται ότι συμβάλλει στην αποτελεσματικότητα της ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Sharman, et al., 2006).

Αρκετές μελέτες έχουν δείξει πως οι διατάσεις PNF που ενσωματώνουν μια βράχυνση των ανταγωνιστών μυών (OM) και επιμήκυνση των μυών-στόχων (TM) είναι πιο αποτελεσματικές στην αύξηση του εύρους κίνησης και αυτό συχνά αποδίδεται στην αμοιβαία αναστολή (Cornelius & Hinson, 1980; Etnyre & Abraham, 1986; Ferber, Osternig, & Gravelle, 2002; Hardy, 1985; Moore & Hutton, 1980; Osternig et al., 1987; Osternig et al., 1990; Prentice, 1983). Για να κατανοηθεί η αύξηση του εύρους κίνησης ως αποτέλεσμα αμοιβαίας αναστολής, αρκετές μελέτες έχουν αξιολογήσει την ενεργοποίηση των μυών-στόχων (TM) μέσω ηλεκτρομυογραφήματος (Condon & Hutton, 1987; Ferber, Osternig, & Gravelle, 2002; Moore & Hutton, 1980; Osternig et al., 1987; Osternig et al., 1990) ή/ και μέσω αντανακλαστικών Hoffman (Condon & Hutton, 1987; Etnyre & Abraham, 1986; Guissard, Duchateau, & Hainaut, 1988), κατά τη διαδικασία ολοκλήρωσης της διάτασης.

Το αντανακλαστικό Hoffman είναι ένα τεχνητά επαγόμενο αντανακλαστικό που προκαλεί ηλεκτρική διέγερση ενός μικτού περιφερικού νεύρου (Zehr, 2002), το οποίο σε αυτή την περίπτωση, όπως και το ηλεκτρομυογράφημα χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της διεγερσιμότητας της δεξαμενής κινητικών νευρώνων στους μύες-στόχους.

Σε μια γωνία άρθρωσης πριν το τελικό εύρος κίνησης, η δραστηριότητα του ηλεκτρομυογραφήματος στους μύες στόχους, μετά από διατάσεις PNF είναι παρόμοια με αυτή μετά από μια διαδικασία στατικής διάτασης (Magnusson et al., 1996). Αυτό το αποτέλεσμα αμφισβητεί την άποψη ότι οι διατάσεις PNF είναι πιο αποτελεσματικές από άλλο είδος διατάσεων λόγω της αμοιβαίας αναστολής. Αντίθετα, άλλες μελέτες έχουν βρει ότι η δραστηριότητα είναι πολύ μεγαλύτερη στους μύες-στόχους μετά από διατάσεις PNF σε σύγκριση με τη στατική διάταση (Condon & Hutton, 1987; Ferber, Osternig, & Gravelle, 2002; Moore & Hutton, 1980; Osternig et al., 1987; Osternig et al., 1990).

2.5.3. Τάση (Σύσπαση)-χαλάρωση

Η σύσπαση-χαλάρωση είναι αυτό που συμβαίνει όταν η μυοτενόντια μονάδα (MTU), η οποία περιλαμβάνει τους μύες και τους συνδεδεμένους τένοντες, είναι κάτω από συνεχή πίεση (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006). Τόσο οι μύες όσο και οι τένοντες έχουν ιξωδοελαστικές ιδιότητες και παρουσιάζουν χαρακτηριστικά τόσο παχύρευστων όσο και ελαστικών υλικών. Ένα ιξωδοελαστικό υλικό αντιστέκεται στη διάτμηση και στην

παραμόρφωση γραμμικά όταν εφαρμόζεται τάση και επιστρέφει στην αρχική του μορφή μόλις αφαιρεθεί η τάση από την μυοτενόντια μονάδα (MTU) (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006).

Όταν η μυοτενόντια μονάδα (MTU) είναι σε συνεχή τάση, εμφανίζεται το φαινόμενο της «τάσης - χαλάρωσης». Αυτό μειώνει τη δύναμη που δημιουργείται από το παχύρρευστο υλικό όταν αντιστέκεται στο ερέθισμα επιμήκυνσης που προκαλεί η διάταση εντός της μυοτενόντιας μονάδας (MTU). Επειδή το παχύρρευστο υλικό χάνει την ικανότητά του να αντιστέκεται στην επιμήκυνση με την πάροδο του χρόνου, η μυοτενόντια μονάδα (MTU) αυξάνεται αργά σε μήκος, μια ιδιότητα που αναφέρεται ως «ερπυσμός»(Sharman, Cresswell & Riek, 2006). Υπάρχει ένα όριο στο πόσο μακριά μπορεί να «ερπυσθεί» ο μυς καθώς, όσο μακρύτερη γίνεται η μυοτενόντια μονάδα (MTU), τόσο μεγαλύτερη γίνεται η παθητική ροπή (αντίσταση της MTU στο τέντωμα) και η σκληρότητα του μυός (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006) παρόλο που, καθώς διατηρείται η διάταση υπάρχει μείωση της παθητικής ροπής και της μυϊκής σκληρότητας που διαρκεί για μικρό χρονικό διάστημα (Sharman, Cresswell, & Riek, 2006).

Αυτός είναι ένας προστατευτικός μηχανισμός για την πρόληψη της μυϊκής ρήξης και τη διατήρηση μιας προστατευτικής σχέσης μεταξύ των συσταλών μονάδων του μυϊκού σαρκομερίου (Hindle et al., 2012). Κατά την τεχνική σύσπασης-χαλάρωσης, ο κύριος μηχανισμός που καθιστά τη μέθοδο PNF ιδιαίτερα αποτελεσματική στη βελτίωση του εύρους κίνησης, είναι η αυτογενής αναχαίτιση (Kay, Husbands-Beasley, & Blazeovich, 2015).

2.5.4. Η θεωρία της πύλης ελέγχου του πόνου

Η θεωρία της πύλης ελέγχου εφαρμόζεται όταν δύο είδη ερεθισμάτων όπως ο πόνος και η πίεση ενεργοποιούν τους αντίστοιχους υποδοχείς ταυτόχρονα (Mazzullo, 1978). Οι περιφερειακοί υποδοχείς πόνου συνδέονται είτε με μη-μυελινωμένες είτε με μικρές μυελινικές προσαγωγές ίνες, ενώ οι υποδοχείς πίεσης συνδέονται με μεγαλύτερες μυελινικές προσαγωγές νευρικές ίνες. Κάθε τύπος προσαγωγών ινών συνδέεται με τους ίδιους ενδονευρώνες στη σπονδυλική στήλη και επειδή οι προσαγωγές ίνες πίεσης είναι μεγαλύτερες και μυελινωμένες, τα σήματα πίεσης φτάνουν στη σπονδυλική στήλη πριν από τα σήματα πόνου όταν διεγείρονται ταυτόχρονα (Mazzullo, 1978).

Η αναστολή των σημάτων πόνου συμβαίνει στο ραχιαίο κέρασ όταν οι μεγάλες ίνες μεταδίδουν σήματα (Melzack, 1993). Στη μέθοδο σύσπασης-χαλάρωσης (CR) και στη σύσπαση-χαλάρωση-σύσπαση ανταγωνιστή μυός (CRAC), όταν ο μυς διατείνεται πέρα από το ενεργό εύρος κίνησής του, ο ανταγωνιστής μυς καλείται στη συνέχεια να αντισταθεί σε αυτή τη διάταση και έτσι ο μυς-στόχος (TM) διατείνεται ακόμη περισσότερο. Μια μεγάλη δύναμη και διάταση παράγεται στον επιμήκη μυ όταν ο ανταγωνιστής μυς αντιστέκεται στο τέντωμα. Αυτή η μεγάλη δύναμη γίνεται αντιληπτή ως επικίνδυνο ερέθισμα και θεωρείται δυνητικά επιζήμια, γεγονός που καλεί τα τενόντια όργανα Golgi (GTO) να ενεργοποιηθούν σε μια προσπάθεια να αναστείλουν τη δύναμη και να αποτρέψουν τον τραυματισμό (Hindle et al., 2012).

Καθώς αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται με έναν σταθερό τρόπο, ο πόνος μειώνεται καθώς συνηθίζεται η αύξηση του μήκους των μυών και των τενόντων, καθώς και η αυξημένη δύναμη. Τα τενόντια όργανα Golgi (GTO) προσαρμόζονται και μειώνουν την αναστολή, επιτρέποντας στον μυ να παράγει μεγαλύτερη δύναμη. Ωστόσο, αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο τραυματισμού. Με το αυξημένο μήκος μυών έρχεται η ικανότητα παραγωγής μεγαλύτερης δύναμης λόγω της σχέσης μήκους-τάσης. Με αυξημένο εύρος κίνησης και μειωμένη αναστολή των τενόντιων οργάνων Golgi (GTO), ο μυς μπορεί να είναι σε θέση να αυξήσει τη δύναμή του και την παραγωγή δύναμης (Hindle et al., 2012).

Στις διατάσεις PNF, όχι μόνο επιμηκύνονται οι μύες και οι τένοντες, αλλά συστέλλονται επίσης σε αυτό το μήκος. Τα τενόντια όργανα Golgi (GTO) προσαρμόζονται στην αύξηση του μήκους και του ορίου της δύναμης και έτσι επιτρέπεται μεγαλύτερη παραγωγή δύναμης. Ορισμένα στοιχεία υποδηλώνουν ότι τα τενόντια όργανα Golgi (GTO) δεν παίζουν ρόλο στην ανίχνευση της δύναμης ή στην αναστολή της (Chalmers, 2002). Εάν αληθεύει αυτό, η θεωρία ελέγχου πύλης δεν θα ίσχυε, ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να αποδειχθεί ή να καταρριφθεί κάτι τέτοιο.

2.6. Επίδραση διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στη μυϊκή απόδοση

Άμεση και χρόνια επίδραση

Η άμεση επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης σε παραμέτρους απόδοσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ποια παράμετρος

απόδοσης εξετάζεται, το προπονητικό επίπεδο των ασκούμενων, το χρόνο που μεσολαβεί από τη διάταση και φυσικά την ένταση και τη διάρκεια των διατάσεων. Σύμφωνα με τον Mizuno και τους συνεργάτες του (2013), αυτή η επίδραση των διατάσεων σε παραμέτρους απόδοσης είναι παροδική.

Εκτός από τη χρήση τους ως κύριο μέσο προπόνησης για τη βελτίωση του εύρους κίνησης, οι διατάσεις, αποτελούν σημαντικό κομμάτι και της προθέρμανσης (Shellock & Prentice, 1985). Οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης συνήθως χρησιμοποιούνται όταν επιδιώκεται η βελτίωση της ευλυγισίας, ενώ οι δυναμικές οι οποίες περιλαμβάνουν κινήσεις εντός των ορίων του διαθέσιμου εύρους κίνησης, θεωρούνται καταλληλότερο να πραγματοποιούνται στα πλαίσια της προθέρμανσης ή και ως ειδική σε σχέση με το αντίστοιχο άθλημα, τεχνική προετοιμασία (Borges et al., 2018; Costa et al., 2014).

Μελέτες που έγιναν σχετικά με τους μηχανικούς παράγοντες που επηρεάζονται από την εφαρμογή διατάσεων, συμπεριλαμβανομένων και των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, έχει παρατηρηθεί ότι η αύξηση της μυοτενόντιας ενδοτικότητας, ως επακόλουθο των διατάσεων, προκαλεί μείωση στη μεταφορά της δύναμης από τους μύες στο σκελετικό σύστημα, με αποτέλεσμα τη μείωση της μυϊκής απόδοσης (Fowles, Sale, & MacDougall, 2000; Nelson & Kokkonen, 2001; Rosenbaum & Hennig, 1995). Σε αυτό έρχονται να συμφωνήσουν έρευνες οι οποίες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, που προηγούνται των δραστηριοτήτων δύναμης, έχουν άμεση αρνητική επίδραση στη απόδοση (Rubini, Pereira, & Gomes, 2005, Marek et al., 2005; Mello & Gomes, 2005). Ακόμα και σε έρευνες που έγιναν, ακολουθώντας τις συστάσεις της βιβλιογραφίας όσον αφορά τη συνολική διάρκεια των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης και οι οποίες χρησιμοποίησαν μια διάταση για κάθε μυϊκή ομάδα, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην παραγωγή δύναμης (Rubini, Pereira, & Gomes, 2005; Mello & Gomes, 2005).

Αντικρουόμενα συμπεράσματα προκύπτουν όσο αφορά την άμεση επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στη παραγωγή μυϊκής ισχύος και πιο συγκεκριμένα στο κάθετο άλμα, με τον Church και τους συνεργάτες του (2001) να αναφέρουν σημαντική μείωση στην επίδοση στο κάθετο άλμα, ενώ οι Serzedelo Corrêa,

Pereira και Gomes (2003) υποστηρίζουν ότι δεν παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο κάθετο άλμα προπονημένων γυναικών.

Αρκετές μελέτες αναφέρουν ότι οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης μειώνουν τη μυϊκή λειτουργία όταν εκτελούνται πριν από την άσκηση ενώ την αυξάνουν όταν εκτελούνται μετά το πέρας της (Bradley, Olsen, & Portas, 2007; Marek et al., 2005; Mikolajec et al., 2012; Nelson et al., 1986), ενώ άλλες αναφέρουν ότι βελτιώνουν τόσο την αθλητική απόδοση όσο και τη παραγωγή ισχύος (Etnyre & Lee, 1988; Feland, Myrner, & Merrill, 2001; Funk et al., 2003; Lucas & Koslow, 1984;).

Θετική επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης παρατηρήθηκε κατά το τρέξιμο με υψηλή ταχύτητα, από τον Caplan και τους συνεργάτες του (2009), οι οποίοι συνέκριναν την επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης και των στατικών διατάσεων σε 18 αθλητές. Με τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης αυξήθηκε το εύρος κίνησης στο ισχίο και στο γόνατο με αποτέλεσμα την αύξηση του μήκους διασκελισμού (Caplan et al., 2009).

Όσο αφορά τη χρόνια επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, υπάρχουν τρεις κύριοι μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι για την αύξηση της μυϊκής επιμήκυνσης: η πιθανή προσθήκη σαρκομερίων σε σειρά (De Jaeger, Joumaa, & Herzog, 2015; Zöllner et al., 2012), η αύξηση της αντοχής στη διάταση (Konrad & Tilp, 2014a; Konrad, Gad, & Tilp, 2015) και η μείωση της μυοτενόντιας σκληρότητας (Guissard & Duchateau, 2004).

Η πιθανή προσθήκη σαρκομερίων σε σειρά, ουσιαστικά αφορά τον διαμήκη πολλαπλασιασμό των σαρκομερίων ενός μυϊκού κυττάρου (Butterfield, Leonard, & Herzog, 2005) και μπορεί να προκληθεί από την εφαρμογή διατάσεων (Zöllner et al., 2012), ενώ είναι δυνατό να ενισχύσει τη μηκοδυναμική σχέση του μυός με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η απόδοση κατά τη στατική σύσπαση (Lieber & Bodine-Fowler, 1993). Ωστόσο, λόγω της ελλιπούς τεκμηρίωσης της σύνδεσης της προσθήκης σαρκομερίων ως χρόνιο επακόλουθο των διατάσεων, είναι δύσκολο να καθοριστεί ως πιθανός μηχανισμός βελτίωσης της απόδοσης κατά τη προπόνηση ευλυγισίας (Weppler & Magnusson, 2010).

Ο δεύτερος μηχανισμός που έχει συνδεθεί με την αυξημένη ευλυγισία ως συνέπεια της χρόνιας εφαρμογής διατάσεων είναι η (αυξημένη) αντοχή στη διάταση (Magnusson et al., 1996), η οποία ερμηνεύεται ως μια αύξηση της παθητικής ροπής κατά το τελικό εύρος

κίνησης που παρατηρείται στην καμπύλη μήκους/τάσης (Weppeler & Magnusson, 2010). Είναι πολλές οι έρευνες που υποστηρίζουν τη συσχέτιση αυτή (Folp et al., 2006; Konrad & Tilp, 2014). Όταν παρατηρείται αύξηση του εύρους κίνησης χωρίς ταυτόχρονη μεταβολή της καμπύλης προς τα δεξιά, η αύξηση αυτή αποδίδεται στην αυξημένη διατασιμότητα (Weppeler & Magnusson, 2010), πράγμα που καθιστά την αυξημένη ευλυγισία σημαντικό παράγοντα για τη σωστή μυϊκή λειτουργία (Carregaro & Gil Coury, 2009)

Ο τρίτος και τελευταίος πιθανός μηχανισμός που προκαλεί τη βελτίωση της ευλυγισίας ως αποτέλεσμα των διατάσεων είναι οι προσαρμογές των ιξωδοελαστικών στοιχείων των μυών και πιο συγκεκριμένα η παθητική σκληρότητα (Ryan et al., 2008). Πιθανή μείωση της παθητικής σκληρότητας του μυ μέσω της προπόνησης ευλυγισίας, συμβάλλει στη βελτίωση της ευλυγισίας (Guissard & Duchateau, 2004). Ακόμη, έχει αποδειχθεί ότι μια μυοτενόντια μονάδα με αυξημένη ενδοτικότητα μπορεί να αποθηκεύσει περισσότερη ενέργεια κατά τις κινήσεις που περιλαμβάνουν τον κύκλο επιμήκυνσης-βράχυνσης (Wilson, Elliott, & Wood, 1992). Σε έρευνα τους ο Kubo και οι συνεργάτες του (2002), αναφέρουν ότι ο συνδυασμός της προπόνησης με αντιστάσεις και της προπόνησης ευλυγισίας μειώνουν την απώλεια ενέργειας ως θερμότητα κατά τη διάταση των ιξωδοελαστικών στοιχείων του μυ. Μέσω αυτής της παρατήρησης μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η παρουσία επαρκούς ευλυγισίας μέσω της χρόνιας εφαρμογής διατάσεων συμβάλλει στην βελτίωση της απόδοσης σε δυναμικές δραστηριότητες (Medeiros & Martini, 2017).

Σύμφωνα με τους Burke, Culligan και Holt (2000), οι επιπρόσθετες νευροφυσιολογικές προσαρμογές (αυτογενής αναστολή, αμοιβαία αναστολή κλπ.), που προκαλούνται κατά τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, επιτρέπουν μεγαλύτερες μεταβολές στα ιξωδοελαστικά στοιχεία του μυός. Λόγω αυτού του συνδυασμού νευρικών και ιξωδοελαστικών προσαρμογών, οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης θεωρούνται αποτελεσματικότερες από τις στατικές και τις βαλλιστικές στη βελτίωση του εύρους κίνησης (Burke, Culligan, & Holt, 2000).

Δυο μελέτες που ασχολήθηκαν με την χρόνια επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης είναι του Worrel και των συνεργατών του (1994) καθώς και των Handel και των συνεργατών του (1997). Στις δύο αυτές έρευνες χρησιμοποιήθηκε η

τεχνική σύσπασης-χαλάρωσης, με την πρώτη να εξετάζει τη χρόνια επίδραση στον δικέφαλο μηριαίο με τις διατατικές ασκήσεις να εφαρμόζονται 5 φορές την εβδομάδα για τρεις συνεχόμενες εβδομάδες και τη δεύτερη να εξετάζει τη χρόνια επίδραση στους καμπτήρες και τους εκτεινόντες του γόνατος με τις διατατικές ασκήσεις να εφαρμόζονται 3 φορές την εβδομάδα για 3 συνεχόμενες εβδομάδες.

Η μελέτη του Worrel και των συνεργατών του (1994) δεν έδειξε σημαντική βελτίωση στο εύρος κίνησης, αλλά αύξηση της έκκεντρης (8.5%-13.5%) και σύγκεντρης (11.2%) μέγιστης ροπής. Η μελέτη του Handel και των συνεργατών του (1997) έδειξε σημαντική βελτίωση στο εύρος κίνησης (6.3%), αλλά και σημαντική αύξηση της έκκεντρης (18.2%-23.0%), της σύγκεντρης (9.4%) και της ισομετρικής (11.3%) μέγιστης ροπής. Η βελτίωση στη δύναμη που φαίνεται να παρατηρείται μετά από τρεις εβδομάδες εφαρμογής των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης προκλήθηκε χωρίς την εφαρμογή καμίας άσκησης ενδυνάμωσης και είναι πιθανό να οφείλεται στην υπερτροφία των υπό διάταση μυών (Handel et al., 1997; Worrel et al., 1994). Αυτό υποδηλώνει ότι η αρνητική επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης σε παράγοντες δύναμης είναι μόνο άμεση, ενώ όταν εφαρμόζονται συστηματικά σε βάθος χρόνου μπορεί ακόμα και να καταστούν ευεργετικές (Rubini, Costa, & Gomes, 2007).

Ο Nelson και οι συνεργάτες του (1986) χρησιμοποίησαν τριάντα αγύμναστες γυναίκες για να συγκρίνουν την επίδραση ενός προγράμματος με αντιστάσεις, με την επίδραση ενός προγράμματος διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, στη μυϊκή δύναμη, τη ριπτική ικανότητα και στο κάθετο άλμα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν σημαντικότερη βελτίωση της ομάδας που ακολούθησε το πρόγραμμα διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης και στις τρεις ικανότητες που εξετάστηκαν, πράγμα μη αναμενόμενο αφού η προπόνηση με αντιστάσεις θεωρείται η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για την ανάπτυξη ειδικότερα της μυϊκής δύναμης (Nelson et al., 1986).

Μέσα από την παρούσα έρευνα φαίνεται ότι οι διατάσεις PNF χρησιμοποιούνται συνήθως για βελτίωση της ευελιξίας (ευκαμψίας) και του εύρους κίνησης και για την αποκατάσταση των τραυματισμών (Markos, 1979; Surburg, 1981; Tanigawa, 1972; Voss, Knott, & Kabat 1953). . Παράλληλα, από τα ευρήματα αυτής της μελέτης φαίνεται ότι αυτό το είδος διατάσεων είναι πιο αποτελεσματικό και στη βελτίωση απόδοσης. Ακόμα,

τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν μια πιθανή υπεροχή των διατάσεων PNF σε σχέση με το πρόγραμμα αντιστάσεων, όσον αφορά την αποκατάσταση αθλητικών τραυματισμών (Nelson et al., 1986). Συμπερασματικά, λοιπόν, οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, εκτός με το εύρος κίνησης, μπορούν να συμβάλλουν και στην ανάπτυξη μυϊκής δύναμης και απόδοσης.

2.7. Επίδραση των διατάσεων νευρομυϊκής διευκόλυνσης στο εύρος κίνησης

Ο παράγοντας απόδοσης στον οποίο φαίνεται να έχουν την μεγαλύτερη και ευεργετικότερη επίδραση οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης είναι, το εύρος κίνησης, μεγαλύτερη ακόμη και σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους διάτασης.

Η άμεση επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης φαίνεται κατά τις μεταβολές στο εύρος κίνησης, προπονημένων αλλά και μη προπονημένων ατόμων, οι οποίες παραμένουν τουλάχιστον 90 λεπτά μετά την ολοκλήρωση των διατάσεων (Funk et al., 2003). Η διάρκεια αυτή εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες, όπως οι αλλαγές στο μέγεθος της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής σύσπασης και η χρονική διάρκεια της σύσπασης του μυός στόχου (Feland & Marin, 2004; Rowlands, Marginson, & Lee, 2003). Άλλοι παράγοντες στους οποίους βασίζεται η επίδραση των διατάσεων PNF είναι η ηλικία και το φύλο του ασκούμενου, η τεχνική που επιστρατεύεται (CR ή CRAC) και ποιες μυϊκές ομάδες διατείνονται (Etnyre & Lee, 1988; Feland, Myrer, & Merrill, 2001; Feland & Marin, 2004; Rowlands, Marginson, & Lee, 2003).

Ο Funk και οι συνεργάτες του (2003) αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στη διατασιμότητα του δικέφαλου μηριαίου, σε σύγκριση με τις στατικές διατάσεις, σε 40 φοιτητές-αθλητές, μετά από άσκηση και χωρίς άσκηση. Οι διατάσεις που συμπεριλήφθηκαν στο πρόγραμμα είχαν διάρκεια 5 λεπτών. Τη μεγαλύτερη βελτίωση στην ευλυγισία, παρουσίασαν τα άτομα της ομάδας που εκτέλεσε τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης μετά από άσκηση και μετά ακολούθησε η ομάδα που εκτέλεσε τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης χωρίς άσκηση. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στην ευλυγισία μεταξύ των ομάδων που εκτέλεσαν στατικές διατάσεις.

Πρόσφατες έρευνες επικεντρώθηκαν στη μελέτη των πιθανών λειτουργικών και δομικών μεταβολών που προκύπτουν μετά την εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων

συμπεριλαμβανομένων και των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στην ποδοκνημική άρθρωση (Kay, Husbands-Beasley, & Blazevich, 2015; Konrad et al., 2017). Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση του εύρους κίνησης, κατά την πελματιαία κάμψη, για όλες τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν (στατικές, βαλλιστικές, PNF και ισομετρική σύσπαση), με τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης να παρουσιάζονται ως οι ευεργετικότερες. Επίσης όλες οι μέθοδοι προκάλεσαν μείωση της μυϊκής σκληρότητας, με τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, ωστόσο, να είναι η μοναδική μέθοδος που προκάλεσε ταυτόχρονη μείωση και της τενόντιας σκληρότητας (Kay, Husbands-Beasley, & Blazevich, 2015; Konrad et al., 2017).

Οι Feland, Myrger και Merrill (2001) σε μελέτη τους στην οποία εξετάστηκαν ενενήντα επτά ηλικιωμένοι αθλητές ασχολήθηκαν με την άμεση επίδραση των στατικών και των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης στη διατασιμότητα του οπίσθιου μηριαίου μυός, καθώς και τη σύγκριση των δυο μεθόδων διάτασης. Η διατασιμότητα του μυός μετρήθηκε πριν και μετά την εφαρμογή μιας μόνο διάτασης, από κάθε μέθοδο, διάρκειας 32 δευτερολέπτων. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι γενικότερα φαίνεται ότι οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης είναι πιο αποτελεσματικές από τις στατικές όσο αφορά την άμεση επίδραση στην ευλυγισία μεγαλύτερων ηλικιακά αθλητών και ειδικότερα στους άνδρες.

Αρκετές είναι οι έρευνες που εξέτασαν τη χρόνια επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης. Οι Feland και Marin (2004) διερεύνησαν την επίδραση διαφορετικών μεγεθών υπομέγιστης σύσπασης (20%, 60% και 100% της μέγιστης ισομετρικής σύσπασης), σε εβδομήντα δύο άντρες ηλικίας 18-27 χρονών με βράχυνση στους οπίσθιους μηριαίους, κατά την τεχνική σύσπασης-χαλάρωσης της μεθόδου διάτασης ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, ως προς τη διατασιμότητα των οπίσθιων μηριαίων. Κάθε εξεταζόμενος πραγματοποίησε 3 ασκήσεις διάτασης διάρκειας 6 δευτερολέπτων, με διάλειμμα 10 δευτερολέπτων, στην προκαθορισμένη για κάθε ομάδα ένταση σύσπασης, για 5 ημέρες. Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν έδειξαν σημαντική διαφορά στη βελτίωση της διατασιμότητας του μυός, μεταξύ των τριών ομάδων, μετά το πρόγραμμα των 5 ημερών. Αυτό δείχνει ότι και τα τρία μεγέθη σύσπασης είναι εξίσου αποτελεσματικά, παρατήρηση πολύ χρήσιμη για τη μείωση της κόπωσης κατά την εκτέλεση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης.

Ο Rowlands και οι συνεργάτες του (2003) εξέτασαν τριάντα επτά γυναίκες, με μέσο όρο ηλικίας τα 20 χρόνια, για να αξιολογήσουν την επίδραση που έχει η διάρκεια της ισομετρικής σύσπασης, κατά τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, σε δύο διαφορετικές διάρκειες (5sec, 10sec), κατά την κάμψη του ισχίου. Για τις ανάγκες του πειράματος δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες, μια για κάθε διάρκεια σύσπασης και μια ελέγχου, με τις δυο πρώτες, να ακολουθούν το πρόγραμμα διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης με τη μέθοδο CRAC, δύο φορές την εβδομάδα με μεσολάβηση μεταξύ τους τουλάχιστον 24 ωρών, για έξι συνολικά εβδομάδες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν βελτίωση στο εύρος κίνησης και στις δύο ομάδες κατά την περίοδο των τριών και έξι εβδομάδων του πειράματος. Η ομάδα των 10sec παρουσίασε μεγαλύτερη βελτίωση από την ομάδα των 5sec και στις δυο φάσεις μέτρησης, κάτι που φανερώνει ότι η μεγαλύτερη διάρκεια σύσπασης κατά τις διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης έχει θετικότερη επίδραση στο εύρος κίνησης.

Στην έρευνα του Handel και των συνεργατών του (1997), εξετάστηκαν 16 αθλητές για να καθοριστούν οι διάφορες μεταβολές σχετικά με τις παραμέτρους μυϊκής απόδοσης μετά από πρόγραμμα διατάσεων σύσπασης χαλάρωσης(CR) διάρκειας έξι εβδομάδων. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν σημαντική βελτίωση στην ενεργητική και παθητική ευλυγισία (έως 6.3° στο εύρος κίνησης), στη μέγιστη ροπή (έως 21.6%) και την ένταση συστολής (έως 12.9%), κυρίως κατά την έκκεντρη φόρτιση.

Εκτός από τις μεγαλύτερες μυϊκές ομάδες, ένα σύντομο πρόγραμμα διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης μπορεί να έχει θετική επίδραση και στο εύρος κίνησης μικρότερων μυϊκών ομάδων, που πρωταγωνιστούν σε λεπτότερες κινήσεις, όπως είναι οι μύες του αυχένα (McCarthy et al., 1997). Αξιοσημείωτο είναι επίσης και το ότι μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, για περαιτέρω βελτίωση στο εύρος κίνησης το οποίο έχει ήδη αυξηθεί με ένα πρόγραμμα παρέμβασης διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, είναι απαραίτητη η σταδιακή αύξηση του όγκου του προγράμματος (Wallin et al., 1985).

Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών που ασχολούνται με το εύρος κίνησης υποδηλώνουν ότι οι διατάσεις PNF, τόσο με τη μέθοδο CR όσο και με τη CRAC, αυξάνουν τόσο το εύρος κίνησης όσο και τον συντονισμό της κίνησης σε οποιοδήποτε ποσοστό της MVIC (Μέγιστης Ισομετρικής Συστολής). Η αύξηση του εύρους κίνησης ήταν μεγαλύτερη

όταν οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης πραγματοποιήθηκαν μετά την άσκηση και όσο περισσότερο διατηρήθηκε η σύσπαση μειώνοντας τη συσταλτική δραστηριότητα (Bonnar et al., 2004; Magnusson, 1998). Ωστόσο, αυτή η αύξηση της ευκαμψίας και του εύρους κίνησης δεν είναι μόνιμη. Τα αποτελέσματα φαίνεται να διαρκούν μόνο έξι λεπτά μετά τη λήξη των διατάσεων (Spernoga et al., 2011). Προκειμένου να διατηρηθούν περισσότερο, απαιτείται η εκτέλεση τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, αν και τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο αξιοσημείωτα όταν μεγαλώνει ο χρόνος θεραπείας και γίνονται οι διατάσεις για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

III. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Πρωταρχικός σκοπός της παρούσας ανασκοπικής έρευνας αποτέλεσε η ανάλυση των μηχανισμών και του τρόπου εφαρμογής των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης καθώς και η μελέτη των ακόλουθων συνεπειών που επιφέρουν στην αθλητική απόδοση. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ελληνική αλλά και ξένη βιβλιογραφία ώστε να αναφερθούν οι βασικές τεχνικές διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, οι θεωρητικοί μηχανισμοί βάση των οποίων δρουν και οι διάφορες επιδράσεις τους σε παράγοντες απόδοσης.

Αφού αρχικά προσδιορίζεται ο όρος ευλυγισία και ο ρόλος των διατάσεων γενικότερα, αναφέρονται αναλυτικά τα τέσσερα είδη διατάσεων και δηλώνεται ότι αποτελεσματικότερο είδος διάτασης, όσο αφορά το εύρος κίνησης αναγνωρίζονται οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Simonsen, Aagaard, Dyhre-Poulsen et al., 1996).

Τα οφέλη από τη χρήση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, μέσω της αύξησης του παθητικού και του ενεργητικού εύρους κίνησης, έχουν παρατηρηθεί σε γενικό και κλινικό πληθυσμό αλλά και στον αθλητισμό (Kay, Husbands-Beasley, & Blazeovich, 2015; Kofotolis & Kellis, 2006). Στο χώρο του αθλητισμού η σημαντικότητα τους ξεκινά από το κομμάτι της προθέρμανσης και παρατηρείται συσχέτιση της επίδρασης τους με παράγοντες απόδοσης όπως η μυϊκή ισχύς, η μυϊκή δύναμη και φυσικά η ευλυγισία (Shellock & Prentice, 1985).

Οι κύριοι παράγοντες μυϊκής απόδοσης που μελετήθηκαν ήταν η μυϊκή δύναμη και η μυϊκή ισχύς, ενώ η εξέταση της επίδρασης των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης σε αυτούς, χωρίστηκε σε άμεση και χρόνια. Η άμεση επίδραση των διατάσεων είναι παροδική και πολλές έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι όταν αυτές προηγούνται δραστηριοτήτων δύναμης προκαλούν μείωση της μυϊκής απόδοσης. Αυτό φαίνεται να προκύπτει από την αύξηση της μυοτενόντιας ενδοτικότητας η οποία μειώνει τη παραγωγή και τη μεταφορά δύναμης από τους μύες στο σκελετικό σύστημα (Mello & Gomes, 2005). Από την άλλη, οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης μπορούν να επιφέρουν άμεση βελτίωση στην μυϊκή απόδοση με σημαντική προϋπόθεση

να εκτελούνται μετά το πέρας της άσκησης (Mikolajec et al., 2012). Θετική παρουσιάζεται και η άμεση επίδραση τους στην παραγωγή μυικής ισχύος (Feland, Myrer, & Merrill, 2001). Η χρόνια επίδραση των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυικής διευκόλυνσης σε παράγοντες δύναμης και απόδοσης μπορεί να καταστεί ευεργετική μέσω της συστηματικής εφαρμογής τους σε βάθος χρόνου (Rubini, Costa, & Gomes, 2007).

Ο παράγοντας στον οποίο οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυικής διευκόλυνσης έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση, είναι το εύρος κίνησης, επίδραση η οποία είναι ξεκάθαρα ευεργετική τόσο κατά την άμεση όσο και κατά τη χρόνια εφαρμογή τους. Οι άμεσες μεταβολές στο εύρος κίνησης προπονημένων αλλά και μη προπονημένων ατόμων διαρκούν τουλάχιστον 90 λεπτά (Funk et al., 2003). Μεταξύ των υπόλοιπων ειδών διάτασης που χρησιμοποιούνται για την εξέταση της άμεσης επίδρασης των διατάσεων στο εύρος κίνησης, ξεχωρίζει αυτή των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυικής διευκόλυνσης, ακόμα και σε σύγκριση με το πιο διαδεδομένο είδος, τις στατικές διατάσεις (Kay, Husbands-Beasley, & Blazeovich, 2015; Konrad et al., 2017). Το ίδιο αποτελεσματική παρουσιάζεται και η χρόνια επίδραση τους στο εύρος κίνησης και πιο συγκεκριμένα μέσω της εφαρμογής τους σε χρονικό διάστημα από 5 ημέρες μέχρι 6 εβδομάδες. Κατά το διάστημα αυτό παρατηρείται σημαντική βελτίωση στην ενεργητική και παθητική ευλυγισία (Handel et al., 1997). Όσον αφορά την ισομετρική σύσπαση που εμπεριέχετε στις δυο τεχνικές διάτασης ιδιοδεκτικής νευρομυικής διευκόλυνσης, προτιμότερη διάρκεια αναφέρονται τα 10 δευτερόλεπτα, ενώ το μέγεθος της σύσπασης δεν φαίνεται να επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της διάτασης (Rowlands et al., 2003). Σημαντική παρατήρηση αποτελεί το ότι για περαιτέρω βελτίωση ενός ήδη βελτιωμένου μέσω της εφαρμογής διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυικής διευκόλυνσης εύρους κίνησης, κρίνεται απαραίτητη η προοδευτική αύξηση του όγκου του προγράμματος (Wallin et al., 1985).

Μέσα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι είναι αναγκαία η περαιτέρω μελέτη των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυικής διευκόλυνσης, με πιο σύγχρονες και αναλυτικότερες μελέτες, που να εξετάζουν ενδελεχώς την ανατομία και την λειτουργία των διατάσεων αυτών. Παλαιότερες αντιλήψεις, που αφορούν τις διατάσεις γενικότερα, και τις συνδέουν με μείωση της αθλητικής απόδοσης δεν φαίνεται να ισχύουν, αφού οι διατάσεις ιδιοδεκτικής νευρομυικής διευκόλυνσης αποδείχθηκε ότι όχι μόνο δεν την επηρεάζουν αρνητικά, αλλά όταν εφαρμοστούν με τον κατάλληλο τρόπο μπορούν να

την βελτιώσουν. Η καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου των διατάσεων ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης, θα οδηγήσει στη βελτιωμένη πρακτική εφαρμογή τους από τους ειδικούς και τους αθλητές και θα μπορεί να αποτελεί εξαιρετικά χρήσιμο μέσο για την βελτίωση της υγείας και της φυσικής κατάστασης του γενικού και του ειδικού αθλητισμού.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adler, S. S., Beckers, D. & Buck, M. (2014). *PNF in practice: An illustrated guide*, 4th ed. Berlin: Springer.
- Alaca, N., Atalay, A. & Güven, Z. (2015) Comparison of the long-term effectiveness of progressive neuromuscular facilitation and continuous passive motion therapies after total knee arthroplasty. *Journal of Physical Therapy Science*, 27 (11), 3377-3380.
- Albrecht, K. & Meyer, S. (2005). *Stretching und Beweglichkeit: das neue Expertenhandbuch*. Georg Thieme Verlag.
- Alter, M. J. (2004). *Science of flexibility*. Human Kinetics.
- American College of Sports Medicine (1998): Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (6), 975-991.
- American College of Sports Medicine, Franklin, B. A., Whaley, M. H., Howley, E. T. & Balady, G. J. (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Anderson, B. (1980). *Stretching*. Bolinas California, New York: Shelter.
- Apostolopoulos, N., Metsios, G. S., Flouris, A. D., Koutedakis, Y. & Wyon, M. A. (2015). The relevance of stretch intensity and position—a systematic review. *Frontiers in Psychology*, 6.
- Bandy, W. D., Irion, J. M. & Briggler, M. (1997). The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy*, 77 (10), 1090-1096.
- Behm, D. G., Button, D. C. & Butt, J. C. (2001). Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26 (3), 262-272.
- Behm, D. G., Bambury, A., Cahill, F. & Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1397-1402.

- Behm, D. G., Bradbury, E. E., Haynes, A. T., Hodder, J. N., Leonard, A. M. & Paddock, N. R. (2006). Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5 (1), 33-42.
- Behm, D. G. & Kibele, A. (2007). Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *European Journal of Applied Physiology*, 101 (5), 587-594.
- Behm, D. G. & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111 (11), 2633-2651.
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2015). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41 (1), 1-11.
- Billeter, R., & Hoppeler, H. (2003). Muscular basis of strength. In: P.V. Komi (ed.) *Strength and Power in Sport*, 50-72. Oxford: IOC Medical Commission/ Blackwell Science.
- Bishop, D. (2003). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, 33, 439-454.
- Bonnar, B. P., Deivert, R. G. & Gould, T. E. (2004). The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(3), 258-261.
- Borges, M. D., Medeiros, D. M., Minotto, B. B. & Lima, C. S. (2018). Comparison between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility: systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physiotherapy*, 20, 12-19.
- Bradley, P. S., Olsen, P. D. & Portas, M. D. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (1), 223-226
- Burke, D. G, Culligan, C. J, Holt L. E, MacKinnon, N. C. (2000), Equipment designed to simulate proprioceptive neuromuscular facilitation flexibility training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14, 135–139.

- Butterfield, T. A., Leonard, T. R. & Herzog, W. (2005). Differential serial sarcomere number adaptations in knee extensor muscles of rats is contraction type dependent. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1352-8.
- Caplan, N., Rogers, R., Parr, M. K. & Hayes, P. R. (2009). The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretch training on running mechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (4), 1175-80.
- Carregaro, R. L., & Gil Coury, H. J. C. (2009). Does reduced hamstring flexibility affect trunk and pelvic movement strategies during manual handling. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 115-120.
- Cengiz, A. (2015). EMG and peak force responses to PNF stretching and the relationship between stretching induced force deficits and bilateral deficits. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 631-634.
- Chalmers, G. (2002). Do Golgi tendon organs really inhibit muscle activity at high force levels to save muscles from injury, and adapt with strength training?. *Sports Biomechanics*, 1(2), 239-249.
- Church, J. B., Wiggins, M. S., Moode, F. M. & Crist, R. (2001). Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15 (3), 332-336.
- Clarke, J. L. & Watkins, W. M. (1999). Expression of human alpha-1-fucosyltransferase gene homologs in monkey kidney COS cells and modification of potential fucosyltransferase acceptor substrates by an endogenous glycosidase. *Glycobiology*, 9, 191-202.
- Clement, D. B., Taunton, J. E. & Smart, G. W. (1984). Achilles tendinitis and peritendinitis: etiology and treatment. *The American Journal of Sports Medicine*, 12 (3), 179-184.
- Condon, S. M & Hutton, R. S. (1987). Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. *Physical Therapy*, 67, 24-30.
- Cornelius, W. L. & Hinson, M. M. (1980). The relationship between isometric contractions of hip extensors and subsequent flexibility in males. *Sports Medicine*, 20, 75-80.

- Cornwell, A., Nelson, A. G, Heise, G. D. & Sidaway, B. (2001). Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *Journal of Human Movement Studies*, 40, 307–324.
- Costa, P. B., Herda, T. J., Herda, A. A. & Cramer, J. T. (2014). Effects of dynamic stretching on strength, muscle imbalance, and muscle activation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46 (3), 586-593.
- Cowan, D., Jones, B., Tomlinson, P., Robinson, J., & Polly, D. (1988). *The epidemiology of physical training injuries in US infantry trainees: methodology, population, and risk factors*. US Army Research Institute of Environmental Medicine Technology No: T4-89.
- De Jaeger, D., Joumaa, V. & Herzog, W. (2015). Intermittent stretch training of rabbit plantarflexor muscles increases soleus mass and serial sarcomere number. *Journal of Applied Physiology*, 118 (12), 1467-1473.
- Donti, O., Tsolakis, Ch. & Bogdanis, G. (2014). Acute and Chronic Effects of Static Stretching on Sports Performance: Physiological Bases and Practical Applications. *Reviews in Biochemistry and Physiology of Exercise*, 2, 1-23.
- Edin, B. B. & Vallbo, A. B. (1990). Muscle afferent responses to isometric contractions and relaxations in humans. *Journal of Neurophysiology*, 63 (6), 1307-1313.
- Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of Human Movement*. Human kinetics.
- Etnyre, B. R. & Abraham L. D. (1986). Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *American Journal of Physical Medicine* 65 (4), 189-196.
- Etnyre, B. R. & Lee, E. J. (1988). Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59 (3), 222-228.
- Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Schwerdtman, J. A. & Ratamess, N. A. (2006). Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes. *Journal of Athletic Training*, 41 (4), 357-363.
- Feland, J. B., Myrer, J. W. & Merrill, R. M. (2001). Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical Therapy in Sport*, 2 (4), 186-193.

- Feland, J. B., & Marin, H. N. (2004). Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *British Journal of Sports Medicine*, 38, E18.
- Feldman, D., Shrier, I., Rossignol, M. & Abenhaim, L. (1999). *Adolescent growth is not associated with changes in flexibility*.
- Ferber, R., Osternig, L. & Gravelle, D. (2002). Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12 (5), 391-397.
- Fields, K. B., Burnworth, C. M., & Delaney, M. (2007). Should athletes stretch before exercise? *Chinese Journal of Sports Medicine*, 26 (5), 626.
- Fletcher, I. M. & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20-meter sprint performance in trained rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18 (4), 885-888.
- Fletcher, I. M., & Anness, R. (2007). The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (3), 784-787.
- Folpp, H., Deall, S., Harvey, L. A. & Gwinn, T. (2006). Can apparent increases in muscle extensibility with regular stretch be explained by changes in tolerance to stretch? *Australian Journal of Physiotherapy*, 52, 45-50.
- Fowles, J. R., Sale, D. G. & MacDougall, J. D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *Journal of Applied Physiology*, 89 (3), 1179-1188.
- Freiwald, J. (2006). *Stretching für alle Sportarten*. Rowohlt, Reinbek.
- Freiwald, J. (2009). *Optimales Dehnen: Sport, Prävention, Rehabilitation*. Spitta.
- Funk, D. C., Swank, A. M., Mikla, B. M., Fagen, T. A. & Farr, B. K. (2003). Impact of Prior Exercise on Hamstring Flexibility: A Comparison of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Static Stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (3), 489-492.
- Gandevia, S. C., Closky, D. L., Burke, D. (1992). Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends neurosci*, 15 (2), 62-65.

- Gidu, D. V., Ene-Voiculescu C., Straton, A., Cazan, F. & Duta, D. (2013). The PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation) stretching technique – A Brief Review, *Science, Movement and Health*, 12 (2), 623-628.
- Gleim, G. W. & McHugh, M. P. (1997). Flexibility and its effects on sports injury and performance. *Sports Medicine*, 24 (5), 289-299.
- Grosser, M., Starischka, S., Zimmermann, E. & Eisenhut, A. (2008). *Das neue Konditions Training* (10. ed.). München: BLV-Buchverl.
- Guissard, N., Duchateau, J. & Hainaut, K. (1988). Muscle stretching and motoneuron excitability. *European Journal of Applied Physiology*, 58 (1-2), 47-52.
- Guissard, N., & Duchateau, J. (2004). Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle & nerve*, 29 (2), 248-255.
- Haff, G. G. (2006). Roundtable Discussion: Flexibility Training. *Strength & Conditioning Journal*, 28 (2), 64-85.
- Handel, M., Horstmann, T., Dickhuth, H. H. & Gülch, R. W. (1997). Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 76 (5), 400–408.
- Hardy, L. (1985). Improving active range of hip flexion. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56 (2), 111-114.
- Hemmerich, A., Brown, H., Smith, S., Marthandam, S. S. K., & Wyss, U. P. (2006). Hip, knee, and ankle kinematics of high range of motion activities of daily living. *Journal of Orthopaedic research*, 24(4), 770-781.
- High, D. M., Howley, E. T. & Franks, B. D. (1989). The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69 (4), 357-361.
- Hillebrecht, M., Robin, O. & Böckmann, S. (2007). Trainingswissenschaft undlehre- Reduzieren sich Sprintleistungen nach statischem Dehnen. *Leistungssport*, 37 (6), 12-16.
- Hindle, K. B., Whitcomb, T. J., Briggs, W. O. & Hong, J. (2012). Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of Human Kinetics*, 31 (1), 105-113.

- Hough, P. A., Ross, E. Z., & Howatson, G. (2009). Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23 (2), 507-512.
- Jeffreys, I. (2008). *Warm-up and stretching*. Essentials of Strength Training and Conditioning. Baechle, TR and Earle, RW, eds. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 296-276.
- Joyce, D., & Lewindon, D. (Eds.). (2014). *High-performance training for sports*. Human Kinetics.
- Kabat, H. (1950). Studies on neuromuscular dysfunction. XIII. New concepts and techniques of neuromuscular re-education for paralysis. *Permanente Foundation medical bulletin*, 8, 21-143.
- Kanásová, J. (2008). Reducing shortened muscles in 10-12-year-old boys through a physical exercise program. *Medicina Sportiva*, 12(4), 115-123.
- Kay, A. D., & Blazevich, A. J. (2012). Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(1), 154-164.
- Kay, A. D., Husbands-Beasley, J. & Blazevich, A. J. (2015). Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47 (10), 2181-2190.
- Kisner, C. & Colby, L. A. (2002). Therapeutic exercise. *Foundations and techniques* 4.
- Knott, M. & Voss, D. E. (1968). *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Patterns and Techniques*. New York: Harper and Row.
- Knudson, D. (1999). Stretching during warm-up: Do we have enough evidence? *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 70(7), 24-27.
- Knudson, D. (2006). The biomechanics of stretching. *Journal of Exercise Science & Physiotherapy*, 2, 3-12.
- Kofotolis, N. & Kellis, E. (2006). Effects of two 4-week proprioceptive neuromuscular facilitation programs on muscle endurance, flexibility and functional performance in women with chronic low back pain. *Physical Therapy*, 86 (7), 1001-1012.
- Konrad, A. & Tilp, M. (2014a). Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures. *Clinical Biomechanics*, 29 (6), 636–642.

- Konrad, A. & Tilp, M. (2014b). Effects of ballistic stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Journal of Applied Physiology*, 117 (1), 29–35.
- Konrad, A., Gad, M. & Tilp, M. (2015). Effect of PNF stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25 (3), 346–355.
- Konrad, A., Stafilidis, S. & Tilp, M. (2017). Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27 (10), 1070-1080.
- Koutedakis, Y., Sharp, N. C. (2004). Thigh-muscles strength training, dance exercise, dynamometry, and anthropometry in professional ballerinas. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 714-718.
- Kubo, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2002). Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 92 (2), 595-601.
- Lane, W. T. (2006). *Effects of Dynamic, Static Stretch, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Running Velocity, Step Length, and Step Rate*, *Electronic Theses & Dissertations*, 634. <http://digitalcommons.georgiasouthern.edu/etd/634>.
- Laporte, Y. & Lloyd, D. P. C. (1952). Nature and significance of the reflex connections established by large afferent fibers of muscular origin. *American journal of physiology*, 169, 609-621.
- Laughlin, K. (2000), *Stretching and Flexibility*, Australia: Simon & Schuster.
- Lee, J. H., Park, S. J. & Na, S. S. (2013). The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation therapy on pain and function. *Journal of Physical Therapy Science*, 25 (6), 713–716.
- Lieber, R. L. & Bodine-Fowler, S. C. (1994). Skeletal Muscle Mechanics: Implications for Rehabilitation. *Physical therapy*, 73, 844-856.
- Lucas, R. C. & Koslow, R. (1984). Comparative study of static, dynamic and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Perceptual and Motor Skills*, 58, 615-618.

- Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Sørensen, H. & Kjaer, M. (1996). A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 497 (Pt 1), 291.
- Magnusson, S. P. (1998). Passive properties of human skeletal muscle during stretching maneuvers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8 (2), 65-77.
- Magnusson, P. & Renström, P. (2006). The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. *European Journal of Sport Science*, 6 (2), 87-91.
- Manoel, M. E., Harris-Love, M. O., Danoff, J. V., & Miller, T. A. (2008). Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (5), 1528-1534.
- Mahli, M. R. (2012). *Acute effects of stretching on athletic performance* (Doctoral dissertation, Saarland University).
- Marek, S. M, Cramer, J. T., Fincher, A. L., Massey, L. L., Dangelmaier, S. M., Purkayastha, S., Fitz, K. A. & Culbertson J. Y. (2005). Clinical Studies - Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *Journal of Athletic Training*, 40 (2), 94-103.
- Markos, P.D. (1979). Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on hip motion and electromyographic activity. *Physical Therapy*, 59, 1366-1373.
- Marschall F. (1999). Wie beeinflussen unterschiedliche Dehnintensitäten kurzfristig die Veränderung der Bewegungsreichweite? (Effects of different stretch-intensity on the acute change of range of motion). *Dtsch. Z. Sportmed*, 50, 5–9.
- Mazzullo, J.M. (1978). The gate theory of pain. *British Medical Journal*, 2 (6137), 586-587.
- McCarthy, P. W., Olsen, J. P., Smeby, I. H. (1997). Effects of contract-relax stretching procedures on active range of motion of the cervical spine on the transverse plane. *Clinical Biomechanics*, 12 (2), 136-138.
- McHugh, M. P., & Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20 (2), 169-181.

- Medeiros, D. M. & Martini, T. F. (2017). Does Stretching Have Long-Term Effects on Muscle Performance? A Clinical Commentary. *Journal of Yoga & Physical Therapy*, 7 (2), 269.
- Mello, M. L. & Gomes, P. S. C. (2005). Acute effect of static and PNF stretching on dominant knee flexion and extension strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (5), S183
- Melzack, R. (1993). Pain: Past, Present and Future. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 47 (4), 615-629.
- Mikolajec, K., Waskiewicz, Z., Maszczyk, A., Bacik, B., Kurek, P. & Zajac A. (2012). Effects of Stretching and Strength Exercises on Speed and Power Abilities in Male Basketball Players. *Isokinetics and Exercise Science*, 20, 1-22.
- Mizuno, T., Matsumoto, M. & Umemura, Y. (2013). Viscoelasticity of the muscle-tendon unit is returned more rapidly than range of motion after stretching. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23 (1), 23-30.
- Moore, M. A. & Hutton, R. S. (1980). Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12 (5), 322-329.
- Nelson, A. G, Chambers, R. S., McGown, C. M, Penrose, K. W. (1986). Proprioceptive neuromuscular facilitation versus weight training for enhancement of muscular strength and athletic performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 7 (5), 250-253.
- Nelson, A. G. & Kokkonen, J. (2001). Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72 (4), 415-419.
- Nelson, R. T. & Bandy, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of Athletic Training*, 39, 254-258.
- Nelson, R. T. & Bandy, W. D. (2005). An update on flexibility. *Journal of Strength and Conditioning*, 27, 10-16.
- Noonan, T. J, Best, T. M, Seaber, A. V & Garrett, W. E. (1993). Thermal effects on skeletal muscle tensile behavior. *The American Journal of Sports Medicine*, 21 (4), 517-522.
- Norris, C. M. (2015). *The complete guide to stretching*. Bloomsbury Publishing.

- Osternig, L. R., Roberston, R. N., Troxel, R. K. & Hansen, P. (1987). Muscle activation during proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching techniques. *American Journal of Physical Medicine*, 66 (5), 298-307.
- Osternig, L. R., Roberston, R. N., Troxel, R. K., Hansen, P. (1990). Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (1), 106-111.
- Özkaya, N. & Nordin, M. (1999). *Fundamentals of biomechanics: Equilibrium, motion, and deformation*. New York: Springer.
- Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(1), 109-119.
- Pate, R., Oria, M., & Pillsbury, L. (2012). *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*, Washington: National Academies Press.
- Power, K., Behm, D., Cahill, Farrell., Carroll, M. & Young, W. (2004). An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1389-1396.
- Prentice, W. E. (1983). A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Journal of Athletic Training*, 18 (1), 56-59.
- Rosenbaum, D. & Hennig, E. M. (1995). The influence of stretching and warm-up exercises on Achilles tendon reflex activity. *Journal of Sports Sciences*, 13 (6), 481-490.
- Rowlands, A. V., Marginson, V. & Lee, J. (2003). Chronic flexibility gains: effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74 (1), 47-52.
- Rubini, E. C., Pereira, M. I. & Gomes, P. S. (2005). *Acute effect of static and PNF stretching on hip adductor isometric strength*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (5), S183-184.
- Rubini, E. C., Costa, A. L. & Gomes, P. S. (2007). The effects of stretching on strength performance. *Sports Medicine*, 37 (3), 213-224.
- Ryan, E. D., Beck, T. W., Herda, T. J., Hull, H. R., Hartman, M. J., Stout, J. R. & Cramer, J. T. (2008). Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(8), 1529-1537.

- Sands, W. A. & McNeal, J. R. (2000). Enhancing flexibility in gymnastics. *Technique*, 20 (5), 6-9.
- Sands, W. A. & McNeal, J. R. (2013). Mobility development and flexibility in youths. *Strength and conditioning for young athletes*. London: Routledge, 132-45.
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Penitente, G., Murray, S. R., Nassar, L., Jemni, M., Mizuguchi, S., & Stone, M. H. (2016). Stretching the Spines of Gymnasts: A Review. *Sports medicine*, 46 (3), 315–327.
- Serzedelo Corrêa, A. C., Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Influência do alongamento no desempenho de saltos. *Annals of XXVI Simpósio Internacional de Ciência do Esporte*, 9-11.
- Sharman, M. J., Cresswell, A. G. & Riek, S. (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: Mechanisms and clinical implications. *Sports Medicine*, 36 (11): 929-39.
- Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2 (4), 267-278.
- Simic, L., Sarabon, N., & Markovic, G. (2013). Does preexercise static stretching inhibit maximal muscular performance. A meta analytical review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23 (2), 131-148.
- Smith, J. L., Hutton, R. S. & Eldred, E. (1974). Postcontraction changes in sensitivity of muscle afferents to static and dynamic stretch. *Brain Research*, 78, 193-202.
- Smith, C. A. (1994). The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*, 19 (1), 12-17.
- Spernoga, S. G., Uhl, T. L., Arnold, B. L. & Gansneder, B. M. (2011). Duration of Maintained Hamstring Flexibility After a One-Time, Modified Hold-Relax Stretching Protocol. *Journal of Athletic Training*, 36 (1), 44-48.
- Surburg, P. R. (1981). Neuromuscular facilitation techniques in sports-medicine. *The Physician and Sportsmedicine*, 9, 115-127.
- Tanaka, R. (1976). Reciprocal Ia inhibition and voluntary movements in man. In: G. Homma (Ed.), *Understanding the Stretch Reflex*. Tokyo: Pergamon Press, 529-540.

- Tanigawa, M. C. (1972). Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Physical Therapy*, 52, 725- 735.
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., & Kimsey Jr, C. D. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 (3), 371-378.
- The Nervous Statement. Retrieved October 30th 2011, from <http://www.unmc.edu/physiology/Mann/>
- Thomas, R. B., & Roger, W. E. (2000). Essentials of strength training and conditioning. *National Strength and Conditioning Association*.
- Torres, E. M., Kraemer, W. J., Vingren, J. L., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Spiering, B. A., Ho, J. Y., Fragala, M. S., Thomas, G. A., Anderson, J. M., Häkkinen, K. & Maresh, C. M. (2008). Effects of stretching on upper-body muscular performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (4), 1279-1285.
- Tskhovrebova, L. & Trinick, J. (2012). Making muscle elastic: the structural basis of myomesin stretching. *Plosbiology*, 10 (2), e1001264.
- Voss, D., E., Knott, M. & Kabat, H. (1953). The application of neuromuscular facilitation in the treatment of shoulder disabilities. *Physical Therapy Reviews*, 33, 536-541.
- Wallin, D., Ekblom, B., Grahn, R., Nordenborg, T. (1985). Improvement of muscle flexibility: a comparison between two techniques. *The American Journal of Sports Medicine*, 13, 263–268.
- Wepler, C.H. & Magnusson, S.P. (2010). Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation?, *Physical Therapy*, 90 (3), 438-449.
- Wilson, G. J., Elliott, B. C. & Wood, G. A. (1992). Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24 (1), 116-123.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L. & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention. *Sports Medicine*, 34 (7), 443-449.
- Worrell, T. W., Smith, T. L. & Winegardner, J. (1994). Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 20 (3), 154-159.
- Wydra, G. (2006). Dehnfähigkeit. *Handbuch Gesundheitssport*, 2, 265-274.

- Wyon, M., Felton, L., & Galloway, S. (2009). A comparison of two stretching modalities on lower-limb range of motion measurements in recreational dancers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23 (7), 2144-2148.
- Yamaguchi, T. & Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 677-683.
- Young, W. B., & Behm, D. G. (2002). Should Static Stretching Be Used During a Warm-Up for Strength and Power Activities? *Strength & Conditioning Journal*, 24 (6), 33-37.
- Zehr, E. P. (2002). Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 455-468.
- Zöllner, A. M., Abilez, O. J., Böl, M. & Kuhl, E. (2012). Stretching skeletal muscle: chronic muscle lengthening through sarcomerogenesis. *PloS one*, 7 (10), e45661.