



Ελληνική Εταιρεία Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης

Hellenic Society of Biochemistry
and Physiology of Exercise

Επιθεώρηση Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης
2: 1-23, 2014

Reviews in Biochemistry and
Physiology of Exercise
2: 1-23, 2014

www.eevfa.gr/web/emag

ΟΞΕΙΑ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Δόντη Ολύβια, Τσολάκης Χαρίλαος, Μπογδάνης Γρηγόρης

Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού,

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας ήταν η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορά τη φυσιολογική βάση της οξείας και χρόνιας επίδρασης των στατικών διατάσεων στην αθλητική απόδοση, με αναφορά σε πρακτικές εφαρμογές στον αθλητισμό. Κύριοι μηχανισμοί αύξησης του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης είναι οι αλλαγές στο μήκος και στη σκληρότητα των μυοτενόντιων μονάδων, οι νευρομυϊκές προσαρμογές και η αυξημένη ανοχή στη διάταση, μηχανισμοί οι οποίοι είναι υπεύθυνοι και για τη μείωση της μυϊκής απόδοσης σε δραστηριότητες με υψηλές απαιτήσεις ισχύος και δύναμης. Η οξεία αρνητική επίδραση των στατικών διατάσεων εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της διατάσης, το προπονητικό υπόβαθρο των ασκουμένων και την υπό εξέταση παράμετρο απόδοσης. Σε διατάσεις διάρκειας μεγαλύτερης από 90 s και έντασης ως το όριο έντονης ενόχλησης, υπάρχει ισχυρή ένδειξη για μείωση της απόδοσης, ενώ σε διατάσεις διάρκειας <30 s ή/και μικρότερης έντασης, τα αποτελέσματα είναι αντικρουόμενα. Συνεπώς οι έντονοι και παρατεταμένες στατικές διατάσεις πρέπει ν' αποφεύγονται πριν από αγώνα ή προπόνηση δύναμης, ταχύτητας και ισχύος. Παρόλα αυτά, πρόσφατες έρευνες έχουν αναδείξει ότι, όταν οι στατικές διατάσεις ακολουθούνται από δυναμικές διατάσεις ή/και ασκήσεις ενεργοποίησης ή εξειδικευμένη ανάλογα με το άθλημα προθέρμανση, τότε μειώνεται ή ακόμα και αντιστρέφεται η αρνητική τους επίδραση στην απόδοση. Το ζήτημα αυτό όμως χρήζει περαιτέρω διερεύνησης. Η προπονητική εμπειρία των ασκουμένων σε προπόνηση με διατάσεις καθορίζει έως ένα βαθμό την ανταπόκρισή τους στη διάταση: οι πιο προπονημένοι ασκούμενοι παρουσιάζουν μικρότερη μείωση της μυϊκής απόδοσης αμέσως μετά από διάταση. Όταν οι διατάσεις αποτελούν μέρος συστηματικού προγράμματος προπόνησης, τότε οι αθλητές/τριες προσαρμόζονται τη μυϊκή τους λειτουργία ώστε αυτή να μειώνεται λιγότερο ως επακόλουθο της διατάσης. Η οξεία επίδραση των στατικών διατάσεων στη μείωση της εμφάνισης τραυματισμών δεν έχει επαρκώς τεκμηριωθεί. Αντιθέτως οι χρόνιες προσαρμογές της προπόνησης ευλυγισίας είναι σημαντικές για τη σωστή λειτουργία του μυοσκελετικού συστήματος. Οι διατάσεις που στοχεύουν στη χρόνια βελτίωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων και στην αύξηση της ελαστικότητας των μυών συνιστάται να εκτελούνται μετά το τέλος της προπόνησης ή να σχεδιάζονται ως ξεχωριστές προπονήσεις μέσα στον εβδομαδιαίο μικρόκυκλο.

Διεύθυνση αλληλογραφίας

Μπογδάνης Γρηγόρης

Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού
Εθνικής Αντίστασης 41, 17237 Δάφνη
e-mail: gbogdanis@phed.uoa.gr

1. Εισαγωγή

Η προπόνηση ευλυγισίας με στόχο τη διάταση των σκελετικών μυών και την αύξηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων αποτελεί διαδεδομένη πρακτική σχεδόν σε όλες τις αθλητικές δραστηριότητες [4, 54, 116]. Ο όρος «μυϊκές διατάσεις» χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα σύνολο χειρισμών οι οποίοι αυξάνουν παροδικά το εύρος κίνησης μιας άρθρωσης [2]. Ως «ευλυγισία» ορίζεται το μόνιμα αποκτημένο μέγιστο εύρος κίνησης το οποίο μετράται σε μια άρθρωση ή σε ομάδα αρθρώσεων [80]. Οι ακριβείς μηχανισμοί πρόκλησης οξείας (βραχυπρόθεσμης) ή χρόνιας (μακροπρόθεσμης) αλλαγής στο εύρος κίνησης των αρθρώσεων δεν είναι μέχρι σήμερα σαφώς προσδιορισμένοι [80, 82].

Οι μυϊκές διατάσεις μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριες κατηγορίες [2, 59, 97]:

1. Στατικές διατάσεις, όπου η θέση διάτασης διατηρείται σταθερή για ένα διάστημα που συνήθως κυμαίνεται από 10 έως 30 δευτερόλεπτα [2]. Οι στατικές διατάσεις μπορεί να είναι ενεργητικές ή παθητικές [10, 97].
 - Ενεργητικές ονομάζονται όταν 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, δηλ. οι ισchioκνημιαίοι).
 - Παθητικές ονομάζονται όταν η θέση διάτασης διατηρείται με εξωτερική «βοήθεια», δηλαδή με τη βαρύτητα ενός μέλους του ασκούμενου, με έναν μάντα ή έναν βοηθό.
2. Δυναμικές διατάσεις, όπου εκτελούνται κινήσεις σ' ένα αυξανόμενο εύρος κίνησης με σταθερή ή αυξανόμενη ταχύτητα κίνησης για 10-12 φορές. Στις δυναμικές διατάσεις εκτελούνται ελεγχόμενες αιωρητικές κινήσεις, οι οποίες συνήθως αποτελούν μέρος αθλητικών ή καθημερινών (λειτουργικών) κινήσεων και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ως «λειτουργικές διατάσεις» από προπονητές και φυσικοθεραπευτές [10, 11]. Οι δυναμικές διατάσεις δεν πρέπει να συγχέονται με τις βαλλιστικές διατάσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν ταλαντεύσεις σε ακραίες θέσεις διάτασης με πιο απότομες κινήσεις, χρησιμοποιώντας την ορμή του σώματος ή των μελών του. Η γρήγορη παραγωγή υψηλής τάσης μέσα στους μύες και η ενεργοποίηση του μυοστατικού αντανακλαστικού - σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι σε άλλα είδη διάτασης- αυξάνουν τον κίνδυνο τραυματισμού. Συνεπώς οι βαλλιστικές διατάσεις πρέπει να γίνονται με προσοχή και υπό την επίβλεψη ειδικών [11, 59, 97].
3. Διατάσεις νευρομυϊκής διευκόλυνσης (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation ή PNF), όπου χρησιμοποιούνται ενεργητικές και παθητικές διατάσεις 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. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές διατάσεων νευρομυϊκής διευκόλυνσης, όπως για παράδειγμα η ισομετρική σύσπαση του υπό διάταση μυός η οποία ακολουθείται από παθητική διάτασή του με τη χρήση εξωτερικής βοήθειας από έμπειρο βοηθό/συνασκούμενο [59, 67, 97].

Οι στατικές διατάσεις είναι ίσως ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος και πιο απλός τύπος διάτασης και χρησιμοποιείται ευρέως σε προγράμματα που στοχεύουν στη βελτίωση της ευλυγισίας [5, 6, 89, 91]. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι στατικές διατάσεις μπορεί να επιφέρουν:

α) μακροχρόνιες προσαρμογές όπως αυξημένο εύρος κίνησης και αυξημένη μυϊκή ελαστικότητα, ιδιότητες οι οποίες είναι σημαντικές για τη σωστή λειτουργία του μυοσκελετικού συστήματος. Κατά τη συστηματική προπόνηση ευλυγισίας συνιστάται να γίνονται οι στατικές

διατάσεις πριν ή μετά από μία τυπική προπόνηση ή σε προγραμματισμένη ξεχωριστή προπόνηση ευλυγισίας [59, 80]

β) ενδεχόμενη βελτίωση της απόδοσης, όταν γίνονται πριν την αγωνιστική δραστηριότητα σε αθλήματα στα οποία η ευλυγισία είναι σημαντική παράμετρος, π.χ. ενόργανη και ρυθμική γυμναστική [17]

γ) μείωση της απόδοσης, όταν γίνονται αμέσως πριν από δραστηριότητες που απαιτούν υψηλή δύναμη, ισχύ και ταχύτητα [17, 73, 130].

δ) βελτίωση του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης, όταν γίνονται στα πλαίσια προγράμματος αποκατάστασης μετά από τραυματισμό [26, 97]

ε) ταχύτερη αποκατάσταση του οργανισμού (αποθεραπεία) μετά από προπονητική επιβάρυνση [33, 35] αν και η αποτελεσματικότητά τους καθώς και ο μηχανισμός δράσης τους δεν είναι επαρκώς εμπεριστατωμένα.

στ) μείωση της συχνότητας τραυματισμών όταν οι διατάσεις εκτελούνται ως μέρος της προθέρμανσης πριν από την άσκηση [3, 33, 63, 104]. Ωστόσο, αυτή η άποψη αμφισβητείται από πολλούς ερευνητές [99, 112, 115, 118, 125].

Η παροδική ή χρόνια βελτίωση του εύρους κίνησης μετά την εφαρμογή στατικών διατάσεων οφείλεται κυρίως σε αλλαγές στο μήκος και στη σκληρότητα των μυοτενόντιων μονάδων, σε νευρομυϊκές προσαρμογές (όπως για παράδειγμα την τροποποίηση λειτουργίας των ιδιοδεκτικών υποδοχέων στους μυς), καθώς και σε αυξημένη ανοχή στη διάταση [74, 80, 82, 116]. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι μηχανισμοί οι οποίοι προκαλούν αύξηση του εύρους κίνησης μετά από μια συνεδρία διατάσεων είναι και υπεύθυνοι για τη μείωση της μυϊκής απόδοσης, όταν τις διατάσεις ακολουθούν δραστηριότητες που απαιτούν υψηλή δύναμη και ισχύ [9, 13, 15, 16, 44]. Παρόλα αυτά, πρόσφατες έρευνες, έχουν αναδείξει ότι όταν οι στατικές διατάσεις ακολουθούνται από δυναμικές διατάσεις ή/και ασκήσεις ενεργοποίησης ή εξειδικευμένη ανάλογα με το άθλημα προθέρμανση, τότε μειώνεται ή ακόμα και αντιστρέφεται η αρνητική τους επίδραση στην απόδοση [98, 117, 122].

Για τους περισσότερους αθλητές -ιδιαίτερα σε αθλήματα με μεγάλες απαιτήσεις εύρους κίνησης όπως τα αθλήματα γυμναστικής- οι στατικές διατάσεις είναι αναπόσπαστο κομμάτι της προθέρμανσης. Επιπλέον, αν και οι στατικές διατάσεις χρησιμοποιούνται ευρέως στην προπόνηση ευλυγισίας, υπάρχουν λίγες ερευνητικές πληροφορίες σχετικά με τη μακροχρόνια επίδρασή τους στην αθλητική απόδοση [54, 77, 107]. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η κριτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορά τη φυσιολογική βάση της οξείας και χρόνιας επίδρασης των στατικών διατάσεων στην ευλυγισία και στην αθλητική απόδοση, με αναφορά σε πρακτικές εφαρμογές στο χώρο του αθλητισμού.

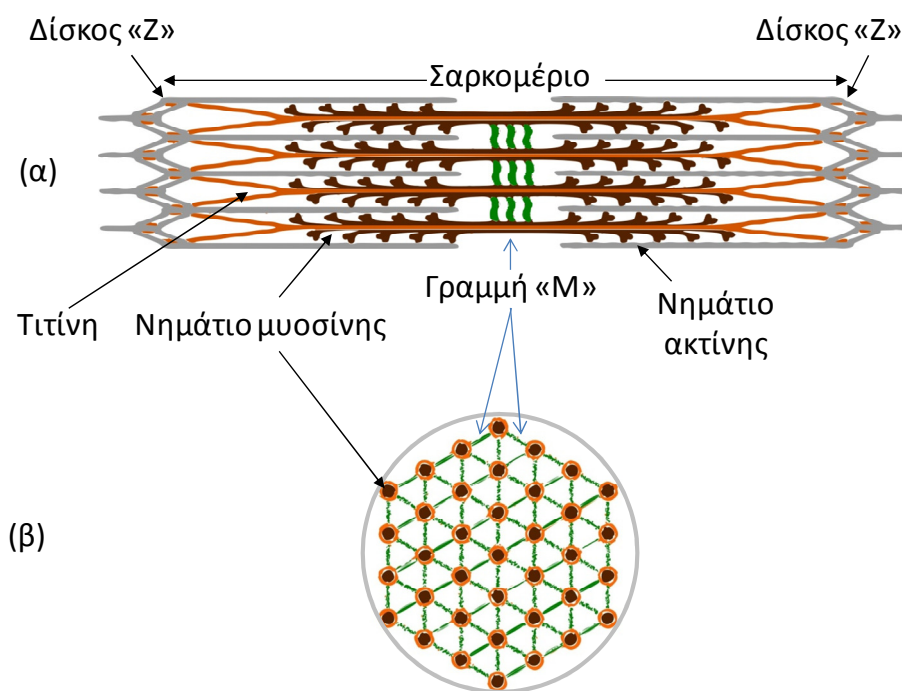
2. Φυσιολογική βάση των μυϊκών διατάσεων

2.1 Δομή των σκελετικών μυών και ευλυγισία

Οι σκελετικοί μύες είναι το μεγαλύτερο όργανο του ανθρώπινου σώματος, καταλαμβάνοντας περίπου το 30-40% και το 40-50% του συνολικού βάρους του σώματος, σε γυναίκες και σε άνδρες αντίστοιχα. Κάθε μυς αποτελείται από μεγάλο αριθμό μυϊκών ινών, οι οποίες έχουν παράλληλη διάταξη και συνδέονται μεταξύ τους με συνδετικό ιστό [38]. Κατά τον ίδιο τρόπο, οι μυϊκές ίνες αποτελούνται από πολλές υπομονάδες τα μυοϊνίδια, τα οποία είναι παράλληλα προς τον επιμήκη άξονα των μυϊκών ινών [2]. Τα μυοϊνίδια αποτελούνται από σειρές ενωμένων σαρκομερίων, τα οποία απαρτίζουν τη λειτουργική μονάδα του μυός και περιέχουν νημάτια ακτίνης και μυοσίνης [2, 38]. Τα μόρια της μυοσίνης βρίσκονται στο κέντρο του σαρκομερίου και συγκρατούνται μεταξύ τους με βοηθητικές πρωτεΐνες που σχηματίζουν τη γραμμή «M», σε διάταξη εξαγώνου (βλέπε Σχήμα 1). Τα λεπτά νημάτια της ακτίνης βρίσκονται ανάμεσα από αυτά της μυοσίνης και από τις δύο πλευρές και συνδέονται μεταξύ τους με τις πρωτεΐνες του δίσκου «Z» (Σχήμα 1) [2, 18]. Τα σαρκομέρια μεταβάλλουν το μήκος τους μέσω

διολίσθησης των νηματίων μυσίνης και ακτίνης-έλκοντας τους δίσκους «Z» πιο κοντά [18]. Η ελαστικότητα του σαρκομερίου καθορίζεται από βοηθητικές κυτταροσκελετικές πρωτεΐνες, των οποίων η μοριακή αρχιτεκτονική και ελαστικότητα επιτρέπουν την ελαστική παραμόρφωση (επιμήκυνση) του μυός κατά τη διάτασή του [121]. Μια τέτοια «ελαστική» πρωτεΐνη είναι η τιτίνη (titin), η οποία είναι γνωστή και ως «συνδετήρη», και αποτελεί τη μεγαλύτερη, σε μήκος, πρωτεΐνη των σπονδυλωτών, αφού εκτείνεται κατά μήκος του μισού σαρκομερίου, από το δίσκο «Z» μέχρι τη γραμμή «M», ενώνοντας κατά μήκος τα νημάτια ακτίνης και μυσίνης (Σχήμα 1). Μαζί με τη μυσίνη και την ακτίνη, η τιτίνη παίζει κυρίαρχο ρόλο στη λειτουργία των μυών συμβάλλοντας στη σταθερότητα και στην ελαστικότητά τους [2, 121]. Σε αντίθεση με προγενέστερες απόψεις, οι ίνες της μυσίνης και της ακτίνης δεν διατείνονται και τα νημάτια τιτίνης θεωρούνται υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για την αναπτυσσόμενη τάση των μυών σε διάταση ή σε χαλάρωση [48]. Η τιτίνη, σταθεροποιεί το σαρκομέριο κρατώντας τα νημάτια μυσίνης στο κέντρο του σαρκομερίου και προσδίδει ελαστικότητα στους μυς, επαναφέροντας τα νημάτια μυσίνης κοντά στους δίσκους «Z» μετά από μια διάταση [48]. Τα νημάτια τιτίνης έχουν την ιδιότητα να αποθηκεύουν ελαστική ενέργεια και στη συνέχεια να την απελευθερώνουν και αυτό αυξάνει την ισχύ που παράγει ένας μυς όταν συσπάται μετά από διάταση [40].

Οι σκελετικοί μύες περιλαμβάνουν επίσης συνδετικό ιστό όπου καταλήγει στη δημιουργία τένοντα για την πρόσφυση στα οστά (μυοτενόντιο σύμπλεγμα). Ο συνδετικός ιστός αποτελείται από τρία είδη ινών: κολλαγόνου, ελαστικές και δικτυωτές, οι οποίες είναι κατανομημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε ανάλογα να προσδίδουν και τις ειδικές ιδιότητες του συγκεκριμένου ιστού. Οι τένοντες αποτελούνται κυρίως από ίνες κολλαγόνου και ελαστίνη και έχουν μειωμένη ικανότητα διάτασης σε σχέση με τους μύες, λόγω της μικρότερης εγκάρσιας διατομής τους και της σύστασής τους [76]. Οι τένοντες εμφανίζουν αλλαγές στις μηχανικές τους ιδιότητες και στην εγκάρσια διατομή



Σχήμα 1. (α) Δομή του σαρκομερίου το οποίο οριοθετείται από τους δίσκους «Z» και (β) εγκάρσια τομή του σαρκομερίου στην οποία φαίνονται τα μόρια της μυσίνης που συγκρατούνται μεταξύ τους με βοηθητικές πρωτεΐνες (γραμμές «M») σε διάταξη εξαγώνου.

(επιφάνεια), ως προσαρμογή στην άσκηση [81, 87], ενώ οι ιδιότητες αυτές μεταβάλλονται με την ηλικία [94, 101]. Αν και ο μυϊκός ιστός και οι τένοντες μπορούν να μελετηθούν χωριστά στο εργαστήριο (in vitro), αυτό δεν μπορεί να συμβεί στις κλινικές μετρήσεις, όπου η ελαστικότητα αναφέρεται τόσο τα συστατικά στοιχεία του μυός όσο και τα στοιχεία του τένοντα.

2.2 Οξείες επιδράσεις των διατάσεων στο εύρος κίνησης των αρθρώσεων και στην αθλητική απόδοση

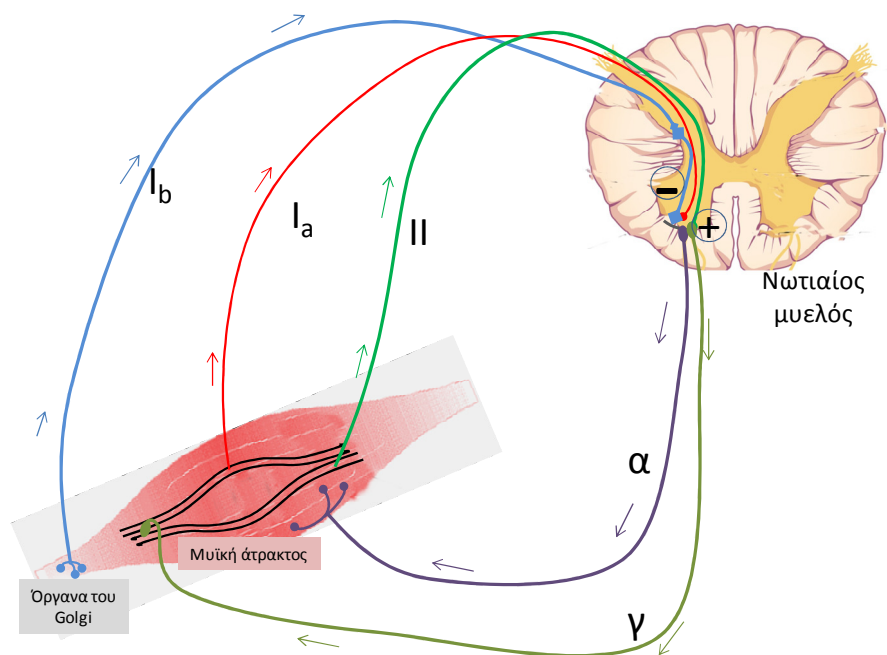
2.2.1 Μεταβολές μηχανικών παραγόντων

Η μεταβολή του μήκους ενός σκελετικού μυός εξαρτάται από την παθητική αντίσταση που προβάλλει όταν διατείνεται, η οποία είναι ίση με τη δύναμη τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα του όταν βρίσκεται σε μήκος μεγαλύτερο από αυτό της ηρεμίας [95]. Η αύξηση του μήκους της μυοτενόντιας μονάδας (Muscle-tendon unit) η οποία παρατηρείται αμέσως μετά την εφαρμογή εξωτερικού φορτίου οφείλεται στη μεταβολή των γλοιοελαστικών ιδιοτήτων των μυών [82, 95]. Ελαστικότητα ονομάζεται η ιδιότητα των μυών να επιστρέφουν στο αρχικό τους μήκος μετά την εφαρμογή εξωτερικού ερεθίσματος/διάτασης [111] ενώ η γλοιότητα χαρακτηρίζει την εσωτερική τριβή των μυών η οποία αυξάνεται με την ταχύτητα της μυϊκής σύσπασης, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα της μηχανικής απόκρισης των συσταλών στοιχείων του μυός [33]. Η επιμήκυνση ενός σκελετικού μυός σε ένα καινούργιο μήκος, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αντίστασής του στην επιμήκυνση με την πάροδο του χρόνου [80], ένα φαινόμενο που οφείλεται στον αναπροσανατολισμό των ινών των μαλακών μορίων [126]. Συνεπώς, οι στατικές διατάσεις τροποποιούν τις μηχανικές ιδιότητες του μυός, διατηρώντας τις αλλαγές για ένα σύντομο χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή της διάτασης [82]. Εάν η διάταση είναι παρατεταμένη, ή εάν δεν υπάρξει επαρκής χρόνος αποκατάστασης πριν την επόμενη διάταση, το μυοτενόντιο σύνολο δεν αποκαθιστά το αρχικό του μήκος και παραμορφώνεται, παραμένοντας προσωρινά σε επιμήκυνση (creep phenomenon) [39]. Η σχέση μεταξύ μήκους και τάσης εκφράζεται με την μηκο-δυναμική σχέση. Όταν γίνονται μετρήσεις (in vivo) σε ανθρώπους, το μήκος του μυός μετρείται έμμεσα, μέσω μετρήσεων της γωνίας της άρθρωσης που μελετάται και κατά συνέπεια η μηκο-δυναμική καμπύλη εκφράζεται με τη σχέση γωνίας της άρθρωσης και δύναμης ή ροπής [39].

Οι στατικές διατάσεις επιδρούν στις μηχανικές ιδιότητες του μυός τροποποιώντας τη βέλτιστη επιφάνεια επικάλυψης των εγκάρσιων γεφυρών των νηματίων μυοσίνης και ακτίνης και ακολούθως τη σχέση μήκους-τάσης του σαρκομέριου και την παραγωγή δύναμης στους μύες [14]. Κατά την διάταση, η περιοχή της επικάλυψης μειώνεται αισθητά με συνέπεια να μειώνεται και η δύναμη, λόγω του μικρότερου αριθμού εγκάρσιων γεφυρών. Η εφαρμογή επιπλέον τάσης σε ένα μυ ο οποίος ήδη βρίσκεται στο μέγιστο μήκος (το σύνολο των σαρκομερίων είναι σε θέση διάτασης), μεταφέρεται στο συνδετικό ιστό που περιβάλλει τον μυ. Ο συνολικός αριθμός των μυοϊνιδίων τα οποία διατείνονται καθορίζουν το νέο μήκος του διατεινόμενου μυός [46].

Σε σημαντικό αριθμό ερευνών διαπιστώθηκε ότι οι στατικές διατάσεις έχουν ως αποτέλεσμα την παροδική μείωση της μυϊκής σκληρότητας -ή την αύξηση της μυϊκής ενδοτικότητας- [46, 105] η οποία εκφράζεται από το πηλίκο της δύναμης που εφαρμόζεται στον μυ διά της μεταβολής του μήκους του [33]. Η μυϊκή σκληρότητα μετράται όταν το μήκος του μυός αλλάξει εξαιτίας ενός εξωτερικού φορτίου που τείνει να τον επιμηκύνει και εκφράζει την αντίσταση του μυός στην επιμήκυνση αυτή. Το αντίθετο της μυϊκής σκληρότητας είναι η μυϊκή ενδοτικότητα. Σύμφωνα με τον Rubini και συν. [105] η αύξηση της μυϊκής ενδοτικότητας μετά από στατική διάταση μπορεί να θεωρηθεί ως ένας βασικός μηχανισμός μείωσης της απόδοσης μετά από διάταση, διότι οι αλλαγές στη σκληρότητα του μυοτενόντιου συνόλου επηρεάζουν το ρυθμό παραγωγής και μεταβίβασης της δύναμης.

Προγενέστερες έρευνες οι οποίες εξέτασαν τη βελτίωση του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης μετά από μια συνεδρία διατάσεων ή προπονητική περίοδο διάρκειας 3-8 εβδομάδων



Σχήμα 2. Απεικόνιση της λειτουργίας των ιδιοδεκτικών υποδοχέων (όργανα του Golgi και μυϊκή άτρακτος) κατά τη διάταση. Η μεγάλη εύρους ή/και απότομη διάταση προκαλεί σύσπαση των μυϊκών ινών μέσω των «α» κινητικών νευρώνων και την προσαρμογή του μήκους των ινών της μυϊκής άτρακτος, μέσω των «γ» κινητικών νευρώνων. Τα όργανα του Golgi δίνουν πληροφορίες για το μέγεθος της τάσης στον τένοντα, ώστε σε υπερβολική τάση να αναστέλλεται το δυναμικό των «α» κινητικών νευρώνων και να προκαλείται μυϊκή χαλάρωση.

αναφέρουν ότι η βελτίωση στο εύρος κίνησης μιας άρθρωσης οφείλεται στην αυξημένη ανοχή στη διάταση που έχουν αποκτήσει με την άσκηση οι προπονημένοι αθλητές και όχι σε αλλαγές στις γλοιοελαστικές ιδιότητες των μυών και πρότειναν ως πιθανότερη ερμηνεία αυτού του φαινομένου τις αλλαγές σε κάποια από τα χαρακτηριστικά των αισθητικών νευρικών οδών [82, 126]. Η βελτίωση τους εύρους κίνησης λόγω αυξημένης ανοχής στη διάταση μπορεί να φτάσει σε ποσοστό έως 15%. Η επίδραση αυτή χάνεται το πολύ 60 min μετά τη διάταση [126].

Ένα επιχείρημα για την εφαρμογή στατικών διατάσεων στην προθέρμανση είναι η θετική επίδρασή τους στη μείωση των τραυματισμών κυρίως μέσω βελτίωσης του εύρους κίνησης των αρθρώσεων [59]. Όμως, τα αποτελέσματα των σχετικών εργασιών είναι αντικρουόμενα [99, 115, 118] και υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση των διατάσεων στην πρόληψη τραυματισμών [32, 63, 84] ενώ κάποιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η χρήση στατικών διατάσεων στην προθέρμανση μπορεί να είναι ακόμα και επιζήμια [110, 125]. Οστόσο σε πολλές έρευνες, δεν γίνεται διάκριση μεταξύ οξείας και χρόνιας επίδρασης των διατάσεων, οπότε πολλές φορές υπάρχει σύγχυση ως προς την ερμηνεία και τις πρακτικές εφαρμογές των ευρημάτων

2.2.2 Μεταβολές νευρο-φυσιολογικών παραγόντων

Οι τεχνικές διάτασης βασίζονται σε νευροφυσιολογικούς παράγοντες που περιλαμβάνουν το μυοστατικό και το αντίστροφο μυοστατικό αντανακλαστικό. Το μυοστατικό αντανακλαστικό μπορεί να περιγραφεί ως ένας αισθητικός υποδοχέας, ο οποίος βρίσκεται στις ενδοκαψικές ίνες της μυϊκής άτρακτος (Σχήμα 2). Οι ενδοκαψικές ίνες βρίσκονται παράλληλα με τις εξωκαψικές ίνες (αυτές οι οποίες περιέχουν μυοϊνίδια) και συνδέονται με τους τένοντες. Οι απολήξεις των ενδοκαψικών ινών είναι συσταλτές και νευρώνονται με γ – φυγόκεντρες ίνες. Στην κεντρική περιοχή υπάρχουν οι πρωτεύουσες αισθητικές απολήξεις οι οποίες αντιδρούν στις μεταβολές του μήκους και της ταχύτητας διάτασης (κεντρομόλες ίνες Ia), ενώ οι δευτερεύουσες που βρίσκονται

στα πλευρά των πρωτευόντων αντιδρούν κυρίως στη μεταβολή του μήκους (κεντρομόλες ίνες II) [52]. Το τενόντιο όργανο του Golgi, είναι ένας άλλος αισθητικός υποδοχέας ο οποίος βρίσκεται στα όρια του μυ και του τένοντα και αντιδρά: α) στις μεταβολές δύναμης αλλά και β) στον ρυθμό των αλλαγών της δύναμης [25]. Όταν ένας μυς διατείνεται, οι κύριοι μηχανοϋποδοχείς του μυοτατικού αντανακλαστικού (μυϊκή άτρακτος) στέλνουν ώσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα (νωτιαίος μυελός) για την αύξηση του μήκους του μυός. Σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα από τη διάταση (κατά μέσο όρο 40 ms), φυγόκεντρες ώσεις επιστρέφουν από το νωτιαίο μυελό προς τον μυ και προκαλούν την αντανακλαστική συστολή του μυός, ο οποίος αντιστέκεται στη διάταση (μυοτατικό αντανακλαστικό) [25, 26]. Ταυτόχρονα, προκαλείται αναστολή των κινητικών νευρώνων των ανταγωνιστών μυών, με αποτέλεσμα αυτοί να «χαλαρώνουν». Αν η διάταση του μυός συνεχισθεί για παρατεταμένο χρονικό διάστημα (μεγαλύτερο των 6 δευτερολέπτων) οι ώσεις από τους αισθητήρες τάσεως (κεντρομόλες ίνες Ib από τα όργανα Golgi) υπερκαλύπτουν τις ώσεις από τις μυϊκές ατράκτους.

Οι νευρικές ώσεις από τα όργανα Golgi σε αντίθεση με τις νευρικές ώσεις από τις μυϊκές ατράκτους, προκαλούν την αντανακλαστική χαλάρωση του μυός (αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό). Αυτή η αντανακλαστική χαλάρωση χρησιμεύει ως ένας προστατευτικός μηχανισμός από την υπερβολική ανάπτυξη τάσης και επιτρέπει στον μυ να αυξήσει το μήκος του μέσω της χαλάρωσής του [39]. Με άλλα λόγια τα νευρομυϊκά αντανακλαστικά προσαρμόζονται στη συστηματική διάταση και μεταβάλλουν την ικανότητα χαλάρωσης του μυός με αποτέλεσμα την προστασία του. Γνωρίζοντας τη λειτουργία αυτών των αντανακλαστικών, μπορούμε να αυξήσουμε το βαθμό χαλάρωσης του μυός και να επιτύχουμε μεγαλύτερη διάταση [88, 89]. Ο ρόλος του μυοτατικού αντανακλαστικού κατά τη διάταση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος της διατάσης που γίνεται. Οι Nelson και συνεργάτες [90] αναφέρουν ότι το μυοτατικό αντανακλαστικό ενεργοποιείται τόσο σε γρήγορες και απότομες αυξήσεις του μήκους του μυός - όπως κατά τις βαλλιστικές διατάσεις- όσο και σε αργές και ελεγχόμενες κινήσεις όπως στις στατικές και στις διατάσεις νευρομυϊκής διευκόλυνσης. Σε σημαντικό αριθμό ερευνών αναφέρεται ότι η μείωση της απόδοσης μετά από διάταση συνδέεται με την μείωση της μυϊκής ενεργοποίησης [7, 8, 31, 46]. Ωστόσο το εύρημα αυτό είναι αντικρουόμενο. Σε άλλες έρευνες που παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης μετά από στατική διάταση, δεν διαπιστώθηκαν αλλαγές στην ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών [27, 66, 70]. Σε αντίθεση, οι πιο αποτελεσματικές τεχνικές βελτίωσης του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης (όπως οι διατάσεις νευρομυϊκής διευκόλυνσης) συνδέονται με αυξημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα [82]. Συνεπώς η αύξηση του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης δεν μπορεί να αποδοθεί απόλυτα σε νευρομυϊκή χαλάρωση [28, 82, 102].

2.3 Χρόνιες επιδράσεις της συστηματικής προπόνησης στατικών διατάσεων στο εύρος κίνησης των αρθρώσεων και στην αθλητική απόδοση

Η συστηματική στατική διάταση επιφέρει χρόνιες αλλαγές στην μυϊκή ελαστικότητα και το εύρος κίνησης των αρθρώσεων [2]. Ωστόσο, τόσο οι χρόνιες επιδράσεις των στατικών διατάσεων όσο και οι χρόνιες προσαρμογές των αθλητών στην προπόνηση ευλυγισίας δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς [59].

Προγενέστερες έρευνες εξέτασαν την επίδραση προγραμμάτων στατικής διατάσης διάρκειας 3-4 εβδομάδων στις μηχανικές ιδιότητες των μυών [60, 82]. Διαπιστώθηκε ότι η βελτίωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων προέκυψε χωρίς αλλαγή στις μηχανικές ιδιότητες των μυών, χωρίς αλλαγή στην καμπύλη της παθητικής τάσης που αναπτύσσεται στον μυ όταν διατείνεται σε σχέση με το βαθμό διάτασης (δηλαδή τη γωνία της άρθρωσης), αποτέλεσμα το οποίο αποδόθηκε στην αυξημένη «ανοχή στη διάταση» που εμφανίζουν οι προπονημένοι σε ευλυγισία αθλητές. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώθηκαν και από μεταγενέστερες έρευνες, [19, 51]. Οι Decoster και συν. [34], εξετάζοντας 28 εργασίες σε μια συστηματική βιβλιογραφική

ανασκόπηση σχετικά με την επίδραση των διατάσεων στην ικανότητα των οπίσθιων μηριαίων για διάταση, ανέφεραν ότι η βελτίωση του εύρους κίνησης πιθανότατα οφείλεται σε αυξημένη ανοχή στη διάταση. Φαίνεται λοιπόν ότι ένα προπονητικό πρόγραμμα διάτασης που εφαρμόζεται για διάστημα 4-8 εβδομάδων μπορεί να τροποποιήσει την ευλυγισία, προκαλώντας κυρίως βελτίωση στην ανοχή της αίσθησης του πόνου [19, 34, 45, 51]. Οι χρόνιες προσαρμογές χρειάζονται το ελάχιστο 30 s διάτασης κάθε μέρα ανά μυϊκή ομάδα, για 5 μέρες την εβδομάδα για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 4 εβδομάδων [59]. Από πλευράς προπονητικής επιβάρυνσης, πιο σημαντική παράμετρος για τη βελτίωση της ευλυγισίας θεωρείται ο συνολικός χρόνος διάτασης κατά τη διάρκεια μιας προπόνησης και λιγότερο ο χρόνος παραμονής σε διάταση σε κάθε επανάληψη [24, 59, 103]. Οι Cirigliani και συνεργάτες [24] εξέτασαν δύο διαφορετικά πρωτόκολλα προπόνησης ευλυγισίας διάρκειας 6 εβδομάδων και συνολικής ημερήσιας διάρκειας διάτασης 2 min, σε 25 υγιείς ασκούμενους. Το ένα πρωτόκολλο περιείχε 6 διατάσεις διάρκειας 10 s η κάθε μία, το οποίο επαναλαμβανόταν δύο φορές την ημέρα ενώ το άλλο, 2 διατάσεις διάρκειας 30 s η κάθε μία το οποίο επίσης επαναλαμβανόταν δύο φορές την ημέρα. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν διαφορά ανάμεσα στα δύο διαφορετικά πρωτόκολλα προπόνησης. Ενδιαφέρον είναι το εύρημα των Bandy, Irion και Briggler [11] οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση δύο πρωτοκόλλων με διατάσεις διάρκειας 30 s ή 1 min σε 57 άνδρες και γυναίκες με περιορισμένη ικανότητα διάτασης οπίσθιων μηριαίων. Οι συμμετέχοντες έκαναν διάταση για πέντε ημέρες την εβδομάδα και για έξι συνολικά εβδομάδες και τα αποτελέσματα έδειξαν ίδια βελτίωση και με τα δύο πρωτόκολλα, παρά το διαφορετικό συνολικό χρόνο διάτασης. Οι ίδιοι ερευνητές σε προηγούμενη έρευνά τους [10] εφαρμόζοντας πρόγραμμα διατάσεων διάρκειας 6 εβδομάδων σε 75 άνδρες και γυναίκες με βράχυνση στους οπίσθιους μηριαίους, διαπίστωσαν πως διάταση συνολικής διάρκειας 15 s δεν είχε σημαντική επίδραση στην αύξηση της ελαστικότητας των ασκουμένων, ενώ διάταση διάρκειας 30 s σε κάθε προπόνηση ήταν το ίδιο αποτελεσματική με διάταση διάρκειας 60 s την ημέρα. Για την καλύτερη εκτίμηση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων των σχετικών εργασιών θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψη του ότι είναι πρακτικά αδύνατη η σύγκριση ερευνών με διαφορετικό χρόνο διάτασης, σε διαφορετικές μυϊκές ομάδες και επίπεδο ασκουμένων.

Ένας ακόμα πιθανός μηχανισμός στον οποίο οφείλεται η αύξηση της ελαστικότητας του μυός μετά από στατική διάταση είναι η «πλαστική» παραμόρφωση του συνδετικού ιστού [109]. Για την επίτευξη πλαστικής παραμόρφωσης απαιτείται τέτοια ένταση και διάρκεια διάτασης ώστε ακόμα κι όταν το εξωτερικό ερέθισμα σταματήσει, ο μυς να μην μπορεί να ανακτήσει το αρχικό του μήκος αλλά να παραμένει σε επιμήκυνση [126]. Ωστόσο η «πλαστική» παραμόρφωση του συνδετικού ιστού επιτυγχάνεται σε μικρό βαθμό και μετά από πολύωρη στατική διάταση [39], όπως π.χ. στην περίπτωση που τοποθετούνται νάρθηκες σκολίωσης ή ακινητοποίησης λόγω κατάγματος. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι εάν ένας μυς ακινητοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα σε θέση βράχυνσης, τότε επέρχεται «βράχυνση» όχι μόνο του συνδετικού ιστού λόγω εναπόθεσης ινών κολλαγόνου σε λανθασμένη διάταξη, αλλά και των «συσταλών» στοιχείων, λόγω ελάττωσης του αριθμού των σε σειρά ευρισκομένων σαρκομερίων [126, 128]. Αυτό έχει αρνητικές επιπτώσεις στο εύρος κίνησης μιας άρθρωσης και παρατηρείται μετά από ακινητοποίηση, π.χ. σε γύψινο νάρθηκα. Αντίθετα, μακροχρόνια ακινητοποίηση του μυός σε θέση διάτασης, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των σαρκομερίων και την αύξηση του μήκους του μυός [128]. Οι περισσότερες έρευνες σε ζώα δείχνουν ότι οι μύες προσαρμόζονται αλλάζοντας τον αριθμό και το μήκος των σε σειρά ευρισκομένων σαρκομερίων, προκειμένου να ανταποκριθούν στην παραγωγή δύναμης στο νέο λειτουργικό τους μήκος [128]. Τα ευρήματα αυτά έχουν γενικευτεί και σε έρευνες σε ανθρώπους, δείχνοντας ότι προγράμματα διατάσεων, μπορεί να προκαλούν παρόμοιες αυξήσεις στα σαρκομέρια, αλλαγές στη συγκέντρωση και τον προσανατολισμό των ινών του κολλαγόνου και τελικά αύξηση στο μήκος των υπό διάταση μυών έτσι ώστε να χρειάζεται μικρότερη τάση για να επιμηκυνθεί ο μυς σε ένα συγκεκριμένο μήκος [50, 124].

Προγενέστερες έρευνες αναφέρουν ότι η χρόνια προπόνηση ευλυγισίας μπορεί να βελτιώσει τη μέγιστη δύναμη και ισχύ των κάτω άκρων [62, 71, 131]. Οι Worell και συν. [131] διαπίστωσαν σημαντική αύξηση στη ροπή των καμπτήρων του γόνατος σε έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις, σε ισοκινητικό δυναμόμετρο σε ταχύτητες 60 και 120°·s⁻¹, καθώς και σε μειομετρικές συσπάσεις με ταχύτητα 120°·s⁻¹, ενώ δεν βρέθηκε επίδραση της προπόνησης διατάσεων στις μειομετρικές συσπάσεις στις 60°·s⁻¹. Στην έρευνα των Handel, Horstmann, Dickhurth, και Gulch [62] αναφέρεται βελτίωση στη μυϊκή απόδοση μετά από προπονητικό πρόγραμμα ευλυγισίας 8 εβδομάδων, μελετώντας δεδομένα των γωνιακών ταχυτήτων σε μειομετρικές, έκκεντρες και ισομετρικές μυϊκές συσπάσεις. Οι ίδιοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η αλλαγή στις βιομηχανικές ιδιότητες των αρθρώσεων λόγω στατικής διάτασης πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. Σε περίπτωση μόνιμης επιμήκυνσης των μαλακών μορίων που περιβάλλουν μία άρθρωση, τότε είναι πιθανόν να υπάρχουν αλλαγές στις γωνίες πρόσφυσης των τενόντων και των αντίστοιχων αξόνων περιστροφής [62]. Σε πρόσφατη έρευνα των Ryan, Herda, Costa Walter, Hoge και Cramer [107] σε 31 υγιείς άρρενες, αναφέρεται ότι μετά από προπόνηση στατικών διατάσεων διάρκειας 4 εβδομάδων (συνολικός χρόνος διάτασης σε κάθε προπόνηση 9 min ανά μυϊκή ομάδα, 3 προπονήσεις την εβδομάδα), παρατηρήθηκε αύξηση της μέγιστης δύναμης και ισχύος κατά 14% για την ομάδα που έκανε διάταση ενώ στην ομάδα ελέγχου, η οποία δεν υποβλήθηκε σε προπόνηση ευλυγισίας, διαπιστώθηκε μείωση της δύναμης κατά 1%. Ως πιθανή εξήγηση αυτού του φαινομένου, διατυπώθηκε η υπόθεση ότι όταν ένας μυς διατείνεται ανταποκρίνεται προσθέτοντας περισσότερα σαρκομέρια [114]. Σε αντίθεση, οι La Roche, Lussier και Roy, [77] δεν αναφέρουν αύξηση της δύναμης ή της ισχύος μετά από προπόνηση ευλυγισίας διάρκειας 4 εβδομάδων, σε ομάδα αρρένων ασκουμένων επιπέδου αναψυχής. Οι Nelson, Kokkonen, Eldrege, Cornwell, και Glickman-Weiss, [90] αναφέρουν πως δεν παρατηρήθηκε αρνητική επίδραση στη δρομική οικονομία μετά από 10 εβδομάδες προπόνησης ευλυγισίας ενώ ταυτόχρονα προκλήθηκε σημαντική βελτίωση στο εύρος κίνησης των αρθρώσεων, εύρημα το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί ως αντικρουόμενο. Πιθανές αρνητικές αλλαγές στην δρομική οικονομία είναι δυνατόν να προκύπτουν από ένα όριο ευλυγισίας και πάνω, το οποίο όμως σχετίζεται με το επίπεδο των δοκιμαζομένων [29]. Οι περισσότερες έρευνες φαίνεται πως συμφωνούν με τα αποτελέσματα του Magnusson και συν. [82] η ερμηνεία των οποίων βασίζεται στο γεγονός ότι η ευλυγισία ως χρόνια προσαρμογή πιθανότατα δεν μειώνει τη μυϊκή σκληρότητα.

Παλαιότερες έρευνες υποστηρίζουν ότι η αύξηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων και η βελτίωση της ελαστικότητάς των μυών με τη χρόνια προπόνηση μειώνουν την πιθανότητα μυϊκών τραυματισμών [72]. Οι Weldon και Hill [125] αναφέρουν ότι η χρόνια βελτίωση του εύρους κίνησης είναι πιθανόν να αυξάνει την ικανότητα των μυών για απορρόφηση ενέργειας μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο τραυματισμού. Αντίθετα, έχει εκφραστεί η άποψη ότι η αύξηση του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης δεν σχετίζεται με τη μείωση της πιθανότητας τραυματισμών, αφού οι μυϊκές θλάσεις συμβαίνουν συνήθως σε έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις και σε κανονικό εύρος κίνησης [118]. Αν και το ζήτημα που αφορά στην προστατευτική επίδραση της αύξησης της ευλυγισίας χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που δείχνουν ότι οι χρόνιες προσαρμογές που επιφέρουν οι μυϊκές διατάσεις μειώνουν την πιθανότητα τραυματισμών κατά 32% [3, 63, 68, 112].

3. Επίδραση των στατικών διατάσεων στην αθλητική απόδοση

3.1 Οξεία επίδραση των στατικών διατάσεων στην αθλητική απόδοση

Σημαντικός αριθμός ερευνών της τελευταίας δεκαετίας δείχνει ότι η οξεία επίδραση των στατικών διατάσεων στην προθέρμανση, έχει αρνητική επίδραση σε διάφορες παραμέτρους μέγιστης απόδοσης [13, 15, 16, 130]. Ως συνέπεια αυτών των ευρημάτων, στις οδηγίες του

American College of Sports Medicine [6] συνιστάται η αποφυγή των στατικών διατάσεων στην προθέρμανση πριν από αγωνίσματα ή δραστηριότητες που απαιτούν μυϊκή δύναμη, ταχύτητα και ισχύ, ενώ σε αρκετές έρευνες προτείνεται η αντικατάσταση των στατικών διατάσεων από ενεργητικές [69, 70]. Σημειώνεται ότι δεν έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα σχετικά με την επίδραση των στατικών διατάσεων σε ασκούμενους διαφορετικών ηλικιών. Πρόσφατα, οι Paradisis και συνεργάτες [96] εξέτασαν την επίδραση στατικών και δυναμικών διατάσεων διάρκειας 40 s σε 47 έφηβους ασκούμενους και βρήκαν ότι οι στατικές διατάσεις είχαν αρνητική επίδραση (2.5%) στην επίδοση σε sprint 20 m ενώ και τα δύο είδη διατάσεων επέδρασαν αρνητικά στην απόδοση των ασκούμενων στο κατακόρυφο άλμα (6.3% και 2.2% μείωση μετά από στατικές και δυναμικές διατάσεις, αντίστοιχα).

Ωστόσο, η οξεία επίδραση των στατικών διατάσεων στην αθλητική απόδοση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, σημαντικότεροι από τους οποίους είναι η διάρκεια και η ένταση των διατάσεων, το προπονητικό υπόβαθρο των ασκούμενων, και ο τύπος δραστηριότητας που ακολουθεί τη διάταση [17, 73].

3.1.1 Επίδραση της συνολικής διάρκειας των στατικών διατάσεων στη μυϊκή απόδοση

Σε δύο πρόσφατες, συστηματικές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις [17, 73] εξετάστηκε η επίδραση της συνολικής διάρκειας των στατικών διατάσεων σε διάφορες παραμέτρους απόδοσης. Στην ανασκόπηση των Behm και Chaouachi [17] υπολογίστηκε το μέγεθος της επίδρασης και τα ποσοστά επί τοις εκατό των αλλαγών που προέκυψαν μετά από στατικές διατάσεις σε παραμέτρους δύναμης, ροπής και ισχύος. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι για διατάσεις διάρκειας μεγαλύτερης από 90 s υπάρχει ισχυρή ένδειξη για μείωση της απόδοσης ενώ για διατάσεις διάρκειας μικρότερης από 90 s τα αποτελέσματα ποικίλουν και θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν αντικρουόμενα. Στην ανασκόπηση των Kay και Blazevich [73] υποστηρίζεται ότι στατικές διατάσεις διάρκειας ≥ 60 s είναι πιθανόν να επιφέρουν σημαντική μείωση στην απόδοση ανεξάρτητα από την μυϊκή ομάδα, τον τύπο μυϊκής σύσπασης και την παράμετρο απόδοσης που εξετάζονται. Ωστόσο, σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, στατικές διατάσεις συνολικής διάρκειας ≤ 45 s -διάρκεια η οποία αποτελεί κοινή πρακτική στον αθλητισμό- μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προθέρμανση χωρίς αρνητικές επιδράσεις στην απόδοση. Όπως επισημαίνουν οι Goncalves και συνεργάτες [55] τα ευρήματα αυτών των δύο ανασκοπήσεων είναι μεγάλης πρακτικής σημασίας διότι στατικές διατάσεις διάρκειας 30-120 s συνιστώνται πριν από ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης [6] και αποτελούν συνηθισμένη πρακτική στην προπόνηση αθλητών. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι διατάσεις συνολικής διάρκειας ≤ 45 s μπορούν να χρησιμοποιούνται στην προθέρμανση αθλητών, ιδιαίτερα αν ακολουθούνται από ασκήσεις ενεργοποίησης [122].

Στην έρευνα των Avela και συνεργατών [7] εξετάστηκε η επίδραση στατικής διάτασης διάρκειας 60 min σε 20 ασκούμενους και αναφέρθηκε σημαντική μείωση (κατά 23.2%) στη μέγιστη εκούσια σύσπαση των πελματιαίων καμπτήρων. Η μείωση της απόδοσης είχε διάρκεια 15 min. Οι Fowles και συνεργάτες [46] εξέτασαν επίσης μεγάλης διάρκειας στατική διάταση (13 ασκήσεις, συνολικής διάρκειας 30 min) σε 10 ασκούμενους και ανέφεραν μείωση της απόδοσης στη μέγιστη εκούσια σύσπαση των πελματιαίων καμπτήρων κατά 28%, η οποία διήρκεσε μία ώρα. Μικρότερης διάρκειας διάταση εξέτασαν οι Henning και Rodzielny [65] (12 ασκήσεις διάρκειας 20 s η κάθε μία) και ανέφεραν μείωση στο κατακόρυφο άλμα 46 ασκούμενων κατά 4%. Μείωση στο ύψος του κατακόρυφου άλματος ανέφεραν επίσης οι Cornwell και συνεργάτες [27] και οι Wiemeyer και συνεργάτες [127] μετά από στατική διάταση συνολικής διάρκειας 180 s. Ωστόσο σε αρκετές έρευνες που εξέτασαν διατάσεις μέτριας διάρκειας υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα -ακόμα και στην ίδια έρευνα- ανάλογα με την παράμετρο απόδοσης που ακολουθεί τη διάταση. Για παράδειγμα, στην έρευνα των Cornwell και συνεργατών [27], βρέθηκε μείωση στο ύψος του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση αλλά όχι στο ύψος του άλματος από ημικάθισμα.

Πιο πρόσφατα, σε διατάσεις μικρότερης διάρκειας, οι Ogura και συνεργάτες [93] δεν αναφέρουν μείωση της μυϊκής απόδοσης μετά από διατάσεις διάρκειας 30 s σε 10 παίκτες ποδοσφαίρου ενώ οι Holt και Lambourne [69] επίσης δεν αναφέρουν μείωση στο χρόνο πτήσης κατακόρυφου άλματος σε 64 ποδοσφαιριστές μετά από στατική διάταση διάρκειας 15 s. Στην έρευνα των Siatras και συνεργατών [113] βρέθηκε σημαντική μείωση στην ισομετρική και ισοκινητική μέγιστη ροπή μόνο μετά από διάταση διάρκειας 30 και 60 s ενώ διάταση διάρκειας 10 και 20 s δεν είχε αρνητική επίδραση στην απόδοση. Στην έρευνα των Molacek και συνεργατών [86] δεν αναφέρθηκε διαφορά στη μέγιστη προσπάθεια σε πίεση πάγκου μεταξύ δύο σετ στατικής διατάσης, πέντε σετ στατικής διατάσης και καθόλου διατάσης (κάθε διάταση είχε διάρκεια 30 s). Σε αντίθεση, οι Tsolakis και Bogdanis [122] εξέτασαν την επίδραση διατάσεων διάρκειας 15 s και 30 s στην επίδοση σε κατακόρυφο άλμα αθλητών ξιφασκίας υψηλού επιπέδου και διαπίστωσαν ότι μετά από διάταση διάρκειας 30 s παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης κατά $5.5 \pm 0.9\%$.

Σε λίγες έρευνες αναφέρεται βελτίωση της απόδοσης μετά την εφαρμογή στατικών διατάσεων. Στην έρευνα των O' Connor, Crowe και Sprinks [92] αναφέρεται βελτίωση της απόδοσης των κάτω άκρων σε σχέση με την ομάδα ελέγχου παρά τη μεγάλη διάρκεια των διατάσεων (15 min). Συναφή είναι και τα ευρήματα των McMillian και συνεργατών [85] για την απόδοση σε 5 βήματα και άλμα μετά από διάταση 10 min ενώ ενδιαφέρον είναι το εύρημα των Little και Williams [79] για ουδέτερη επίδραση των στατικών διατάσεων σε ικανότητες σπριντ σε 18 επαγγελματίες αθλητές ποδοσφαίρου

Φαίνεται ότι η ανταπόκριση των ασκουμένων σε πρωτόκολλα διατάσεων με μέτρια και μικρή διάρκεια δεν είναι πάντα η ίδια και πιθανότατα οφείλεται στο εάν και κατά πόσο οι δοκιμαζόμενοι έχουν προπονηθεί χρησιμοποιώντας στατικές διατάσεις [17]. Η ανάλυση του συνόλου των ερευνών οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι διατάσεις με διάρκεια μεγαλύτερη από 30 s έχουν αρνητική επίδραση στην απόδοση [73], ωστόσο ο συνδυασμός της διάρκειας και της έντασης των διατάσεων με το επίπεδο των ασκουμένων και την υπό εξέταση παράμετρο απόδοσης καθορίζουν το τελικό αποτέλεσμα (Πίνακας 1).

3.1.2 Επίδραση της έντασης των στατικών διατάσεων στη μυϊκή απόδοση

Ο καθορισμός της έντασης των στατικών διατάσεων συνηθίζεται να γίνεται με βάση την υποκειμενική εκτίμηση του ασκούμενου, γεγονός που αποκλείει την ακριβή στάθμιση του εύρους της διατάσης. Για παράδειγμα, σε πολλές έρευνες εξετάστηκε διάταση στο όριο της έντονης ενόχλησης/πόνου (Point of discomfort ή POD) [13], σε άλλες εξετάστηκε διάταση έντασης ήπιας ενόχλησης [93] ή στο όριο πριν από την έντονη ενόχληση [22] ενώ υπάρχουν και έρευνες που δεν δίνεται διευκρίνιση για την ένταση της διατάσης.

Οι Young Elias και Power [133] εξέτασαν την επίδραση μεταξύ δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων έντασης της διατάσης (ακριβώς πριν από το όριο του πόνου, ένταση η οποία ορίστηκε ως 100% και ένταση στο 90% της προαναφερθείσας) και διάρκειας 1-3 min προκειμένου να εξετάσουν τη συνδυαστική επίδραση της διάρκειας και έντασης των διατάσεων στην απόδοση σε άλματα βάθους και στο ρυθμό ανάπτυξης μέγιστης δύναμης κατά τη σύσπαση του γαστροκνημίου μυός. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους δεν έδειξαν μείωση σε καμία παράμετρο απόδοσης μετά από διατάσεις έντασης 90% της μέγιστης. Ενδιαφέρον όμως είναι το εύρημα της έρευνας των Chaouachi και συνεργατών [22] οι οποίοι εξέτασαν δύο διαφορετικές εντάσεις διατάσης (στο σημείο του πόνου και χαμηλότερης από το σημείο του πόνου) στην απόδοση σε 30 m σπριντ, ευκινησία, και σε διαφορετικούς τύπους αλμάτων σε προπονημένους αθλητές. Οι ερευνητές δεν ανέφεραν διαφορά στην απόδοση των ασκουμένων μεταξύ των δύο διαφορετικών εντάσεων διατάσης. Σε αντίθεση, στην έρευνα των Behm και Kibele [16] οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση στατικών διατάσεων διάρκειας 120 s και έντασης 100%, 75% και 50% της μέγιστης σε φοιτητές φυσικής αγωγής, αναφέρθηκε μείωση της απόδοσης σε διαφορετικούς

Πίνακας 1. Έρευνες όπου εξετάστηκε η επίδραση των στατικών διατάσεων στη μυϊκή απόδοση.

Ερευνητές	Συμμετέχοντες	Παρέμβαση διάτασης	Παράμετρος που εξετάστηκε	Αποτελέσματα
Avela και συν. (1999)	20 άνδρες	Στατική διάταση: 1 h	- MVC πελματιαία κάμψη άκρου ποδός	↓ MVC (-23,2%). Οι τιμές MVC επανήλθαν στο αρχικό επίπεδο μετά από 15-min
Fowles και συν. (2000)	6 άνδρες 4 γυναίκες	α) Στατική διάταση: 13 διατάσεις για 30-min με τη μέγιστη ανεκτή ένταση	- MVC πελματιαία κάμψη άκρου ποδός (5, 15, 30, 45 και 60-min μετά τη στατική διάταση) 20-m σπριντ	↓ MVC (-28%) Στα 5 (-21%), 15 (-13%), 30 (-12%), 45 (-10%), και 60 min (-9%) μετά τη στατική διάταση ↓ σε απόδοση σε σπριντ μετά το α) και γ), (p<0,05) ↑ σε απόδοση σε σπριντ μετά (β) ↑ σε απόδοση σε σπριντ μετά το δ) αλλά μη σημαντική
Fletcher και συν. (2004)	97 Παίκτες ράγκμπι	α) Στατική διάταση (20 s) β) Ενεργητική δυναμική διάταση γ) Ενεργητική παθητική διάταση δ) Δυναμική + στατική διάταση	20-m σπριντ	↓ σημαντική μείωση (~0.04 s) σε 20-m σπριντ
Nelson και συν. (2005)	16 αθλητές στίβου	4 σετ x 3 ασκήσεις διατάσεων x 30 s	20-m σπριντ	↓ σημαντική μείωση (~0.04 s) σε 20-m σπριντ
Behm και συν. (2006)		Στατική διάταση για τετρακέφαλους, οπίσθιους μηριαίους και εκτείνοντες της ποδοκνημικής (3 x 30 s)	- MVC (έκταση και κάμψη γόνατος). - JH σε CMJ - JH και CT σε DJ	↓ στην έκταση γόνατος σε MVC (-6,1% έως -8,2%) ↓ στην κάμψη γόνατος σε MVC (-6,6% έως -10,7%) ↓ σε CT σε DJ (5,4% έως 7,4%) ↓ σε JH σε CMJ (-5,5% έως 5,7%) ↔ σε μέγιστη δύναμη και ρυθμό παραγωγής δύναμης ↓ σε απόδοση σε DJ (JH και CT) μετά από διάταση 2 min και 4 min ↓ σε DJ μετά από διάταση 4 min ↔ σε μυϊκή απόδοση μετά από διάταση διάρκειας 2 min σε ένταση 90% της μέγιστης
Young και συν. (2006)	20 άνδρες	1, 2, 3 και 4 min στατική διάταση σε 100% ένταση (όριο έντονης ενόχλησης/πόνου). 2 min στατική διάταση σε 90% ένταση	- Μέγιστη δύναμη ρυθμός παραγωγής δύναμης σε εκρηκτική μειομετρική πελματιαία κάμψη - JH και CT σε DJ	↔ σε μέγιστη δύναμη και ρυθμό παραγωγής δύναμης ↓ σε απόδοση σε DJ (JH και CT) μετά από διάταση 2 min και 4 min ↓ σε DJ μετά από διάταση 4 min ↔ σε μυϊκή απόδοση μετά από διάταση διάρκειας 2 min σε ένταση 90% της μέγιστης
Ogura και συν. (2007)	10 άνδρες	Στατική διάταση (30 και 60 s)	- MVC σε κίνηση κάμψης της άρθρωσης του γόνατος	↓ MVC μετά από στατική διάταση 60 s σε σχέση με την ομάδα ελέγχου και τη διάταση διάρκειας 30 s ↔ Δεν υπήρχε διάφορα μεταξύ ομάδας ελέγχου και ομάδας που έκανε διάταση για 30 s ↓ σε χρόνο στα 50 -m μετά από SADS σε σχέση με ADS και DADS
Fletcher & Anness (2007)	18 έμπειροι σπρίντερ	α) Ενεργητική δυναμική διάταση (ADS) β) Στατική παθητική διάταση σε συνδυασμό με ενεργητική δυναμική διάταση (SADS) γ) Στατική ενεργητική διάταση σε συνδυασμό με ενεργητική δυναμική διάταση (DADS)	50-m σπριντ	↓ σε χρόνο στα 50 -m μετά από SADS σε σχέση με ADS και DADS
Ryan και συν. (2008)	7 άνδρες 6 γυναίκες	α) 2-min στατικής διάτασης β) 4-min στατικής διάτασης γ) 8-min στατικής διάτασης	Μέγιστη ισομετρική ροπή % μυϊκή ενεργοποίηση Ρυθμός ανάπτυξης ροπής	↓ στη μέγιστη ισομετρική ροπή αμέσως μετά από όλες τις παρεμβάσεις [στατική διάταση 2 min (2%), στατική διάταση 4 min (4%), και στατική διάταση 8 min (6%)] ↓ σε ρυθμό ανάπτυξης ροπής μετά από 4 min (7%) και 8 min (6%) στατικής διάτασης

Πίνακας 1. Συνέχεια

Ερευνητές	Συμμετέχοντες	Παρέμβαση διάτασης	Παράμετρος που εξετάστηκε	Αποτελέσματα
Winchester και συν. (2009)	18 φοιτητές	1-6 επαναλήψεις στατικής διάτασης διάρκειας 30 s στους οπίσθιους μηριαίους	1-RM κάμψης γόνατος μετά από 0, 1, 2, 3, 4, 5, ή 6 επαναλήψεις διάτασης	↓ 1RM (5,4%), μετά από μία διάταση 30 s
Bacurau και συν. (2009)	14 αθλούμενες γυναίκες	Στατική διάταση (3 σετ x 6 ασκήσεις x 30 σετ)	- Μέγιστη δύναμη σε 45° (1RM)	↓ 1-RM (12,4%) μετά από 6 X 30 s
La Torre και συν. (2010)	17 άνδρες	Βαλλιστική διάταση α) Στατική διάταση (10 min) β) Ομάδα ελέγχου	πιέσεις ποδιών (leg press) -SJ με διαφορετικές γωνίες γόνατου: 50, 70, 90 και 110 °: (ύψος άλματος, μέγιστη δύναμη αντίδρασης εδάφους, ταχύτητα, ισχύς)	↓ σε μέγιστη δύναμη μετά από στατική διάταση ↔ μετά από βαλλιστική διάταση ↓ μετά από στατική διάταση ↓ η μείωση ήταν πολύ μεγαλύτερη σε μικρότερες γωνίες
Evetovich και συν. (2010)	15 αθλητές και 14 μη-αθλητές	Στατική διάταση με ένταση έως το σημείο ήπιας ενόχλησης (4 επαναλήψεις x 4 ασκήσεις x30 s)	- Ισοκινητικές εκτάσεις γονάτου σε 60 και 300 °/s	↓ σε ροπή σε μη αθλητές ενώ δεν υπήρξε μείωση σε αθλητές
Tsolakis & Bogdanis (2012)	20 αθλητές ξιφασκίας	Στατικές διατάσεις διάρκειας: 15 & 30 s	Ύψος CMJ	↓ μετά από διάταση 30 s (5.5±0.9%)
Cornwell και συν. (2002)	10 άνδρες	Στατική διάταση (3 σετ x 2 ασκήσεις x 30 s)	JH σε SJ	↔ σε JH
Yamaguchi και συν. (2005)	11 άνδρες φοιτητές	Στατική διάταση (30 s)	- Ισχύς σε έκταση σκέλους	↔ μετά από στατική διάταση
Alpkaya & Koceja (2007)	15 άνδρες	Δυναμική διάταση α) Στατική διάταση (3 σετ x 15 s)	- Χρόνος αντίδρασης - Παραγωγή δύναμης	↑ μετά από δυναμική διάταση ↔ καμία επίδραση της στατικής διάτασης
González-Rave και συν. (2009)	24 απροπόνητοι άνδρες	α) Ασκήσεις δύναμης χρησιμοποιώντας βάρη (3 σετ x 4 επαναλήψεις σε 90% της 1-RM) β) ασκήσεις δύναμης + στατικές διατάσεις c) Στατικές διατάσεις (3 ασκήσεις. x 15 s)	- JH σε SJ - JH σε CMJ	↑ σε SJs και CMJs μετά από στατική διάταση αλλά όχι σημαντική
Favero και συν. (2009)	10 προπονημένοι άνδρες	(α) Στατική διάταση	40-m σπριντ	↔ μεταξύ των ομάδων ↔ Δεν βρέθηκαν διαφορές
Di Cagno και συν. (2010)	38 αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής	α) Στατική διάταση (3x 30 s) β) Τυπική προθέρμανση ρυθμικής γυμναστικής	Χρόνος πτήσης (FT) και χρόνος επαφής με το έδαφος (CT) σε: SJ, CMJ και επαναλαμβανόμενα άλματα (HT)	↔ σε FT ↑ μετά την τυπική προθέρμανση
Donti, Tsolakis & Bogdanis (2014)	34 αθλητές γυμναστικής διεθνούς επιπέδου	α) Στατική διάταση (15 s) σε συνδυασμό με 1x5 άλματα με συσπείρωση β) Στατική διάταση (30 s) σε συνδυασμό με 3x5 άλματα με συσπείρωση	-Εύρος κίνησης ισχίου -Ύψος σε CMJ	↔ σε εύρος κίνησης και σε ύψος σε CMJ μετά το α) ↑ σε εύρος κίνησης ισχίου και σε ύψος σε CMJ μετά το β)

CMJ: κατακόρυφο άλμα με αιώρηση, DJ: άλμα βάθους, JH: ύψος άλματος, RM: μέγιστη επανάληψη, MVC: μέγιστη κατακόρυφη επιτάχυνση, CT: χρόνος επαφής, SJ: κατακόρυφο άλμα χωρίς αιώρηση, FT: Χρόνος πτήσης

τύπους αλμάτων σε όλες τις εντάσεις διάτασης που εξετάστηκαν. Η μείωση αυτή κυμάνθηκε από 3,6% έως 5,7%. Σε αυτήν την έρευνα, είναι πιθανόν, να ήταν άλλοι παράγοντες εκτός της έντασης, υπεύθυνοι για τη μείωση της απόδοσης των ασκουμένων όπως η διάρκεια των διατάσεων ή το επίπεδο ευλυγισίας των ασκουμένων.

Σε στατικές διατάσεις έντασης έως το σημείο της έντονης ενόχλησης/πόνου, σημαντικός αριθμός ερευνών αναφέρει μείωση της απόδοσης σε διάφορους τύπους αλμάτων [36, 56, 100] στην ικανότητα σπριντ [12, 41, 42, 43, 67] σε ροπή [31, 66], και σε δύναμη [13, 46, 58].

Στις περισσότερες έρευνες, οι διαβαθμίσεις της έντασης της διάτασης καθορίστηκαν με αντίστοιχη μείωση -σε μοίρες- του εύρους κίνησης της άρθρωσης. Για παράδειγμα, οι Young και συνεργάτες [133] προκειμένου να καθορίσουν το 90% της έντασης της διάτασης της ποδοκνημικής σε ραχιαία κάμψη, μείωσαν το εύρος κίνησης της άρθρωσης κατά 10 μοίρες από αυτό που αντιστοιχούσε στο 100% της έντασης. Ωστόσο, σε αθλητές με μεγάλο εύρος κίνησης, όπως οι αθλήτριες ρυθμικής ή ενόργανης γυμναστικής ή οι χορεύτριες κλασσικού χορού, ένα εύρος κίνησης μιας άρθρωσης κατά 10° λιγότερο από το μέγιστο, είναι πιθανόν να μην αντιστοιχεί σε ένταση 90% σε σχέση με το όριο της έντονης ενόχλησης-πόνου αλλά σε πολύ μικρότερη λόγω του ασυνήθιστα μεγάλου μόνιμα αποκτημένου εύρους κίνησης αυτών των αθλητριών (αδημοσίευτες παρατηρήσεις των συγγραφέων). Είναι πιθανόν, η μεγάλη ανάπτυξη της ευλυγισίας από μικρή ηλικία (7-10 ετών) στις αθλήτριες αυτές να δρα ως προστατευτικός μηχανισμός στις αρνητικές συνέπειες της οξείας διάτασης αλλά αυτό δεν έχει ακόμα διερευνηθεί.

3.1.3 Προπονητική εμπειρία των ασκουμένων σε προπόνηση με διατάσεις

Οι έρευνες που αναφέρουν μείωση της απόδοσης μετά από στατικές διατάσεις μεγάλης διάρκειας και έντασης, υπονοούν ότι οι υπό διάταση μύες εκτέθηκαν σε ασυνήθιστες συνθήκες συνεπώς, είναι πιθανόν οι αρνητικές συνέπειες της διάτασης να είναι αποτέλεσμα εξειδικευμένου προπονητικού φαινομένου [17]. Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι οι αθλητές οι οποίοι έχουν υποβληθεί συστηματικά σε προγράμματα μυϊκών διατάσεων εμφανίζουν μικρότερη μείωση της απόδοσης μετά από διάταση σε σχέση με λιγότερο προπονημένους [22, 37] αν και οι αιτίες αυτού του φαινομένου παραμένουν ασαφείς. Πιθανόν, οι πιο προπονημένοι αθλητές έχουν μεγαλύτερη ανοχή στη διάταση [82], ή/και διαθέτουν μυοτενόντιες μονάδες με μεγαλύτερο μήκος ή με μεγαλύτερες προσαρμογές με αποτέλεσμα να ανταποκρίνονται καλύτερα από τις σκληρότερες μυοτενόντιες μονάδες στην εφαρμογή τάσης διάτασης [16]. Γι αυτό το λόγο, οι Chaouachi και συν. [22] διερεύνησαν την επίδραση της μακροχρόνιας προπόνησης ευλυγισίας στις οξείες συνέπειες των στατικών διατάσεων εξετάζοντας την επίδραση δύο διαφορετικών προπονητικών προγραμμάτων διάρκειας 6 εβδομάδων, σε αθλήτριες δρόμων ταχύτητας, ηλικίας 13-15 ετών. Οι αθλήτριες στις οποίες έγινε παρέμβαση με προπονητικό πρόγραμμα δρόμων και διάτασης έδειξαν καλύτερη ανοχή στη διάταση και μικρότερη μείωση της απόδοσής τους σε σχέση με τις αθλήτριες οι οποίες προπονήθηκαν μόνο σε δρόμους.

Φαίνεται λοιπόν ότι το επίπεδο των ασκουμένων καθορίζει, έως ένα βαθμό, την ανταπόκρισή τους στη διάταση: οι πιο προπονημένοι ασκούμενοι παρουσιάζουν μικρότερη μείωση της μυϊκής απόδοσης αμέσως μετά από διάταση. Επίσης, όταν οι διατάσεις αποτελούν μέρος του συστηματικού προγράμματος προπόνησης, τότε οι αθλητές/τριες προσαρμόζουν τη μυϊκή τους λειτουργία ώστε αυτή να μειώνεται λιγότερο ως επακόλουθο της διάτασης.

3.1.4 Τύπος δραστηριότητας που ακολουθεί τη διάταση

Η παράμετρος απόδοσης η οποία εξετάζεται μετά την εφαρμογή στατικών διατάσεων αποτελεί επίσης σημαντικό στοιχείο για την αξιολόγηση της επίδρασης των διατάσεων στη μυϊκή απόδοση. Η αρνητική επίδραση των στατικών διατάσεων παρατηρείται κατά κανόνα σε παραμέτρους δύναμης και ισχύος [9, 21, 30, 31, 47] ενώ σε ριπτικές [58, 75], αλτικές και δρομικές επιδόσεις τα ευρήματα είναι αντικρουόμενα. Στις δρομικές παραμέτρους, η μείωση της απόδοσης αφορά επιλεγμένες κινηματικές μεταβλητές όπως ο ρυθμός και το μήκος του διασκελισμού, ο χρόνος επαφής με το έδαφος, και η δρομική οικονομία [120, 129] ενώ είναι

αντικρουόμενα τα ευρήματα για την επίδραση των διατάσεων στην αερόβια ικανότητα [92]. Οι Samogin-Lopez και συνεργάτες [108] αναφέρουν ότι δεν βρέθηκε μείωση στην $\dot{V}O_{2max}$ 11 σωματικά δραστήριων αντρών μετά από οξεία διάταση διάρκειας 90 s σε έξι διαφορετικές θέσεις διάτασης. Σε ότι αφορά την παράμετρο της δρομικής οικονομίας τα αποτελέσματα των ερευνών είναι αντικρουόμενα [64]. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι στατικές διατάσεις αυξάνουν τη μυϊκή ενδοτικότητα, συνεπώς την ικανότητα της μυοτενόντιας μονάδας να αποθηκεύει ελαστική ενέργεια. Έτσι, σε δραστηριότητες που χρειάζονται πιο αργή μυϊκή σύσπαση όπως διαδοχικές επαφές κυκλικού χαρακτήρα με σχετικά μεγάλο χρόνο επαφής με το έδαφος (π.χ. δρόμοι μεσαίων-μεγάλων αποστάσεων), αναφέρεται ουδέτερη ή θετική επίδραση των διατάσεων στην απόδοση [64]. Σε αντίθεση οι Wilson και συνεργάτες [129] ανέφεραν αρνητική επίδραση στην απόδοση σε αντοχή δέκα προπονημένων δρομέων μετά από συνθήκη διάτασης διάρκειας 16 min σε σχέση με τη συνθήκη στην οποία δεν πραγματοποιήσαν διατάσεις. Οι Walsche και Wilson [123] εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ απόδοσης σε άλματα βάθους και μυϊκής σκληρότητας διαπίστωσαν ότι οι αθλητές με μεγαλύτερη μυϊκή σκληρότητα είχαν σημαντικό μειονέκτημα σε άλματα από μεγαλύτερο ύψος (80 cm) έναντι των αθλητών με μικρότερη σκληρότητα. Συνοπτικά, η αρνητική επίδραση που παρατηρείται μετά τις στατικές διατάσεις είναι μεγαλύτερη σε παραμέτρους δύναμης και ισχύος και κυμαίνεται γύρω στο 7% [21, 93] από ότι σε άλματα, όπου η μείωση είναι περί το 3% (πιθανόν λόγω διαφορετικής μεθοδολογίας μέτρησης των αλμάτων) [16, 23]. Τέλος, σε δρόμους ταχύτητας και σε δοκιμασίες που συνδυάζουν ταχύτητα και ευκινησία η μείωση είναι περίπου 2% [12, 53].

3.2 Συνδυασμός στατικών και ενεργητικών διατάσεων και ασκήσεων μυϊκής ενεργοποίησης κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης

Η προθέρμανση πριν από τον αγώνα ή πριν από μια προπόνηση με έντονα στοιχεία δύναμης και ισχύος, είναι ένα ιδιαίτερο κεφάλαιο για πολλά αθλήματα. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχει επαρκής ερευνητική τεκμηρίωση για την αποτελεσματικότητα διαφόρων μεθόδων προθέρμανσης παρόλο που κάποιες είναι δημοφιλείς σε πολλούς αθλητές και προπονητές. Οι Guidetti και συν. [57] εξέτασε το περιεχόμενο της προθέρμανσης αθλητριών ρυθμικής γυμναστικής υψηλού επιπέδου και ανέφερε ότι η προθέρμανσή τους διαφοροποιείται από την προθέρμανση αθλητριών χαμηλότερου επιπέδου στα εξής χαρακτηριστικά: η διάρκεια προθέρμανσης των αθλητριών είναι περίπου μία ώρα, διάρκεια πολύ μεγαλύτερη απ' ότι γενικά προτείνεται. Η προθέρμανση ξεκινάει με αργό τρέξιμο και ακολούθως εκτελούνται στατικές διατάσεις διάρκειας > 15 min, χρόνος διάτασης για τον οποίο αναφέρεται παροδική, αρνητική επίδραση στην απόδοση. Ωστόσο, οι στατικές διατάσεις προηγούνται του αγώνα περίπου 1 ώρα, συνεπώς η πιθανή αρνητική επίδρασή τους δεν παραμένει έως τον αγώνα [46]. Τις στατικές διατάσεις ακολουθούν ενεργητικές διατάσεις και ακολούθως οι στατικές και ενεργητικές διατάσεις εναλλάσσονται με ασκήσεις δύναμης για όλο το σώμα, άλματα και συνδυασμούς τεχνικών στοιχείων από τα αγωνιστικά προγράμματα των αθλητριών για περίπου 40-45 min [57], δηλαδή περιεχόμενα τα οποία πιθανόν αντιστρέφουν την αρνητική επίδραση των στατικών διατάσεων [98, 117, 122].

Πρόσφατα αρκετοί ερευνητές παρατήρησαν ότι οι αρνητικές συνέπειες των στατικών διατάσεων μπορούσαν να μειωθούν ή ακόμα και να εξουδετερωθούν, εάν τη διάταση ακολουθούσαν δυναμικές διατάσεις, ασκήσεις ενεργοποίησης ή εξειδικευμένη, ανάλογα με το άθλημα, ειδική προθέρμανση αποτελούμενη από κινήσεις τεχνικής οι οποίες εκτελούνται σε ένταση ίση ή λίγο χαμηλότερη από την ένταση του αγώνα [67, 117, 122]. Οι Taylor και συν. [117] πρότειναν την επιπλέον εκτέλεση δυναμικής εξειδικευμένης αθλητικής προθέρμανσης, ως διαδικασία που να αντιστρέφει την αρνητική επίδραση των στατικών διατάσεων. Οι Tsolakis και Bogdanis, [122] και πιο πρόσφατα οι Donti, Tsolakis και Bogdanis [37] διαπίστωσαν ότι σε αθλητικές δραστηριότητες ισχύος, οι στατικές διατάσεις ακολουθούμενες από ασκήσεις μυϊκής ενεργοποίησης (3 σετ των 5 αλμάτων με συσπείρωση), έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του

εύρους κίνησης κατά 6% με παράλληλη αύξηση (και όχι μείωση) της μυϊκής ισχύος των αθλητών κατά 4,6%. Παρόμοια είναι και τα πρόσφατα ευρήματα του Mahli [83] σε ασκούμενους μέτριου επιπέδου, ο οποίος αναφέρει ότι η αρνητική επίδραση των στατικών διατάσεων όχι μόνο εξαλείφτηκε μετά από άλματα με βάρος 30% της 1 RM των δοκιμαζόμενων αλλά ο συνδυασμός στατικών διατάσεων με ασκήσεις ενεργοποίησης είχε ως αποτέλεσμα τη μικρή, αλλά στατιστικά σημαντική αύξηση του ύψους των αλμάτων κατά 1,6%. Αντιθέτως, οι Pearce, Kidgell, Zois και Carlson [98], εξέτασαν την δυνατότητα εφαρμογής μιας συμπληρωματικής προθέρμανσης διάρκειας 10-12 min χρησιμοποιώντας δυναμικές ασκήσεις, με στόχο την αντιστροφή της αρνητικής επίδρασης των διατάσεων στο ύψος του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση και στη μυϊκή ισχύ. Ωστόσο, η απόδοση των δοκιμαζόμενων δεν επανήλθε στο επίπεδο που ήταν πριν την εφαρμογή των διατάσεων.

Ο μεγάλος αριθμός των πιθανών συνδυασμών διάρκειας και έντασης των διατάσεων καθώς και των επαναλήψεων, των διαλειμμάτων και των ασκήσεων που ακολουθούν τις διατάσεις, δείχνουν ότι το θέμα αυτό δεν έχει επαρκώς διερευνηθεί. Τα μέχρι τώρα δεδομένα δείχνουν ότι οι έντονες και παρατεταμένες στατικές διατάσεις οι οποίες γίνονται κατά την προθέρμανση έχουν αρνητική επίδραση στη μυϊκή απόδοση και για το λόγο αυτό συνιστάται ν' αποφεύγονται πριν από αγώνα ή προπόνηση δύναμης, ταχύτητας και ισχύος. Αντίθετα, οι διατάσεις που στοχεύουν στη χρόνια βελτίωση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων και την αύξηση της ελαστικότητας των μυών μπορούν να εκτελούνται μετά το τέλος της προπόνησης ή να σχεδιάζονται ως ξεχωριστές προπονήσεις μέσα στον εβδομαδιαίο μικρόκυκλο.

4. Συμπεράσματα και πρακτικές εφαρμογές

- Για τη χρόνια αύξηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων και της ελαστικότητας των μυών, οι στατικές διατάσεις πρέπει να εκτελούνται είτε μετά το τέλος του κυρίως μέρους της προπόνησης είτε σε ξεχωριστές προπονήσεις μέσα στον εβδομαδιαίο μικρόκυκλο.
- Η οξεία αρνητική επίδραση των στατικών διατάσεων εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκειά τους, την προπονητική εμπειρία των ασκούμενων σε προπόνηση με διατάσεις και την υπό εξέταση παράμετρο απόδοσης. Σε οξεία εφαρμογή στατικών διατάσεων διάρκειας μεγαλύτερης από 90 s και έντασης ως το όριο έντονης ενόχλησης/πόνου, υπάρχει ισχυρή ένδειξη για μείωση της απόδοσης ενώ σε διατάσεις διάρκειας <30 s ή/και μικρότερης έντασης, τα αποτελέσματα ποικίλουν ή είναι αντικρουόμενα. Για το λόγο αυτό, συνιστάται ν' αποφεύγονται οι στατικές διατάσεις μεγάλης διάρκειας και έντασης στην προθέρμανση πριν από δραστηριότητες δύναμης, ταχύτητας και ισχύος.
- Σε πιο πρόσφατες έρευνες, έχει βρεθεί ότι ο συνδυασμός των στατικών διατάσεων με δυναμικές διατάσεις, ασκήσεις ενεργοποίησης ή εξειδικευμένες για κάθε άθλημα ασκήσεις, ελαχιστοποιεί ή αντιστρέφει την αρνητική επίδρασή τους στην απόδοση, παρατήρηση η οποία συνάδει με την προπονητική πρακτική. Αυτό σημαίνει ότι, αν κρίνεται απαραίτητο από τον προπονητή, οι στατικές διατάσεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος της προθέρμανσης αθλητών δύναμης, ταχύτητας και ισχύος, αρκεί μετά να ακολουθούν δυναμικές διατάσεις και ασκήσεις ενεργοποίησης του μυϊκού συστήματος (π.χ. επιτόπια άλματα). Το ζήτημα αυτό όμως χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.
- Το προπονητικό υπόβαθρο των ασκούμενων καθορίζει έως ένα βαθμό, την ανταπόκρισή τους στη διάταση: οι πιο προπονημένοι ασκούμενοι παρουσιάζουν μικρότερη μείωση της μυϊκής απόδοσης αμέσως μετά από διάταση. Επίσης, όταν οι διατάσεις αποτελούν μέρος του συστηματικού προγράμματος προπόνησης, τότε οι αθλητές/τριες προσαρμόζουν τη μυϊκή τους λειτουργία ώστε αυτή να μειώνεται λιγότερο ως επακόλουθο της διάτασης.
- Αν και οι διατάσεις κατά την προθέρμανση θεωρούνταν ως μέσο προστασίας από μυϊκούς τραυματισμούς, υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση των διατάσεων στην πρόληψη τραυματισμών, ενώ άλλες μελέτες υποστηρίζουν ότι η χρήση

στατικών διατάσεων στην προθέρμανση μπορεί να είναι ακόμα και επιζήμια. Παρόλα αυτά όμως, η αύξηση της ελαστικότητας των μυών με τη συστηματική προπόνηση ευλυγισίας που περιλαμβάνει στατικές διατάσεις, φαίνεται να μειώνει την πιθανότητα μυϊκών τραυματισμών και συνεπώς συνιστάται να γίνεται σε όλα τα αθλήματα.

- Ενδιαφέρον για μελέτη είναι το μοντέλο προπόνησης για βελτίωση της ευλυγισίας σε αθλήματα όπως η ενόργανη και η ρυθμική γυμναστική όπου η προπόνηση ευλυγισίας αρχίζει από πολύ μικρή ηλικία, με διατάσεις μεγάλης διάρκειας και έντασης. Οι αθλητές γυμναστικής έχουν ιδιαίτερα μεγάλο, μόνιμα αποκτημένο εύρος κίνησης το οποίο από νεαρή ηλικία έχει φτάσει σε επίπεδο που δεν επιδέχεται περαιτέρω βελτίωση. Η μεγάλη ανάπτυξη της ευλυγισίας από μικρή ηλικία πιθανόν να δρα ως προστατευτικός μηχανισμός στις αρνητικές συνέπειες της οξείας διάτασης.

Οικονομική υποστήριξη

Οι συγγραφείς δεν έλαβαν κάποια οικονομική υποστήριξη για τη συγγραφή της εργασίας.

Σύγκρουση συμφερόντων

Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι δεν υπάρχει καμία σύγκρουση συμφερόντων.

Παραπομπές

1. Alpkaya U, Koceja D. The effects of acute static stretching on reaction time and force. *J Sport MedPhys Fit* 47(2): 147-150, 2007.
2. Alter MJ. *Science of flexibility* (3rd ed.) Champaign, IL: Human Kinetics, 2004, pp.17- 373.
3. Amakao M, Oda T, Masuoka K, Yokoi H, Campisi P. Effect of static stretching on prevention of injuries for military recruits. *Mil Med* 168:442-446. 2003.
4. American College of Sports Medicine, Franklin BA, Whaley MH, Howley ET, Ballady GJ. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (6th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000, pp.19- 368.
5. American College of Sports Medicine. Physical activity and public health in older adults. Recommendations from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *J Am Heart Assoc*, 116:1094-1105, 2007.
6. American College of Sports Medicine. *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 8th ed. Philadelphia (PA): Lippincott, Williams & Wilkins, 2010, p. 173.
7. Avela J, Kyrolainen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after re-peated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol* (Bethesda, Md.: 1985) 86(4), 1283-1291, 1999.
8. Babault N, Kouassi BY, Desbrosses K. Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. *J Sci Med Sport / Sports Medicine Australia*, 13(2): 247-252, 2010.
9. Bacurau RFP, Monteiro G de A, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Cabral LF, Aoki MS. Acute effects of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *J Strength Cond Res* 23: 304-308, 2009.
10. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstrings muscles. *J Orthop Sport Phys* 77: 1090-1096, 1994.
11. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther*, 77: 1090-1096, 1997.
12. Beckett JR, Schneiker KT, Wallman KE, Dawson BT, Guelfi KJ. Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Med Sci Sport Exer*, 41(2): 444-450, 2009.
13. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time and movement time. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1397-1402, 2004.
14. Behm DG, Button DC, Butt JC. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol* 26: 261-272, 2001.
15. Behm DG, Bradbury EE, Haynes AT, Hodder JN, Leonard AM, Paddock NR. Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *J Sport Sci Med* 5: 33-42, 2006.
16. Behm DG, Kibele A. Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *Eur J Appl Physiol*, 101(5): 587-594, 2007.

17. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol* 111: 2633-2651, 2011.
18. Billeter R, Hoppeler H. Muscular basis of strength. In: *Strength and power in sport*, edited by Komi PV, International Olympic Committee, International Federation of Sportive Medicine, International Olympic Committee, Medical Commission. Oxford u.a.: Blackwell Science, 2003, pp. 50-72.
19. Bjorklund M, Hamberg J, Crenshaw AG. Sensory adaptation after a 2-week stretching regimen of the rectus femoris muscle. *Arch Phys Med Rehab* 82: (9), 1245-1250, 2001.
20. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol* 50: 273-282, 1983.
21. Brandenburg J. Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching. *J Sport Med Phys Fit* 46: 526-534, 2006.
22. Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Gally O, Chamari K, Behm DG. Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *J Strength Cond Res* 24, 2010.
23. Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 15(3): 332-336, 2001.
24. Cipriani D, Abel B, Pirritz D. A Comparison of Two Stretching Protocols on Hip Range of Motion: Implications for Total Daily Stretch Duration, *J Strength Cond Res* 17(2): 274-278, 2003.
25. Clarke JL, Watkins WM. Expression of human alpha-L-fucosyltransferase gene homologs in monkey kidney COS cells and modification of potential fucosyltransferase acceptor substrates by an endogenous glycosidase. *Glycobiology* 9: 191-202, 1999.
26. Clement DB, Tauton JE, Smart GW. Achilles tendinitis and peritendinitis: Etiology and treatment *Am J Sports Med* 12: 179-184, 1984.
27. Cornwell A, Nelson AG, Sidaway B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol* 86(5): 428-434, 2002.
28. Costa PB, Ryan ED, Herda TJ, Walter AA, Hoge KM, Cramer JT. Acute effects of passive stretching on the electromechanical delay and evoked twitch properties. *Eur J Appl Physiol* 108: 301-310, 2010.
29. Craib MW, Mitchell VA, Fields KB, Cooper TR, Hopewell R, Morgan DW. The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 28:737-743, 1996.
30. Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Coburn JW, Beck TW. Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 18(2): 236-241, 2004.
31. Cramer JT, Beck TW, Housh TJ, Massey LL, Marek SM, Danglemeier S, et al. Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle - torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. *J Sport Sci* 25(6): 687-698, 2007a.
32. Cross KM, Worell TW. Effects of a static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains. *J Athl Training* 34: 11-14, 1999.
33. Da Costa BR, Vieira ER. Stretching to reduce work-related musculoskeletal disorders: a systematic review. *J Rehabil Med* 40: 321-328, 2008.
34. Decoster LC, Cleland J, Altieri C, Russell P. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sport Phys* 35: 377-387, 2005.
35. Devries HA. Prevention of muscular distress after exercise. *Res Q* 32:177-185, 1961.
36. Di Cagno A, Baldari C, Battaglia C, Gallotta MC, Videira M, Piazza M, Guidetti L. Preexercise static stretching effect on leaping performance in elite rhythmic gymnasts. *J Strength Cond Res*, 24(8): 1995-2000, 2010.
37. Donti O., Tsolakis C, Bogdanis GC. Effects of Baseline Levels of Flexibility and Vertical Jump Ability on Performance Following Different Volumes of Static Stretching and Potentiating Exercises in Elite Gymnasts. *J Sport Sci Med* 13:105-113, 2014.
38. Edman KAP. In: *Strength and power in sport*, edited by Komi PV, International Olympic Committee, International Federation of Sportive Medicine, International Olympic Committee,, Medical Commission Oxford u.a: Blackwe;; Science, 2003, pp.114-133.
39. Enoka RM. *Neuromechanics of Human Movement*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 2002.

40. Evetovich TK, Cain RM, Hinnerichs KR, Engebretsen BJ, Conley DS. Interpreting normalized and nonnormalized data after acute static stretch-ing in athletes and nonathletes. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 24(8): 1988-1994, 2010.
41. Favero JP, Midgley AW, Bentley DJ. Effects of an acute bout of static stretching on 40 m sprint performance: influence of baseline flexibility. *ResSport Med* 17(1): 50-60, 2009.
42. Fletcher IM, Anness R. The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 21(3): 784-787, 2007.
43. Fletcher IM, Jones B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 18(4): 885-888, 2004.
44. Fletcher IM, Monte-Colombo MM. An investigation into the possible physiological mechanisms associated with changes in performance related to acute responses to different preactivity stretch modalities. *Appl Physiol Nutr Me* 35(1): 27-34, 2010.
45. Folpp H, Deall S, Harvey LA, Gwinn T. Can apparent increases in muscle extensibility with regular stretch be explained by changes in tolerance to stretch? *Aust J Physiother* 52: 45-50, 2006.
46. Fowles J, Sale D, MacDougall J. Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *J Appl Physiol* 89: 1179-1188, 2000.
47. Franco BL, Signorelli GR, Trajano GS, De Oliveira CG. Acute effects of different stretching exercises on muscular endurance. *J Strength Cond Res* 22:1832-1837, 2008.
48. Freiwald J. *Optimales Dehnen*. Balingen: Spitta-Verl, 2009.
49. Gajdosik R. Effects of static stretching on the maximal length and resistance to passive stretch of short hamstrings muscles. *Sports Phys Ther* 14: 250-255, 1991.
50. Gajdosik RL, Vander Linden DW, Williams AK. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of women. *Phys Ther* 827-838, 1999.
51. Gajdosik RL, Allred JD, Gabbert HL, Sonsteng B. A stretching program increases the dynamic passive length and passive resistive properties of the calf-muscle tendon unit of unconditioned younger women. *Eur J Appl Physiol* 99:449-454, 2007.
52. Gandevia SC, Closky DL, Burke D. Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends neurosci* 15 (2):62-65, 1992.
53. Gelen E. Acute effects of different warm-up methods on sprint, slalom dribbling, and penalty kick performance in soccer players. *J Strength Cond Res* 24: 950-956, 2010.
54. Gleim GW, McHugh MP. Flexibility and its effects on sports injury and *performance. *Sports Med*. 24:289-299, 1997.
55. Goncalves R, Demantova Gurijao AL, Jambassi Filtho JC, De Tarso Veras Farinatti P, Bucken Gobi LT, Gobbi S. The acute effects of static stretching on peak force, peak rate of force development and muscle activity during single-and multiple-joint actions in older women. *J Sports Sci*, 31(7):690-698, 2013.
56. Gonzalez-Rave JM, Machado L, Navarro-Valdivieso F, Vilas-Boas JB. Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy loads plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *J Strength Cond Res* 23: 472-479, 2009.
57. Guidetti L, Di Cagno A, Gallotta MC, Battaglia C, Piazza M, Baldaric C. Precompetition warm-up in elite and subelite rhythmic gymnastics. *J Strength Cond Res* 23(6):1877-1882, 2009.
58. Haag SJ, Wright GA, Gillette CM, Greany JF. Effects of acute static stretching of the throwing shoulder on pitching performance of national collegiate athletic association division III baseball players. *J Strength Cond Res* 24:452-457, 2010.
59. Haff GC. Roundtable Discussion: Flexibility training. *Strength Cond J* 28: 64-85, 2006.
60. Halbertsma JP, Goeken LN. Stretching exercises: Effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 75:976-981, 1994.
61. Handel MT, Hortsmann T, Dickhuth HH, Gulch, RW. Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 76: 400-8, 1997.
62. Handel MT, Hortsmann T, Hunter HH, Marshall Rn. Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Med Sci Sports Exerc* 34:478-486, 2002.
63. Hartig DE, Henderson JM. Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *The Am J Sport Med* 27: 173-176, 1999.

64. Hayes PR, Walker A. Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. *J Strength Cond Res* 21: 1227-1232, 2007.
65. Henning E, Podzielný S. Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. *Dtsch Z Sportmed*, 45:253-260, 1994.
66. Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, McHugh MP, Stout JR. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 22(3): 809-817, 2008.
67. Hillebrecht M, Robin O, Böckmann S. Trainingswissenschaft und -lehre - Reduzieren sich Sprintleistungen nach statischem Dehnen? *Leistungssport*, 37(6): 12-16, 2007.
68. Hilyer JC, Brown KC, Sirles AT, Peoples L. A flexibility intervention to reduce the incidence and severity of joint injuries among municipal firefighters. *J Occup Med* 32:631-637, 1990.
69. Holt BW, Lambourne K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 22(1): 226-229, 2008.
70. Hough PA, Ross EZ, Howatson G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *J Strength Cond Res* 23: 507-512, 2009.
71. Hunter JP, Marshall RN. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Med Sci Sport Exer* 34(3):478-486, 2002.
72. Hutton RS. Neuromuscular basis of stretching exercises. In: *Strength and Power in Sport*, edited by Komi PV. Oxford, U.K.: Blackwell Scientific, 1992, pp.29-38.
73. Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: A systematic review. *Med Sci Sport Exer* 44: 154-164, 2012.
74. Klee A, Wiemann K. Biologische Grundlagen zur Wirkung der Muskeldehnung. In: *Sport ist Spitze. Reader zum Sportgespräch / 18. Internationaler Workshop am 16. und 17. Juni 2003 in Oberhausen*, edited by Cachey K, Halle A, Teubert H. Aachen: Meyer & Meyer, 2004b, pp.88-102.
75. Knudson DV, Noffal GJ, Bahamonde RE, Bauer JA, Blackwell JR. Stretching has no effect on tennis serve performance. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 18(3): 654-656, 2004.
76. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol* 92: 595-601, 2002.
77. La Roche DP, Lussier MV, Roy SJ. Chronic stretching and voluntary muscle force. *J Strength Cond* 22(2):589-596, 2008.
78. La Torre A, Castagna C, Gervasoni E, Ce E, Rampichini S, Ferrarin M, et al. (2010). Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 24(3): 687-694, 2010.
79. Little T, Williams AG. Effects of different stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 20:203-207, 2006.
80. Magnusson P, Renström P. The European College of Sports Sciences Position Statement: The role of stretching exercises in sports. *Eur J Sport Sci* 6: 87-91, 2006.
81. Magnusson SP, Narici MV, Maganaris CN, Kjaer M. Human tendon behavior, in vivo. *J Physiol* 586 (1): 71-81, 2007.
82. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagard P, Sørensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *J Physiol* 497: 291-298, 1996.
83. Mahli MR. Acute effects of stretching on athletic performance. Faculty of Empirical Human Science of the Saarland University, 2012.
84. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Spor* 20: 169-181, 2010.
85. McMillian DJ, Moore JH, Hatler BS, Taylor DC. Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association*, 20(3): 492-499, 2006.
86. Molacek ZD, Conley DS, Evetovich TK, Hinnerichs KR. Effects of low- and high-volume stretching on bench press performance in collegiate football players. *women J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 24(3): 711-716, 2010.
87. Morse CI, Degens H, Seynnes OR, Maganaris CN, Jones DA. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. *J Physiol* 586 (1): 97-106, 2008.
88. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train* 39:254-258, 2004.

89. Nelson RT, Bandy WD. An update on flexibility. *Strength Cond J* 27: 10-16, 2005.
90. Nelson AG, Kokkonen J, Eldrege C, Cornwell A, Glickman-Weiss E. Chronic stretching and running economy, *Scand J Med Sci Spor* 11(5): 260-265, 2001.
91. Norris, CM. *The complete guide to stretching*. Windsor: Human Kinetics Publishing, 1999, pp 23-76.
92. O'Connor DM, Crowe MJ, Spinks WL. Effects of static stretching on leg power during cycling. *J Sports Med Phys*, 46(1): 52-56, 2006.
93. Ogura Y, Miyahara Y, Naito H, Katamoto S, Aoki J. Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. *J Strength Cond Res* 21(3): 788-792, 2007.
94. Onambele GL, Narici MV, Maganaris C. Calf-muscle-tendon properties and postural balance in old age. *J Appl Physiol* 100: 2048-2056, 2006.
95. Özkaya N, Nordin SM. Statics: analyses of systems in equilibrium. In: *Fundamental of Biomechanics*. New York: Springer, 1999, pp. 47-80.
96. Paradisis PG, Pappas PT, Theodorou AS, Zacharogiannis EG, Skordilis EK, Smirniotou AS. Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. *J Strength Cond Res*, 28(1):154-160, 2013.
97. Page P. Current concepts in uscle stretching for exercise and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*, 7(1):109-119, 2012.
98. Pearce AJ, Kidgell DJ, Zois J, Carlson JS. Effects of secondary warm up following stretching. *Eur J Appl Physiol* 105(2): 175-183, 2009.
99. Pope RP, Herbert RD, Kirwan JD, Graham BJ. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sport Exer* 32: 271-277, 2000.
100. Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1389-1396, 2004.
101. Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. *J Physiol* 548: 971-981, 2003.
102. Reid D, McNair PJ. Passive force, angle, and stiffness changes after stretching of hamstring muscles. *Med Sci Sports Exerc* 36(11): 1944-1948, 2004.
103. Roberts J, Wilson K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med* 33:259-263, 1999.
104. Rosenbaum D, Hening E. The influence of stretching and warm-up exercises on Achilles tendon reflex activity. *J Sport Sci* 13:481-490, 1995.
105. Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. *Sport Med (Auckland, N.Z.)* 37(3): 213-224, 2007.
106. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Stout JR., et al. Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. *Med Sci Sport Exer* 40(8): 1529-1537, 2008.
107. Ryan ED, Herda TJ, Costa PB, Walter AA, Hoge KM, Cramer JT. The effect of chronic stretch training on muscle strength. *J Strength Cond Res* 25(1):345-352, 2011.
108. Samogin Lopes FA, Menegon Em, Franchini E, Tricoli V, de MBR. Is acute static stretching able to reduce the time to exhaustion at power output corresponding to maximal oxygen uptake? *J Strength Cond Res* 24:1650-1656, 2010.
109. Sapega AA, Quedenfeld TC, Moyer RA, Butler RA. Biophysical factors in range-of-motion exercise. *Physician SportsMed* 9: 57-65, 1981.
110. Shrier I. Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med* 9: 2221-227, 1999.
111. Shrier I. Does stretching help prevent injuries. In: *Evidence-based sports medicine* edited by MacAuley D, Best TM. Oxford: Wiley-Blackwell, 2007, pp. 36-58.
112. Shrier, I. Does stretching improve performance? : A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med* 14(5): 267-273, 2004.
113. Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association* 22(1): 40-46, 2008.
114. Simpson AH, Williams PE, Kyberd P, Goldspink G, Kenwright G. The response of muscle to leg lengthening. *J Bone Joint Surg Br* 77:630-636, 1995.
115. Small K, McNaughton L, Matthews M. A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise related injury. *Res Sport Med* 16: 213-231, 2008.

116. Smith CA. The warm-up procedure: To stretch or not to stretch. A brief review. *J. Orthop Sports Phys Ther* 19:12–17, 1994.
117. Taylor KL, Sheppard JM, Lee H, Plummer N. (2008) Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component. *J Sci Med Sport* 12: 657-661, 2008.
118. Thacker SB, Gilchrist J, Stroup DF, Kimsey CD. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sport Exer* 36(3): 371-378, 2004.
119. Torres EM, Kraemer WJ, Vingren JL, Volek JS, Hatfield DL, Spiering BA, et al. Effects of stretching on upper-body muscular performance. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association*, 22(4): 1279-1285, 2008.
120. Trehearn TL, Buresh RJ. Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *J Strength Cond Res* 23:158-162, 2009.
121. Tskhovrebova L, Trinick J. Making muscle elastic: The structural basis of myomesin stretching. *Plos Biology* 10(2):1001-1264, 2012.
122. Tsolakis C, Bogdanis G.C. Acute effects of two different warm-up protocols in flexibility and lower limb explosive performance in elite male and female level fencers. *J Sport Sci Med* 11: 669-675, 2012.
123. Walsche AD, Wilson GJ. The influence of musculotendinous stiffness on drop jump performance. *Can J Appl Physiol* 22(2): 117-132, 1997.
124. Webright WG, Randolph BJ, Perrin DH. Comparison of nonballistic active knee extension in neural sump position and static stretch techniques on hamstring flexibility. *J Orthop Sports Phys Ther* 26:7–13, 1997.
125. Weldon SM, Hill RH. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: A systematic review of the literature. *Manual Therapy* 8: 141-150, 2003.
126. Weppler C, Magnusson S. Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? , *Phys Ther* 90: 438-449, 2010.
127. Wiemeyer, J. Dehnen und Leistung - primär psychophysiologische Entspan-nungseffekte? *Dtsch Z Sportmed*, 54(10):288-294, 2003.
128. Williams PE, Goldspink G. Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *J Anat* 127(3): 459-468, 1978.
129. Wilson JM, Hornbuckle LM, Kim JS, Ugrinowitsch C, Lee SD, Zourdos MC, Sommer B, Panton LB. Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. *J Strength Cond Res* 24:2274-2279, 2010.
130. Winchester JB, Nelson AG, Landin D, Young MA, Schexnayder IC. Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *J Strength Cond Res / National Strength & Conditioning Association*, 22(1): 13-19, 2008.
131. Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 20:154–159, 1994.
132. Yamaguchi T, Ishii K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res* 19: 677-683, 2005.
133. Young WB, Elias G, Power J. Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. *J Sport Med Phys Fit* 46(3): 403-411, 2006.



Ελληνική Εταιρεία Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης

Hellenic Society of Biochemistry
and Physiology of Exercise

Επιθεώρηση Βιοχημείας και
Φυσιολογίας της Άσκησης
2: 1-23, 2014

Reviews in Biochemistry and
Physiology of Exercise
2: 1-23, 2014

www.eevfa.gr/web/emag

ACUTE AND CHRONIC EFFECTS OF STATIC STRETCHING ON SPORTS PERFORMANCE: PHYSIOLOGICAL BASES AND PRACTICAL APPLICATIONS

Donti, Olyvia; Tsolakis, Charilaos; Bogdanis, Grogoris

National and Kapodistrian University of Athens, School of Physical Education and Sports Science

Abstract

The aim of this review was to examine the physiological basis of the acute and chronic effects of static stretching on sports performance, including practical applications. The main mechanisms for the increased joint range of motion following static stretching are changes in length and stiffness of musculotendinous unit, neuromuscular adaptations and increased tolerance to stretching. These mechanisms are also responsible for stretch-induced performance deficits, especially in activities requiring power and strength. The duration and intensity of the static stretching exercises seem to be critical for these deficits as well as the training background of the study population and the performance measures examined. When the duration of stretching on a single muscle group is more than 90 s and stretching intensity is to the point of discomfort, muscle power is decreased during subsequent activities, while in stretching durations shorter than 30 s with lower intensity, the results are conflicting. Consequently, it is recommended that prolonged and high-intensity static stretching should be avoided before competition or activities requiring high strength power and speed. However, recent studies suggest that the negative effect of static stretching is reduced or even reversed when it is followed by dynamic stretching, muscle activation exercises and/or sport-specific skills, although further research is required on this topic. The training experience in stretching training of the study population partially determines their response to static stretching: well-trained athletes may be less susceptible to stretch-induced impairments compared with less-trained individuals. When static stretching is part of a regular flexibility training routine, athletes adapt their muscle activity, so that subsequent performance is not impaired by stretching. The impact of static stretching on the reduction of injury rate in subsequent exercise has been questioned by recent studies. However, chronic adaptations to flexibility training are important in order to maintain and improve the health of the musculoskeletal system. Static stretching aiming to improve flexibility should be performed at the end of a training session or planned as a separate training in the weekly microcycle.

Address for correspondence

Bogdanis, Gregory
National and Kapodistrian University of Athens
Department of Physical Education & Sports Science
Ethnikis Antistasis 41, 17237 Daphni, Greece
e-mail: gbogdanis@phed.uoa.gr