



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΟΜΕΑΣ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΞΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΟΝ
ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟ ΜΥΪΚΟ ΠΟΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΡΥΘΜΟ
ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ**

Ζωή Πολίτη

Επιβλέπων Καθηγητής: Βασίλειος Πασχάλης

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023

© Copyright

Όνοματεπώνυμο συγγραφέα

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΞΕΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟ ΜΥΪΚΟ ΠΟΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΡΥΘΜΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης της έκκεντρης άσκησης στον καθυστερημένο μυϊκό πόνο και στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης. Στην έρευνα συμμετείχαν έξι υγιείς άνδρες (μ.ό. ηλικίας $25,2 \pm 4,8$ έτη, μάζα $79,4 \pm 10,2$ kg, ύψος $1,80 \pm 0,13$) οι οποίοι δεν είχαν παρακολουθήσει κάποιο πρόγραμμα άσκησης τους τελευταίους 5 μήνες. Οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν στο ένα πόδι πέντε σετ των δέκα έκκεντρων επαναλήψεων στο μηχανήμα της πρέσας ποδιών (η κλίση του μηχανήματος ήταν 45 μοίρες). Προκειμένου να διερευνήσουμε την επίδραση της έκκεντρης άσκησης στον καθυστερημένο μυϊκό μικροτραυματισμό και στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης οι ασκούμενοι μετρήθηκαν, τόσο 24 ώρες πριν τις έκκεντρες δοκιμασίες, όσο και 48 ώρες μετά. Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος αξιολογήθηκε σύμφωνα με την κλίμακα αντιλαμβανόμενου πόνου από το 1 έως το 10, ενώ ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης μετρήθηκε σε δυναμοδάπεδο τοίχου κατά την αξιολόγηση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι 48 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση, ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος αυξήθηκε από 1 σε 4,5 με βάση την κλίμακα αντιλαμβανόμενου πόνου ($p < 0,01$), ενώ ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης στα 100 m/s μειώθηκε από 6247N σε 5087N ($p < 0,01$). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαίωσαν την βιβλιογραφία, ότι η ταχύτητα παραγωγής της δύναμης ενός ατόμου μειώνεται όταν έχει πραγματοποιήσει έκκεντρη άσκηση που προκάλεσε καθυστερημένο μυϊκό πόνο.

Λέξεις κλειδιά: Έκκεντρη άσκηση, Ρυθμός Εφαρμογής Δύναμης,
Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος, Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	σελ.3
Πίνακας Περιεχομένων	σελ.4
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.6
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	σελ.7
1.2. Σημασία της έρευνας	σελ.7
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις	σελ.7
1.4. Σκοπός.....	σελ.7
1.5. Περιορισμός της έρευνας.....	σελ.7
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	σελ.8
2.1. Αρχιτεκτονική δομή του μυός.....	σελ.8
2.2. Έκκεντρη άσκηση	σελ.9
2.3. Ασκησιογενής μυϊκός μικρο-τραυματισμός.....	σελ.11
2.4. Καθυστερημένος μυϊκός πόνος	σελ.12
2.4.1. Θεωρίες για τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο.....	σελ.13
2.5. Ρυθμός εφαρμογής της δύναμης	σελ.15
2.5.1. Πρώιμη και Μεταγενέστερη φάση ρυθμού εφαρμογής της δύναμης	σελ.17
2.5.2. Επίδραση της προπόνησης στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης ..	σελ.17
2.5.3. Έκκεντρη άσκηση και ρυθμός εφαρμογής της δύναμης.....	σελ.20
2.5.4. Ρυθμός εφαρμογής της δύναμης και μέγιστη δύναμη.....	σελ.22
2.5.5. Η επίδραση της έντονης άσκησης στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης μετά το πέρας 24-48 ωρών.....	σελ.22
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	σελ.24
3.1. Συμμετέχοντες.....	σελ.24

3.2. Μέσα Συλλογής Δεδομένων	σελ.24
3.3. Διαδικασία.....	σελ.25
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ.27
4.1. Αξιολόγηση καθυστερημένου μυϊκού πόνου.....	σελ.27
4.2. Αξιολόγηση ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης.....	σελ.28
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ.29
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.32

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Οι βασικές έννοιες οι οποίες θα εξεταστούν στην παρούσα εργασία είναι η έκκεντρη σύσπαση, ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης, καθώς και ο μυϊκός μικρο-τραυματισμός, στον οποίο εντάσσεται ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος.

Με τον όρο έκκεντρη σύσπαση περιγράφεται η διεργασία της αύξησης του μήκους του μυός κατά την προσπάθειά του να καταβάλλει και να ξεπεράσει μια εξωτερική αντίσταση (Jamurtas και συν., 2000). Η έκκεντρη άσκηση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της θεραπευτικής άσκησης, της πρόληψης και της αποκατάστασης τραυματισμών, όπως επίσης και της μεγιστοποίησης της απόδοσης σε αθλητές. (Isner-Horobeti και συν., 2013).

Κατά την διάρκεια της οξείας έκκεντρης σύσπασης είναι πιθανό να προκληθούν σημαντικές διαταραχές στη μυϊκή λειτουργία (Paschalis και συν., 2011). Μία από αυτές είναι ο μυϊκός μικρό-τραυματισμός στα μυοϊνίδια, ο οποίος ορίζεται ως ο τραυματισμός του συσταλτικού μέρους του μυός, πιο συγκεκριμένα στις γραμμές Z, λόγω της αυξημένης τάσης των κινητικών μονάδων, κατά την επιμήκυνση του σαρκομερίου από μεγάλη εξωτερική αντίσταση (Armstrong, 1984). Ίσως ο πιο συνηθισμένος τύπος μυϊκού πόνου, που συχνά συνοδεύει τον ασκησιογενή μικρο-τραυματισμό είναι ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (ΚΜΠ) ο οποίος ορίζεται ως το αμβλύ αίσθημα πόνου κατά την κίνηση και κατά την ψηλάφηση.

Η τρίτη έννοια με την οποία θα ασχοληθεί η παρούσα εργασία είναι ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης, ο οποίος αφορά την ικανότητα ενός ατόμου να παράγει γρήγορα την μυϊκή του δύναμη (Aagaard, 2003). Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται ως οι κλίσεις της καμπύλης δύναμης ή ροπής η οποία λαμβάνεται κατά την διάρκεια ισομετρικών μετρήσεων εκρηκτικών εκούσιων συσπάσεων (Aagaard και συν., 2002). Αυτές οι μετρήσεις φανερώνουν την ποιότητα της ταχείας παραγωγής δύναμης, ή όπως συχνά αναφέρεται στη βιβλιογραφία, της εκρηκτικής δύναμης (Folland, Buckthorpe, & Hannah, 2014).

1.2 Σημασία της έρευνας

Η παρούσα εργασία διερευνά την έκκεντρη άσκηση η οποία έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί αναπόσπαστο και καθοριστικό κομμάτι της αθλητικής προπόνησης, αφού αφενός έχει τη δυνατότητα να βελτιστοποιήσει την απόδοση ενός αθλητή, ενώ αφετέρου, συμβάλλει σημαντικά στην πρόληψη και την αποκατάσταση αρκετών τραυματισμών. Η σημασία της παρούσας εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι υποδεικνύει την επίδραση της οξείας έκκεντρης άσκησης σε κοινές παραμέτρους της μυϊκής απόδοσης και τελικά τονίζει την σημαντικότητα αξιολόγησης του μυϊκού μικρό-τραυματισμού, έτσι ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε υποτίμηση των αλλοιώσεων που προκαλεί.

1.3 Ερευνητική υπόθεση

Σύμφωνα με την ανασκόπηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας, η υπόθεση της έρευνας είναι ότι ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης θα μειωθεί μετά από 48 ώρες κατά την προπόνηση 5 σετ των 10 έκκεντρων επαναλήψεων, καθώς θα επιφέρει έντονο καθυστερημένο μυϊκό πόνο στους πρόσθιους μηριαίους.

1.4 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης της έκκεντρης άσκησης στον καθυστερημένο μυϊκό πόνο και στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης.

1.5 Περιορισμοί της έρευνας

Ένας περιορισμός που μπορεί να επηρεάσει την αντιπροσωπευτικότητα της εργασίας αυτής, αποτελεί το σχετικά μικρό μέγεθος του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι το δείγμα αποτέλεσαν κυρίως μέτρια γυμνασμένοι αθλητές, επομένως δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για καλά γυμνασμένους αθλητές. Ένας ακόμη περιορισμός είναι ότι συμμετείχαν μόνο άντρες στην έρευνα ενώ η άσκηση πραγματοποιήθηκε σε μηχανήμα πίεσης των ποδιών από την ανάρροπη θέση.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Αρχιτεκτονική δομή του μυός

Σύμφωνα με την επιστημονική βιβλιογραφία, η αθλητική επίδοση πρόκειται για πολυπαραγοντικό ζήτημα. Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά παίζουν έναν σημαντικό ρόλο, αλλά εξίσου καθοριστική είναι και η συμβολή της ποιότητας προπόνησης που επιλέγει κάθε αθλητής. Πιο συγκεκριμένα, η προπόνηση δύναμης και ισχύος, εμπλουτισμένη με γρήγορες πλειομετρικές ασκήσεις, βελτιώνει τόσο την αθλητική απόδοση, όσο και τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης (Bogdanis και συν., 2018, Zaras και συν., 2013). Οι μυϊκές προσαρμογές οι οποίες δημιουργούνται με αυτή τη διαδικασία, επιδρούν στην αρχιτεκτονική δομή του μυός, αλλά και στην κατανομή των μυϊκών ινών.

Η διάταξη και ο προσανατολισμός των μυϊκών ινών καθορίζουν και διαμορφώνουν την αρχιτεκτονική δομή του, η οποία χαρακτηρίζεται από τέσσερα στοιχεία. Πρώτον, από την εγκάρσια επιφάνεια του μυός, δεύτερον από το πάχος του μυός, τρίτον από τη γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων, δηλαδή την γωνία με την οποία τα μυϊκά δεμάτια προσφύονται πάνω στην απονεύρωση, ενώ τέλος, από το μήκος των μυϊκών δεματίων (Lieber & Ward, 2011). Η γωνία και το μήκος των μυϊκών δεματίων αποτελούν τα δύο στοιχεία τα οποία επιδέχονται μεταβολές κατά την μακροχρόνια έντονη άσκηση (Ema, Akagi, Wakahara, & Kawakami, 2016). Αποδεικνύεται από τη βιβλιογραφία ότι η μακροχρόνια και επαναλαμβανόμενη προπόνηση υψηλών φορτίων με σκοπό την υπερτροφία του μυός άρα και της αύξησης του πάχους του, οδηγεί αντίστοιχα σε μια μεγαλύτερη γωνία μυϊκών δεματίων (Blazevich, Gill, Bronks, & Newton, 2003). Αυτό το φαινόμενο, της αύξησης της γωνίας πρόσφυσης, συνεπώς και της αύξησης της εγκάρσιας επιφάνειας του μυός, φαίνεται να συνδέεται με την ικανότητα παραγωγής μεγαλύτερης δύναμης. Επιπρόσθετα, η μεγαλύτερη γωνία ακολουθείται από μικρότερου μήκους μυϊκές ίνες, κατάλληλες για να παράγουν ταχύτερες συσπάσεις κατά τη συστολή (Blazevich 2006, Kumagai και συν., 2000). Αντίθετα, οι πιο

γρήγοροι αθλητές των 100 μέτρων, παρατηρείται να εμφανίζουν μικρότερη γωνία μυϊκών δεματίων στην έξω κεφαλή του γαστροκνημίου μυός και μεγαλύτερο μυϊκό πάχος (Kumagai και συν., 2000). Ένα ακόμα παράδειγμα αποτελεί αυτό των Alegre και συν. (2009), που παρατήρησαν θετική συσχέτιση μεταξύ της ικανότητας του κατακόρυφου άλματος και των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των μηριαίων και των γαστροκνημίων των αθλητών. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη η μυϊκή πυκνότητα του έξω πλατύ μηριαίου, τόσο μεγαλύτερο το κατακόρυφο άλμα. Επίσης η δυνατότητα παρακολούθησης των μυϊκών χαρακτηριστικών μέσω μυϊκού υπερήχου μπορεί να βοηθήσει στην σωστή διαμόρφωση των προγραμμάτων προπόνησης εξειδικευμένα για κάθε αθλητή (Earp και συν., 2010).

2.2. Έκκεντρη άσκηση

Με τον όρο έκκεντρη σύσπαση περιγράφεται η διεργασία της αύξησης του μήκους του μυός κατά την προσπάθειά του να καταβάλλει και να ξεπεράσει μια εξωτερική αντίσταση (Jamurtas και συν., 2000). Με άλλα λόγια, η έκκεντρη σύσπαση αναφέρεται στην απομάκρυνση των μυονηματίων της ακτίνης από το κέντρο της Ζώνης Α εξαιτίας των εγκάρσιων γεφυρών. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της έκκεντρης κίνησης είναι ότι, συγκριτικά με την ισομετρική και τη σύγκεντρη, παράγει περισσότερη δύναμη κατά την συστολή του μυός (Grabiner και Owings, 1999). Αυτό φαίνεται ότι οφείλεται στο γεγονός ότι η έκκεντρη σύσπαση χαρακτηρίζεται από μια ξεχωριστή ικανότητα ενεργοποίησης των λειτουργιών του νευρικού συστήματος, μιας και τείνει να ενεργοποιεί πρώτα τις γρήγορες και τις περισσότερο ανθεκτικές στην κόπωση κινητικές μονάδες, και ύστερα τις αργές, σε αντίθεση με τη σύγκεντρη κίνηση η οποία λειτουργεί με τον ακριβώς αντίθετο τρόπο (Enoka, 1996). Μάλιστα, όταν το ζητούμενο είναι η μέγιστη δύναμη του αθλητή, η Roig και συν. (2009) επαναξιολογώντας 20 σχετικές μελέτες απέδειξε ότι η έκκεντρη άσκηση έχει καλύτερα αποτελέσματα από τη σύγκεντρη. Στην ίδια μετα-ανάλυση, η οποία είχε ως στόχο να συγκρίνει έκκεντρες και σύγκεντρες συσπάσεις σε όλες τις εκφάνσεις τους, φάνηκε ότι η έντονη εκκεντρική προπόνηση αυξάνει πιο πολύ την έκκεντρη δύναμη εν γένει, συγκριτικά με τη σύγκεντρη

προπόνηση. Έτσι λοιπόν, κατανοώντας τα παραπάνω ευρήματα, συνειδητοποιεί κανείς ότι μόνο τυχαίο δεν είναι που οι προπονητές «γεμίζουν» τα προγράμματα των αθλητών τους με ασκήσεις που περιλαμβάνουν έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις όταν θέλουν να τους βελτιώσουν τη μέγιστη νευρομυϊκή απόδοση (Aagaard και Thorstensson, 2003).

Ακόμη μία θεμελιώδης διαφορά μεταξύ έκκεντρης και σύγκεντρης σύσπασης είναι ότι η πρώτη είναι «ενεργειακά οικονομικότερη», καθώς παρότι προκαλεί μεγαλύτερη μυϊκή τάση, ταυτόχρονα ξοδεύει λιγότερο ATP από τη σύγκεντρη σύσπαση, απαιτώντας εμφανώς μικρότερη κατανάλωση (Clarkson και Newhan, 1995). Αυτή η «οικονομική» διεργασία της έκκεντρης κίνησης, δηλαδή το να παράγει ενέργεια ξοδεύοντας μικρό μεταβολικό κόστος, ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι αποθηκεύεται αρκετή ελαστική ενέργεια στον μυ κατά την σύσπασή της (Lindstedt και συν., 2001).

Αν και έχουν αναφερθεί αρκετές διαφορές μεταξύ έκκεντρης και σύγκεντρης σύσπασης έως αυτό το σημείο, οι Paschalis, Koutedakis, Jamurtas, Mougiotis, και Baltzopoulos (2005) αναφέρουν πως ίσως η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ τους είναι ότι η έκκεντρη κίνηση προκαλεί μεγαλύτερο μυϊκό μικρο-τραυματισμό στον μυ από τη σύγκεντρη. Αυτός ο μυϊκός μικρο-τραυματισμός άρχισε να τεκμηριώνεται σε μελέτες ήδη από τη δεκαετία του 1980 όταν οι Friden και συν. (1981) μίλησαν για τραυματισμό της μυϊκής ίνας μετά από έκκεντρη προπόνηση και συνεπάγεται την μείωση τόσο της δύναμης όσο και του εύρους κίνησης του μυός, την αποδιοργάνωση της μυϊκής δομής, την εκροή μυϊκών πρωτεϊνών στο αίμα, καθώς και τον μυϊκό πόνο. Όσον αφορά την πρώτη επίπτωση που αναφέρθηκε (την μείωση της δύναμης), αυτή έχει παρατηρηθεί ότι έχει πιο αργή αποκατάσταση στην έκκεντρη από ότι στη σύγκεντρη σύσπαση (Linnamo και συν., 2000). Συγκεκριμένα, αρχίζει να επανέρχεται στα φυσιολογικά της επίπεδα τουλάχιστον 72 ώρες μετά τον μυϊκό μικρο-τραυματισμό (Twist & Eston, 2005). Μία πιθανή αντιμετώπιση του μυϊκού πόνου έδωσαν οι Nosaka και Clarkson (1997)

οι οποίοι πρότειναν σε όσους διαμορφώνουν αθλητικά προγράμματα να τοποθετούν σύγκεντρες ασκήσεις πριν από έγκεντρες.

2.3. Ασκησιογενής μυϊκός μικρο-τραυματισμός

Η έγκεντρη σύσπαση είναι εκείνη που, σε αντίθεση με τη σύγκεντρη και την ισομετρική, δύναται να πυροδοτήσει εκτεταμένο μυϊκό μικρο-τραυματισμό, εξαιτίας της έντονης επιμήκυνσης των αδύναμων σαρκομερίων πέρα από το σημείο αλληλοκάλυψης των μυοϊνιδίων, με αποτέλεσμα να αδυνατούν να επιστρέψουν στο πρωταρχικό τους μήκος (Friden και συν., 1983). Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η επιμήκυνση των αδύναμων σαρκομερίων, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και ο μυϊκός μικρο-ταυματισμός που θα προκληθεί (Talbot & Morgan, 1998). Οι μυϊκές αυτές ανομοιομορφίες φανερόνται ήδη από τη δεκαετία του 1960, μέσω πολλών πειραμάτων από τους Huxley και Peachey (1961). Ειδικότερα, φαίνεται μια αναδιοργάνωση στην αρχιτεκτονική των γραμμών Z του σαρκομερίου, τοπικές εστίες τραυματισμού των μυοϊνιδίων και οίδημα, όπως επίσης και πρόκληση ανωμαλιών στον εξωκυττάριο χώρο της μυϊκής ίνας (Lieber & Friden, 1993).

Η ένταση του ασκησιογενούς μυϊκού μικρο-τραυματισμού σχετίζεται με το αν η άσκηση είναι οικεία ή ασυνήθιστη στον αθλητή, από το αν η αντίσταση είναι υψηλή ή ήπια, από την θέση του μήκους του μυός, από την ταχύτητα της σύσπασης, καθώς και από το διαφορετικό επίπεδο του κάθε αθλητή (Chapman και συν., 2008 ; Proske & Allen, 2005 ; McHugh & Tetro, 2003).

Αξίζει να αναφερθεί, ότι παρόλο που αυτές οι έννοιες μελετώνται εδώ και δεκαετίες, οι ερευνητές καταλήγουν μερικές φορές σε αντιφατικά αποτελέσματα. Οι Ando και συν. (2018) αναφέρουν ότι ο μυϊκός μικρο-τραυματισμός ενδέχεται να μην προκαλείται από την έντονη επιμήκυνση της μυοτενόντιας μονάδας, αλλά αντίθετα, να οφείλεται στην διάταση και τον τραυματισμό του περιμύου .

2.4. Καθυστερημένος μυϊκός πόνος

Μέχρι στιγμής έχουν ήδη γίνει αρκετές αναφορές στον μυϊκό πόνο. Ένας τύπος μυϊκού πόνου για τον οποίο θα γίνει εκτενής αναφορά στην παρούσα εργασία αποτελεί ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος . Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος ορίζεται ως ένας «απλός» και συνηθισμένος τύπος μυϊκής καταστροφής, ενώ χρησιμοποιείται παράλληλα και ως δείκτης της μυϊκής καταστροφής. Χαρακτηρίζεται από μυϊκή δυσκαμψία, μειωμένο εύρος κίνησης και μειωμένη ιδιοδεκτική λειτουργία, μυϊκή αδυναμία, χαμηλότερη μέγιστη ροπή (Kanik και συν., 2019), ενώ τις περισσότερες φορές παρουσιάζει μια ευαισθησία στην κίνηση αλλά και στην ψηλάφηση της γαστέρας και της μυοτενόντιας περιοχής των μυών (Gulick & Kimura, 1996).

Τα κλινικά συμπτώματά του έχει παρατηρηθεί ότι εμφανίζουν μεγάλη μεταβλητότητα, καθώς μπορούν να κυμανθούν από μία ήπιας έντασης ενόχληση μέχρι έναν οξύ πόνο (Pearcey και συν., 2015), ενώ έχουν αναφερθεί και περιπτώσεις αδυναμίας καθημερινών κινήσεων (Armstrong & Warren, 1993), συμπτώματα που ωστόσο φαίνεται ότι συνήθως υποχωρούν μετά από μέτριας έντασης δραστηριότητα. Από τα παραπάνω κλινικά συμπτώματα που μόλις αναφέρθηκαν, το πιο ενδεικτικό και συνηθισμένο σύμφωνα με τους Zhang, Clement και Taunton (2000), μοιάζει να είναι η ευαισθησία του καθυστερημένου μυϊκού πόνου κατά την κίνηση. Ο βαθμός αυτής της ευαισθησίας εξαρτάται από το είδος, την ένταση, τη διάρκεια και τον τρόπο της άσκησης που εκτελείται, όπως και από το φύλο και την ηλικία του αθλούμενου (Uchida και συν., 2009; Pedersen και συν., 2003; Nieman και συν., 2003). Πολλές είναι η φορές που έχει παρατηρηθεί καθυστερημένος μυϊκός πόνος μετά από υψηλής έντασης έγκεντρα άσκηση (Morawetz και συν., 2020). Τα συμπτώματα ξεκινούν 6-12 ώρες μετά την άσκηση, αυξάνονται προοδευτικά μέχρι να φτάσουν στο μέγιστο του πόνου στις 48-72 ώρες και αρχίζουν να μειώνονται μέχρι να εξαφανιστούν πλήρως 5-7 ημέρες αργότερα (Valle και συν., 2013). Αυτός ο πόνος ξεκινάει από τη μυοτενόντια περιοχή

(McIntyre και συν., 1995) καθώς η δομή της δεν της επιτρέπει να δέχεται μεγάλη καταπόνηση (Paddon-Jones & Abernethy, 2001) και έπειτα εξαπλώνεται σε όλο τον μυ.

2.4.1. Θεωρίες για τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο

Τι προκαλεί ωστόσο τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο; Το ερώτημα αυτό βασανίζει μέχρι σήμερα τους ερευνητές και ακόμα δεν έχει επέλθει ομοφωνία μεταξύ τους σχετικά με την ακριβή αιτία του καθυστερημένου μυϊκού πόνου, παρότι το συγκεκριμένο θέμα απασχολεί τη διεθνή βιβλιογραφία ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν ο Hough (1902) δημοσίευσε την πρώτη επιστημονική εργασία που μελετούσε τις αιτίες πρόκλησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου. Σε αυτά τα 120 χρόνια μελέτης έχουν αναπτυχθεί έξι θεωρίες που επιχειρούν να απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα: η θεωρία του μυϊκού σπασμού, η θεωρία της φλεγμονής, η θεωρία της βλάβης του συνδετικού ιστού, η θεωρία της εκροής ενζύμων, η θεωρία της μυϊκής βλάβης και τέλος, η θεωρία του γαλακτικού οξέος η οποία ωστόσο έχει απορριφθεί πλήρως ήδη από το 1956 (Asmussen, 1956) και εκ νέου -ακόμα πιο κατηγορηματικά- το 1983, όταν οι Schwane, Watrous, Johnson και Armstrong (1983) ανέφεραν χαρακτηριστικά ότι «δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ της παρουσίας γαλακτικού οξέος και της ανάπτυξης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου.» Επομένως δεν θεωρείται σκόπιμο να γίνει καμία περαιτέρω αναφορά για τη συγκεκριμένη θεωρία και τους μηχανισμούς της στην παρούσα εργασία (Nahon, Lopes, Neto, 2021).

Από εκεί και πέρα, υπάρχουν δύο θεωρίες, του μυϊκού σπασμού και του συνδετικού ιστού, οι οποίες στερούνται μεν εγκυρότητας, μιας και δεν επιβεβαιώνονται πάντα στις σχετικές έρευνες που προσπαθούν να τις αποδείξουν, αξίζει όμως να γίνει αναφορά στους μηχανισμούς που περιγράφουν. Η πρώτη παρατήρησε την αλληλουχία αποκρίσεων του οργανισμού σε κατάσταση ηρεμίας, αφού πρώτα είχε προηγηθεί έκκεντρη πλειομετρική άσκηση. Η αλληλουχία ξεκινά με την αυξημένη μυϊκή διέγερση και τον έντονο μυϊκό σπασμό σε συγκεκριμένα σημεία, ακολουθεί

η συμπίεση των αιμοφόρων αγγείων στα σημεία που προκλήθηκε ο μυϊκός σπασμός, τη συσσώρευση αλογόνων ουσιών και εν τέλει την ισχαιμία, η οποία παρατείνεται με τον ερεθισμό των νευρικών απολήξεων εξαιτίας των μυϊκών σπασμών. Η θεωρία της βλάβης του συνδετικού ιστού, εντοπίζει την αιτία του καθυστερημένου μυϊκού πόνου στην υπέρμετρη διάταση που πραγματοποιεί ο συνδετικός ιστός των μυών, ως απόρροια του τραυματισμού των -δομικά ευάλωτων σε τραυματισμό- μυϊκών ινών τύπου II (Cheung και συν., 2003).

Ακολουθούν δύο θεωρίες οι οποίες δεν στερούνται εγκυρότητας όπως οι προηγούμενες, όμως φαίνεται ότι εξηγούν εν μέρει, και όχι ολοκληρωμένα, όλες τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται κατά το ιδιαίτερο και πολύπλοκο φαινόμενο του καθυστερημένου μυϊκού πόνου. Η θεωρία της μυϊκής βλάβης αναφέρει ότι η έκκεντρη άσκηση έχει την τάση να ενεργοποιεί λιγότερες κινητικές μονάδες (Armstrong, 1984), οι οποίες με τη σειρά τους επιμηκύνονται και οδηγούν στην αποδιοργάνωση της αρχιτεκτονικής δομής των σαρκομερίων (Newham, Jones, & Edwards, 1986), μια αποδιοργάνωση που λαμβάνει χώρα στις μυϊκές ίνες τύπου II οι οποίες αποτελούνται από πιο στενές και πιο αδύναμες Z-ζώνες. Έπειτα, η θεωρία της φλεγμονής έχει τραβήξει τα βλέμματα των ερευνητών καθώς παρατήρησαν ότι μπορεί να προκληθεί πρήξιμο, πόνος και απώλεια λειτουργικότητας σε μια συγκεκριμένη μυϊκή περιοχή, τόσο ως συμπτώματα του καθυστερημένου μυϊκού πόνου, όσο και ως απόκριση στην οξεία φλεγμονή, μια απόκριση που συναντάται σε διάφορους τύπους τραυματισμών, συμπεριλαμβανομένου του μυϊκού μικρο-τραυματισμού. Μάλιστα, και τα δύο φαινόμενα αυξάνονται σε σοβαρότητα τις πρώτες 48 ώρες και αρχίζουν να επουλώνονται στις 72 ώρες (Smith, 1991). Τέλος η θεωρία εκροής ενζύμων πρωτοπαρουσιάστηκε από τους Giulick & Kimura (1996) αναφέρεται στην συγκέντρωση του ασβεστίου εκτός του σαρκοπλασματικού δικτύου όπου αποθηκεύεται κανονικά χωρίς την παρουσία μυϊκού μικρο-τραυματισμού στην περιοχή (Armstrong, 1984). Φαίνεται λοιπόν ότι με την συσσώρευση του ασβεστίου στον μυ αναστέλλεται η φυσιολογική λειτουργία της κυτταρικής αναπνοής στα μιτοχόνδρια, δημιουργώντας μια αργοπορημένη ανασύνθεση της

τριφωσφορικής αδενοσίνης. Αξίζει να αναφέρουμε ότι ορισμένες φορές παρατηρείται επιδείνωση του τραυματισμού στο σαρκείλλημα εξαιτίας της ενεργοποίησης πρωτεασών λόγω των μεγάλων επιπέδων συγκέντρωσης ασβεστίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να πυροδοτούν χημικό ερεθισμό στις νευρικές απολήξεις που ρυθμίζουν την πρόκληση πόνου μέσω της διάσπασης των πρωτεϊνών στις ήδη τραυματισμένες Ζ ζώνες (Cheung κι συν., 2003)

Από μόνο του το γεγονός ότι έχουν αναπτυχθεί έξι διαφορετικές θεωρητικές προσεγγίσεις για την ερμηνεία του καθυστερημένου μυϊκού πόνου αποδεικνύει ότι ο ασφαλέστερος τρόπος να ερμηνευτεί σφαιρικά και ολοκληρωμένα η πολύπλοκη λειτουργία του είναι με τον συνδυασμό δύο ή και περισσότερων θεωριών από τις παραπάνω, τον μυϊκό συντονισμό και την εκτέλεση συγκεκριμένων μυϊκών δράσεων.

2.5. Ρυθμός εφαρμογής της δύναμης

Η έννοια του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης (P.E.Δ.) είναι μια μεταβλητή που απασχολεί τους ερευνητές πάνω από τέσσερις δεκαετίες, μιας και η πρώτη μέτρησή της συναντάται ήδη από το 1976, όταν οι Thorstensson και συν. επεσήμαναν τις σημαντικές εφαρμογές που μπορεί να παίζει ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης σε όλες τις δραστηριότητες, από τις απλές κινήσεις της καθημερινότητας, μέχρι τις πιο σύνθετες αθλητικές δραστηριότητες (Aagaard και συν., 2002). Οι De Ruiter, Leeuwen, Heijblom, Bobbert και Haan (2006) προσθέτουν ότι, παρότι η παραγωγή των εκρηκτικών δυνάμεων των μυών είναι πολύ σημαντικές στην απόδοση καθώς και στους τραυματισμούς (Zebis, Andersen, Ellingsgaard, & Aagaard, 2011), ταυτόχρονα βρίσκουν καθοριστικές εφαρμογές και σε ποικίλες άλλες περιπτώσεις, όπως η αποφυγή πτώσεων κυρίως σε ηλικιωμένους (Burns και συν., 2018, Behan, Pain, & Folland, 2018, Boelens και συν., 2013), μιας και έχει βρεθεί ότι ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της ισορροπίας (Hess και συν., 2006, Ikezoe και

συν., 2003). Επίσης, πολλοί γιατροί στον χώρο του αθλητισμού χρησιμοποιούν τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης ως κριτήριο για να αποφασίσουν αν ένας αθλητής είναι έτοιμος να επιστρέψει στην αθλητική του δραστηριότητα ύστερα από έναν σοβαρό τραυματισμό (Angelozzi και συν., 2012). Ακόμη, είναι πιθανό ότι η μείωση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης μπορεί να προηγείται της μείωσης της μέγιστης δύναμης, επομένως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πρώιμος δείκτης της μυϊκής λειτουργίας (Penailillo, 2015).

Παραμένοντας στις εφαρμογές του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στο χώρο του αθλητισμού, οι ερευνητές έχουν τη δυνατότητα να εκτιμήσουν την νευρομυϊκή κόπωση εξαιτίας της έντονης προπόνησης (Thorlund και συν., 2008), κάτι που ίσως βοηθήσει στην πρόληψη τραυματισμών λόγω υπερκόπωσης. Εκτός από την σημασία του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στις περιπτώσεις των τραυματισμών, αρκετές έρευνες επισημαίνουν ότι είναι βασικός παράγοντας και για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης σε πολλά εκρηκτικά αθλήματα, όπως του σπριντ (Slawinski, 2010), της άρσης βαρών (Haff, 1997), του άλματος (Laffaye, 2014) και της ποδηλασίας (Stone, 2004), καθώς μια αύξηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης ενός αθλητή μπορεί να τον κάνει πιο εκρηκτικό, βοηθώντας τον να αναπτύξει μεγαλύτερες δυνάμεις σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Στη μελέτη του McLellan (2011) συμμετείχαν 23 γυμνασμένοι και νεαροί σε ηλικία άνδρες οι οποίοι πραγματοποίησαν τρία κατακόρυφα άλματα με το βάρος τους σώματος τους και τρία κατακόρυφα άλματα χωρίς την φόρα των χεριών με το βάρος του σώματός τους με τυχαία σειρά σε δυναμοδάπεδο. Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης μετρήθηκε κατά την διάρκεια και των δυο αλμάτων και τα ευρήματα δείχνουν ότι είναι ο κύριος παράγοντας που συμβάλει κατά τα κατακόρυφα άλματα σε γυμνασμένους άνδρες. Με βάση τα παραπάνω μπορεί να ειπωθεί ότι ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης είναι καθοριστικός παράγοντας της αθλητική απόδοση. Στο ίδιο μήκος κύματος οι Izquierdo και συν. (1999) παρατήρησαν ότι η ικανότητα ελέγχου της στάσης του σώματος των ηλικιωμένων ατόμων είναι ανάλογη του ρυθμού εφαρμογής της κίνησης.

2.5.1 Η πρώιμη και η μεταγενέστερη φάση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης

Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι ο χρόνος διάρκειας στις εκρηκτικές κινήσεις περιλαμβάνει χρόνους μεταξύ 50 m/s με 250 m/s, οι οποίοι είναι μικρότεροι από εκείνους που χρειάζεται για την ανάπτυξη της μέγιστης δύναμης στα 300 m/s. Σε αυτό το σημείο είναι πολύ σημαντικό να γίνει ένας διαχωρισμός με βάση το χρονικό διάστημα της μυϊκής συστολής: από την μια παρατηρείται η πρώιμη φάση (Early Rate of Force Development), η οποία πραγματοποιείται πριν τα πρώτα 100 m/s και επηρεάζεται από τη νευρική κίνηση (Gruber & Gollhofer, 2004) και από την άλλη υπάρχει η μεταγενέστερη φάση (Late Rate of Force Development), που παρατηρείται μετά τα 100 m/s και μπορεί να φτάσει έως τα 250 m/s και η οποία σχετίζεται με παράγοντες που προάγουν την αύξηση της μέγιστης μυϊκής δύναμης (MVC), (Andersen και συν., 2010). Η συγκεκριμένη παράμετρος έχει μελετηθεί τόσο σε ανθρώπους που δεν γυμνάζονται όσο και σε αθλητές διαφόρων αγωνισμάτων. Η πρώιμη και η μεταγενέστερη φάση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης αποτελεί ένα εξειδικευμένο διαχωρισμό ο οποίος δεν είχε γίνει αντιληπτός από τους ερευνητές στην αρχή, ωστόσο πλέον υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός εργασιών στη βιβλιογραφία γύρω από το συγκεκριμένο θέμα. Το 2004 οι Gruber και Gollhofer αναλύοντας τις δύο αυτές μεταβλητές του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης παρατήρησαν ότι μπορούν να παρέχουν μια ενδεικτική εικόνα γύρω από τους νευρομυϊκούς μηχανισμούς που ενεργοποιούνται όταν κάποιος κάνει προπόνηση με αντιστάσεις. Μάλιστα οι ίδιοι συγγραφείς τόνισαν στην έρευνά τους ότι η φάση που επηρεάζεται περισσότερο από την νευρική κίνηση είναι η πρώιμη φάση.

2.5.2. Η επίδραση της προπόνησης στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης

Στην βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα ερευνών που έχουν ερευνήσει τις παραμέτρους που βελτιώνουν τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης. Σε μία πολύ ενδιαφέρουσα έρευνα του 2012 στην οποία οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν σε ισομετρική προπόνηση, οι Tillin, Jimenez-Reyes, Pain και Folland (2010),

ανέφεραν ότι η πρόωμη και η μεταγενέστερη φάση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης δύνανται να βελτιωθεί όταν η προπόνηση γίνεται ισομετρικά. Μάλιστα αν εκτός από ισομετρική, η προπόνηση εμπλουτιστεί και με αντιστάσεις, ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης βελτιώνεται ακόμα περισσότερο. Σε γενικές γραμμές, αυτό είναι ένα θέμα για το οποίο εντοπίζεται διχογνωμία στη βιβλιογραφία, αφού ένα χρόνο πριν, οι ίδιοι ερευνητές είχαν καταλήξει στο αντίθετο συμπέρασμα, επισημαίνοντας ότι δεν παρατηρείται αύξηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης μετά από προπόνηση ισομετρικής σύσπασης (Tillin και συν., 2011)

Το τοπίο δεν είναι καθόλου ξεκάθαρο όσον αφορά την προπόνηση με υψηλές αντιστάσεις, αφού σε κάποιες έρευνες αναφέρεται ότι αυξάνεται (Andersen και συν., 2010; Aagaard και συν., 2002), σε μερικές επισημαίνεται ότι μειώνεται (Marshall, McEwen, & Robbins, 2011), ενώ υπάρχουν και εκείνες που αναφέρουν ότι ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης παραμένει σταθερός (Häkkinen και συν., 1985).

Οι Kyröläinen και συν. (2005) προτείνουν ότι για να πετύχει κανείς τη μεγαλύτερη δυνατή βελτίωση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης καλείται να προπονηθεί σε υψηλούς ρυθμούς ταχύτητας. Το συγκεκριμένο πόρισμα επιβεβαιώνεται και από μια πολύ πρόσφατη μετα-ανάλυση των Blazejich και συν. (2007), οι οποίοι εξετάζοντας 54 παλαιότερες έρευνες κατέληξαν στο πόρισμα ότι οι υψηλές ταχύτητες κίνησης κατά τη διάρκεια της άσκησης συνδέονται με αύξηση του rfd-max. Έτσι, τα μεγαλύτερα οφέλη φαίνεται να επιτυγχάνονται όταν υπάρχει πρόθεση για γρήγορη παραγωγή δύναμης κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ακόμη και αν η ταχύτητα κίνησης επηρεάζεται αρνητικά από την ανάγκη μετακίνησης μεγάλου φορτίου. Παρομοίως, σημαντική είναι η βελτίωση που παρατηρείται και ύστερα από χαμηλότερο φορτίο (0%-50% από 1RM), από βαλλιστικά προγράμματα (Zaras και συν., 2013), καθώς και από πλειομετρική εκπαίδευση (Marković και συν., 2007).

Μια μεγάλη αύξηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης είναι ο συνδυασμός που προκαλεί η προπόνηση με άλματα ύστερα από προπόνηση υψηλών αντιστάσεων

(Cormie και συν. 2011). Είναι ενδιαφέρον ότι μόνο ο συνδυασμός βαριάς προπόνησης δύναμης με κάθισμα (90% 1RM) και άλμα χωρίς φορτίο, βελτίωσε την απόδοση του άλματος μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης.

Σίγουρα ένα εύρημα που κεντρίζει το ενδιαφέρον είναι των Andersen και συν. (2005), οι οποίοι παρατήρησαν μία αύξηση στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης κατά 23% σε άτομα που σταμάτησαν την προπόνηση για 3 μήνες. Στους παράγοντες που βελτιώνουν τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης οι Zaras και συν. (2013) προσθέτουν την δικιά τους πινελιά, τονίζοντας ότι η αύξηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης σχετίζεται με την προπόνηση που περιλαμβάνει ανάπαυση.

Όσοι συνταγογραφούν τα προπονητικά προγράμματα των αθλητών είναι σημαντικό να θυμούνται ότι η προπόνηση των διατάσεων δεν έχουν τον ίδιο αντίκτυπο στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης συγκριτικά με την προπόνηση δύναμης, μιας και η πρώτη δεν έχει δείξει να επιφέρει αλλαγές (Jones, 2003).

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης που δεν πρέπει να παραλειφθεί είναι ότι εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις ίνες Πχ (Maffiuletti και συν., 2016). Όπως έχει αποδειχθεί, η μείωση του ποσοστού των Πχ μυϊκών ινών σχετίζεται με μια πτώση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης, διότι οι ίνες Πχ μετασχηματίζονται σε ίνες τύπου Πα κατά την προπόνηση αντιστάσεων (Andersen και συν., 2010)

Εδώ συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ μυϊκής δύναμης, χωρίς να επέλθει κάποια μείωση των ινών Πχ (Andersen και συν., 2010). Παρομοίως, οι περισσότερες έρευνες συμφωνούν ότι ο αερόβιος τύπος γυμναστικής όχι μόνο δεν αυξάνει τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης (Häkkinen 2003), αλλά αντίθετα μπορεί να τις μειώσει κιόλας, μετατρέποντας τις ίνες Πχ σε Πα (Nader, 2006).

Ένα κομβικό σημείο που συχνά παραμερίζεται είναι ότι -πέρα από τη γνώση των παραγόντων που βελτιώνουν τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης, θα πρέπει

ταυτόχρονα οι ασκήσεις του αθλούμενου να είναι πανομοιότυπες με τις δραστηριότητες στις οποίες επιδιώκει να βελτιωθεί (Blazevich και συν., 2012).

Είναι αναγκαίο να τονιστεί ότι τα προγράμματα γυμναστικής οφείλουν να είναι εξατομικευμένα στις ανάγκες του κάθε ασκούμενου και στον βαθμό στον οποίο εκείνος ανταποκρίνεται σε αυτά, αφού όπως παρατηρήσαν οι Fry και συν. (1994) όταν εφάρμοσαν το ίδιο πρόγραμμα προπόνησης σε ασκούμενους, σημειώθηκαν πολλές διαφορετικές αποκρίσεις αναμεσά τους. Υπήρχε ένα γκρουπ ατόμων στους οποίους βελτιώθηκε ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης, υπήρχε μία ομάδα αθλούμενων στην οποία δεν εντοπίστηκε κάποια αξιοσημείωτη βελτίωση, ενώ στην τρίτη ομάδα το πρόγραμμα αποδείχθηκε υπερβολικό και φάνηκε να καταλήγει σε υπερ-προπόνηση. Αυτή η διαφορετική ανταπόκριση του κάθε αθλούμενου στο εκάστοτε πρόγραμμα έχει κινήσει αρκετά το ενδιαφέρον των ερευνητών. Σχεδόν 20 χρόνια μετά την έρευνα που μόλις αναφέρθηκε, οι Cormie συν. (2010, 2011) συμπέραναν σε δύο διαδοχικές μελέτες τους ότι τα ιδιαίτερα νευρικά και νευρομυϊκά χαρακτηριστικά του κάθε ατόμου δημιουργούν διαφορετικές προοπτικές για τον κάθε αθλούμενο αναφορικά με την βελτίωση της παραγωγής της δύναμής τους. Επίσης, το γεγονός ότι κάθε άνθρωπος ανταποκρίνεται διαφορετικά, ίσως βάλει σε σκέψεις τους ερευνητές ότι το πρόγραμμα βελτίωσης του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης εξαρτάται από την νευρομυϊκή σύσταση του κάθε ασκούμενου.

2.5.2. Έκκεντρη άσκηση και ρυθμός εφαρμογής της δύναμης

Έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζει στους ερευνητές ο τρόπος με τον οποίο η έκκεντρη άσκηση επιδρά στον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι τόσο ο πρώιμος όσο και ο όψιμος ρυθμός εφαρμογής της δύναμης αυξήθηκαν με γρήγορη έκκεντρη άσκηση (Stasinaki, Zaras, Methenitis, Bogdanis, & Terzis, 2019). Πιο συγκεκριμένα, οι Baroni και συν. (2013) διεξήγαγαν μια έρευνα κατά την οποία 20 άντρες αθλητές εκτέλεσαν γρήγορες έκκεντρες ασκήσεις αντιστάσεων και υποβλήθηκαν σε υπέρηχο του έξω πλατύ και ορθού μηριαίου τόσο

πριν την άσκηση όσο και μετά από αυτή, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το συγκεκριμένο είδος άσκησης αυξάνει το μήκος του μυϊκού δεσμού και τη γωνία πρόσφυσης. Οι Stasinaki και συν. (2019) πηγαίνοντας την παραπάνω έρευνα ένα βήμα παρακάτω, αναφέρουν ότι η αύξηση στη γωνία πρόσφυσης από την εκκεντρική προπόνηση και από την προπόνηση δύναμης σχετίζεται τελικά με μια υψηλότερη ταχύτητα βράχυνσης και με μία εξίσου εγγενή μυϊκή δύναμη. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα μίας εξαιρετικά πρόσφατης μελέτης, κατά την οποία υποστηρίχθηκε ότι η εκκεντρική προπόνηση ποδηλασίας βελτιώνει σε σημαντικό βαθμό τα επίπεδα του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης και μάλιστα, σε σημαντικό μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με τη σύγκεντρη προπόνηση ποδηλασίας (Inostroza & συν., 2021). Συνεχίζοντας, όταν η εκκεντρική προπόνηση συνδυαστεί με βαλλιστική και συμπεριλάβει και πλειομετρικές ασκήσεις, παρατηρούνται επίσης αξιοσημείωτες βελτιώσεις στην μέγιστη μυϊκή δύναμη και -επομένως- και στον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης (Bogdanis και συν., 2018). Μία ακόμη ευεργετική επίδραση της γρήγορης έκκεντρης άσκησης στον ασκούμενο είναι ότι μπορεί να οδηγήσει σε διατήρηση -ή ακόμη και σε κάποια μικρή αύξηση- στο ποσοστό των μυϊκών ινών ΙΙΧ (Friedmann και συν., 2010).

Εκτός από τις μελέτες που δείχνουν τις αυξήσεις της γρήγορης έκκεντρης προπόνησης στον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης, πληθώρα μελετών υπάρχει και για την άθληση με αργές έκκεντρες ασκήσεις. Από ότι αποδεικνύεται, η αργή εκκεντρική άσκηση, παρότι τις περισσότερες φορές οδηγεί σε αύξηση στην μυϊκή δύναμη, στην αντοχή και στην υπερτροφία των μυών, εντούτοις δεν δείχνει να επιφέρει κάποια σημαντική αλλαγή στις τιμές του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης (Mike, 2015).

2.5.3. Η επίδραση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης μετά το πέρας 24-48 ωρών έντονης άσκησης

Φαίνεται ότι μετά από την προπόνηση μέγιστης δύναμης, οι τιμές του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης τείνουν να μεταβάλλονται με την πάροδο των ωρών. Ειδικότερα η ικανότητα δημιουργίας ταχείας δύναμης μειώνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης μετά την προπόνηση με μέγιστες έκκεντρες συστολές, κατά την οποία παρατηρείται μείωση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στις 24 ώρες (Vila-Chã, Hassanlouei, Farina, & Falla, 2012), στις 48 ώρες μετά (Christopher και συν., 2011, Farup και συν., 2015), αλλά και έως 7 ημέρες αργότερα. Πιο συγκεκριμένα, ο μεταγενέστερος ρυθμός εφαρμογής της δύναμης τείνει να έχει μεγαλύτερη μείωση από τον πρώιμο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης, αντίστοιχα και από την μέγιστη δύναμη (Penailillo και συν., 2014). Σε μια άλλη έρευνα με μέγιστες σύγκεντρες συστολές ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης επανέρχεται πολύ πιο γρήγορα στις φυσιολογικές τιμές σε σχέση με το χρόνο. Λεπτομερώς, όταν παρέλθουν 24 ώρες από το τέλος της προπόνησης παρατηρείται σημαντική μείωση του ρυθμός εφαρμογής της δύναμης σε σύγκριση με την τιμή που είχε τη στιγμή που τελείωσε η προπόνηση, ενώ στις 48 ώρες δεν φάνηκε κάποια σημαντική μείωση (Drake, Rodney, Kennedy, & Wallace, 2019).

2.5.4. Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης και η μέγιστη δύναμη

Δεν είναι λίγες οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί επιχειρώντας να συγκρίνουν τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης με τη μέγιστη δύναμη. Είναι κοινώς αποδεκτό μεταξύ των ερευνητών ότι ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης είναι αρκετά πιο ευμετάβλητος, μιας και, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αφορά έναν «ευαίσθητο» δείκτη με μεγάλες διακυμάνσεις στην τιμή του (Hornsby, 2017). Αυτή η ευμεταβλητότητα αφορά και τις δύο όψεις του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης, τόσο την πρώιμη όσο και την όψιμη (Peñailillo, Blazeovich, Numazawa, & Nosaka, 2015). Στη μελέτη τους υπέβαλλαν τους συμμετέχοντες σε 60 έκκεντρες συσπάσεις και σε 30 λεπτά εκκεντρικού ποδηλάτου και κατέληξαν στο πόρισμα ότι η πρώιμη

και η όψιμη φάση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης είναι πιο ευαίσθητες από τον την μέγιστη εκούσια δύναμη. Μάλιστα, οι D'Emanuele και συν. (2021) στην πρόσφατη μελέτη τους δεν αρκέστηκαν μόνο στο να δείξουν ποια από τις δύο αυτές τιμές μειώνεται περισσότερο, αλλά αναφέρθηκαν και με συγκεκριμένα ποσοστά στις διαφορετικές μειώσεις που έχουν, με τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης να μειώνεται κατά μέσο όρο 25% ενώ την μέγιστη εκούσια δύναμη από την άλλη κατά μέσο όρο 19%.

III. ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1. Συμμετέχοντες

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν 6 άντρες, ηλικίας από 20 μέχρι 27 ετών, με τον μέσο όρο ηλικίας τους να είναι τα $25,2 \pm 4,8$ έτη, είχαν ύψος $1,80 \pm 0,13$ και μάζα $79,4 \pm 10,2$ kg. Όλοι οι συμμετέχοντες που πήραν μέρος στην έρευνα δεν είχαν κάνει άσκηση αντιστάσεων, μεγάλης έντασης που περιλάμβαναν έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις για τουλάχιστον πέντε μήνες πριν τη συμμετοχή τους στην έρευνα, ενώ για 2-3 μέρες πριν τη συμμετοχή τους στο πείραμα απείχαν από άσκηση. Επίσης, όλοι οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν αν είχαν κάποια σωματική ενόχληση ή κάποιο τραυματισμό. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίστηκε ότι την στιγμή του πειράματος ήταν όλοι πλήρως υγιείς, κάτι που ήταν αναγκαίο τόσο για τους σκοπούς του πειράματος, προκειμένου να μπορέσουν να πιάσουν το μέγιστο της δύναμής τους, αλλά και για τους ίδιους, προκειμένου να μην επιβαρυνθεί ο οργανισμός τους. Επομένως, απορρίφθηκαν οι εθελοντές που παρουσίασαν νευρομυϊκές παθήσεις και εκείνοι οι οποίοι βρίσκονταν σε φαρμακευτική αγωγή.

Πριν την έναρξη συλλογής των δεδομένων πραγματοποιήθηκε η πλήρης ενημέρωση των συμμετεχόντων για τον σκοπό, τη διαδικασία της έρευνας, τους πιθανούς κινδύνους καθώς και την αξιοποίηση των ευρημάτων. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι έδωσαν την έγγραφη συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή στην έρευνα.

3.2. Μέσα συλλογής δεδομένων

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, χρησιμοποιήθηκαν δυναμοδάπεδο τοίχου, κυκλοεργόμετρο, τροχαλία με ηλεκτρικό μηχανισμό ανύψωσης, μοιρογνωμόνιο, μετρονόμο.

3.3. Διαδικασία

Η διαδικασία συλλογής δεδομένων περιλάμβανε τρεις συναντήσεις με κάθε έναν από τους συμμετέχοντες που συναίνεσε και που πληρούσε τις προϋποθέσεις. Πραγματοποιήθηκαν 3 συναντήσεις, κάθε μία είχε διάρκεια μία ώρα και δεκαπέντε λεπτά, ενώ τα πρώτα λεπτά κάθε συνάντησης αφιερώνονταν στην προθέρμανση 8 λεπτών του συμμετέχοντα σε κυκλοεργόμετρο, καθώς και σε 5 λεπτά διατάσεις.

1^η συνάντηση

Στην πρώτη συνάντηση αξιολογούταν ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος και ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης των πρόσθιων μηριαίων και των δύο ποδιών, εναλλάξ το κάθε πόδι. Η αξιολόγηση της μέγιστη ισομετρική δύναμη γινόταν στο δυναμοδάπεδο τοίχου από καθιστή θέση με γωνία 120° στην άρθρωση του γόνατος. Πριν την αξιολόγηση, κάθε συμμετέχοντας υποβαλλόταν σε ένα «δοκιμαστικό» πέντε δευτερολέπτων στο δυναμοδάπεδο. Ακολουθούσε ανατροφοδότηση από τον ερευνητή και τυχόν διορθώσεις στην στάση σώματος του ασκούμενου, με σκοπό την άρτια εκτέλεση της προσπάθειας κατά το ίδιο χρονικό διάστημα. Το δυναμοδάπεδο τοίχου ήταν συνδεδεμένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος κατέγραφε την εφαρμοζόμενη δύναμη στην μονάδα του χρόνου, και βρισκόταν σε σημείο τέτοιο ώστε ο εκάστοτε ασκούμενος να έχει οπτική ανατροφοδότηση της προσπάθειάς του.

Η αξιολόγηση της δύναμης και του καθυστερημένου μυϊκού πόνου πραγματοποιήθηκε και στα δύο πόδια, ενώ ήταν τυχαία η επιλογή του ποδιού που εκτέλεσε την έκκεντρη άσκηση. Μετρήθηκε ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος για τους εκκίνοντες του γόνατου κατά το ημικάθισμα σε αρθρική γωνία 90°, αλλά και κατά την ψηλάφηση σε καθιστή θέση στη γαστέρα του μυός σύμφωνα με τη κλίμακα του αντιλαμβανόμενου πόνου από το 1 έως το 10.

2^η συνάντηση

Η δεύτερη συνάντηση πραγματοποιήθηκε μια μέρα μετά την πρώτη και σε αυτή γινόταν η μέτρηση της μίας μέγιστης σύγκεντρης επανάληψης του ενός ποδιού στο μηχάνημα της πρέσας ποδιών καθώς και πέντε σετ των 10 έκκεντρων

επαναλήψεων. Η συνάντηση ξεκίνησε πάλι με το 5λεπτο κυκλοεργόμετρο, ενώ ακολούθησαν 20 δευτερόλεπτα διατάσεις στους καμπτήρες του γονάτου, στον γλουτό και στους καμπτήρες του ισχίου. Πριν ξεκινήσει ο υπολογισμός της μέγιστης επανάληψης, οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν 3 σετ από 12, 8 και 3 επαναλήψεις αντίστοιχα, με σταδιακά αυξανόμενη επιβάρυνση. Προκειμένου να βρεθεί η μια μέγιστη επανάληψη, που ήταν το ζητούμενο, εκτελέστηκαν έξι σετ της μία επανάληψης (1 RM) στην πρέσα ποδιών, σε ύπτια κατάκλιση (κλίση του μηχανήματος 45°) με την γωνία των ισχίων στις 60° και την γωνία του γονάτου στις 90°. Για την έκταση του γονάτου και, κατ' επέκτασιν, το ανέβασμα της αντίστασης στην αρχική της θέση χρησιμοποιήθηκε τροχαλία με ηλεκτρικό μηχανισμό ανύψωσης. Χρησιμοποιήθηκε η Κλίμακα Borg για την αντιλαμβανόμενη κόπωσης των συμμετεχόντων. Ο αντιλαμβανόμενος πόνος αξιολογήθηκε βάσει μια αναλογικής κλίμακας με τιμές από το 1 έως το 10.

Στη συνέχεια, μετά το πέρας είκοσι λεπτών, πραγματοποιήθηκαν πέντε σετ των δέκα έκκεντρων επαναλήψεων στο μηχάνημα πρέσας ποδιών, στα ίδια κιλά που είχε πραγματοποιηθεί η μία σύγκεντρη επανάληψη, με διάλειμμα 3 λεπτών ανάμεσα στα σετ. Ο ρυθμός της έκκεντρης ορίστηκε στα 2 δευτερόλεπτα με τη βοήθεια μετρονόμου.

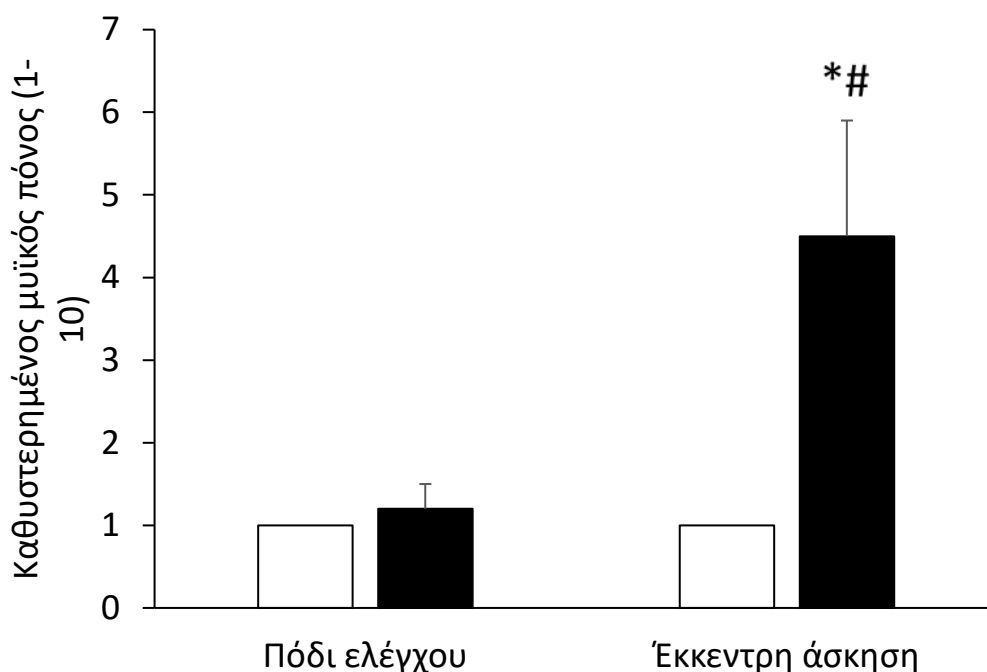
3^η συνάντηση

Για την τρίτη και τελευταία συνάντηση ήταν αναγκαίο να περάσουν 48 ώρες μετά το πέρας της δεύτερης συνάντησης και σε αυτήν μετρήθηκε ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος. Στην μέτρηση της τρίτης μέρας ακολουθήθηκε η διαδικασία της πρώτης συνάντησης. Στη συνέχεια, συγκρίνονταν από τους ερευνητές οι μετρήσεις της πρώτης και της τρίτης συνάντησης του κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Καθυστερημένος μυϊκός πόνος

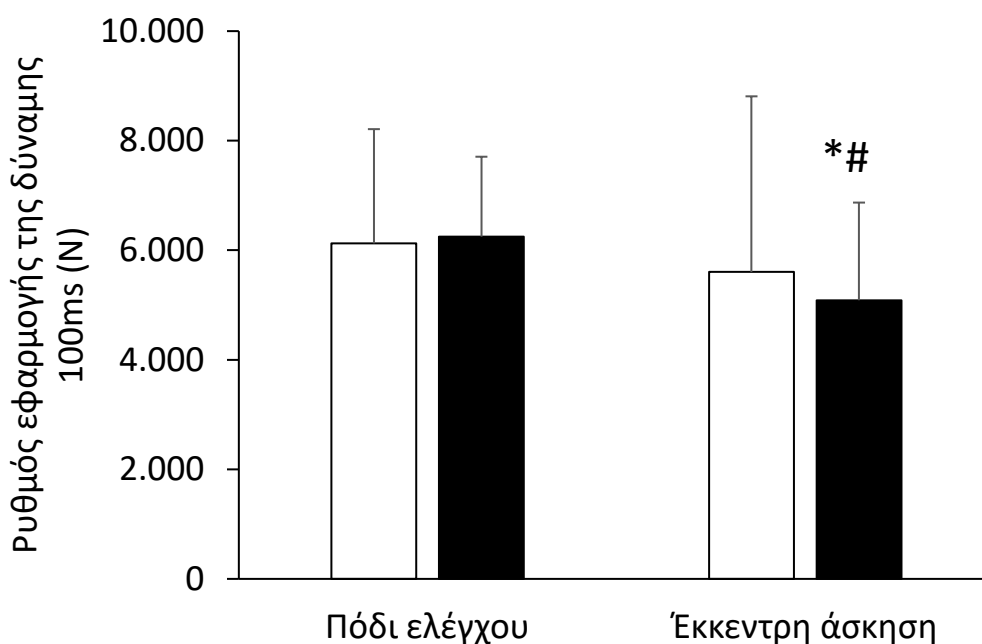
Αναφορικά με τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο, στα αποτελέσματα εντοπίστηκε μια στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < 0.01$) (Σχήμα 1.1). Στην πρώτη συνάντηση με τους συμμετέχοντες του πειράματος, ο μέσος όρος και των δύο ποδιών τους μετρήθηκε στην χαμηλότερη τιμή (=1), δηλαδή οι μύες αξιολογούνται ότι βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Σε αυτή τη συνάντηση πραγματοποιήθηκαν όπως έχει αναφερθεί οι έκκεντρες ασκήσεις. Έπειτα, στην τρίτη συνάντηση, μέχρι την οποία μεσολάβησαν 48 ώρες, ο μέσος όρος των τιμών αυτών έφτασε το $4,5 \pm 1,6$ στο πόδι αξιολόγησης, ενώ το πόδι ελέγχου είχε αντίστοιχες τιμές με την αρχική μέτρηση ($1,2 \pm 0,4$).



Σχήμα 1.1. Γραφική απεικόνιση της κλίμακας αξιολόγησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου. Η λευκή μπάρα αντιπροσωπεύει τις τιμές ηρεμίας και η μαύρη μπάρα τις τιμές 48 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση. * σημαντική διαφορά με την τιμή 24 ώρες πριν την άσκηση. # σημαντική διαφορά μεταξύ δύο καταστάσεων

4.2. Ρυθμός εφαρμογής της δύναμης και μέγιστη ισομετρική δύναμη

Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης 48 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση εμφάνισε σημαντική μείωση στο πόδι αξιολόγησης των ασκούμενων, συγκριτικά με το πόδι ελέγχου ($p < 0,01$ /Σχήμα 1.2). Πιο συγκεκριμένα, ύστερα από την δοκιμασία των συμμετεχόντων, οι οποίοι βρισκόντουσαν σε καθιστή θέση, στο δυναμοδάπεδο τοίχου με γωνία 120 μοιρών στην άρθρωση του γόνατος, παρατηρήθηκε μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης. Συγκεκριμένα, κατά την πρώτη επίσκεψη των ασκούμενων στο εργαστήριο, ο μέσος όρος των τιμών στην κλίμακα για την αξιολόγηση του Ρυθμού Εφαρμογής της Δύναμης στα 100m/s ήταν 6247N για το πόδι στο οποίο θα εφαρμοστεί η άσκηση, 48 ώρες μετά την συνεδρία έκκεντρης άσκησης, ο μέσος όρος των τιμών αυτών έφτασε το 5087N.



Σχήμα 1.2. Γραφική απεικόνιση της μεταβολής του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 100m/s 24 ώρες πριν και 48 ώρες μετά από παρέμβαση έντονης έκκεντρης άσκησης . Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης αξιολογήθηκε σε καθιστή θέση με γωνία γόνατος 120°. Οι σκουρόχρωμες μπάρες υποδηλώνουν τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης στο πόδι παρέμβασης , ενώ η ανοιχτόχρωμες το πόδι ελέγχου. * σημαντική διαφορά με την τιμή 24 ώρες πριν την άσκηση # σημαντική διαφορά μεταξύ δύο καταστάσεων

V . ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της έκκεντρης άσκησης στον καθυστερημένο μυϊκό πόνο και στον ρυθμό εφαρμογής δύναμης . Η σχέση αυτή έχει μελετηθεί εκτενώς τις τελευταίες δεκαετίες από την επιστημονική κοινότητα, κυρίως λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της έκκεντρης άσκησης, αλλά και της επίδρασης που μπορεί να έχει σε όσους ασχολούνται με την άθληση, ο διαφορετικός τρόπος προσέγγισης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου. Για τους σκοπούς αυτούς, στο δείγμα της συγκεκριμένης μελέτης προκλήθηκε μυϊκός πόνος έπειτα από υψηλής έντασης έκκεντρη άσκηση στο μηχάνημα πρέσας ποδιών, αξιολογώντας τον μυϊκό πόνο σε δύο φάσεις: 24 ώρες πριν και 48 ώρες μετά την εργαστηριακή παρέμβαση.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αποκάλυψαν ότι οι έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις τείνουν να μειώνουν τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης 48 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση, ενώ αντίθετα, ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος τείνει να αυξάνεται. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Vila-Chã και συν. (2012) οι οποίοι έκαναν λόγο για μείωση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στις 24 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση, καθώς και με τα ευρήματα των McLellan και συν. (2011), Farup συν. (2015), Penailillo και συν. (2014) οι οποίοι εντόπισαν σημαντική μείωση στον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης μετά το πέρας 48 ωρών.

Αναφορικά με τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, συμφωνούν με τα ευρήματα των MacIntyre και συν. (1966) οι οποίοι παρατήρησαν αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου μετά από μέγιστες έκκεντρες προσπάθειες καθώς και από την πρόσφατη μετα-ανάλυση των Morawetz και συν. (2020) που το επιβεβαιώνουν.

Η αύξηση των τιμών στην κλίμακα για την αξιολόγηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου υποδεικνύει την αυξημένη ευαισθησία του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης. Μπορούμε να παρατηρήσουμε μια αλληλοσυσχέτιση αιτίου-αιτιατού

μεταξύ της αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου 48 ώρες μετά την εκτέλεση έκκεντρων μυϊκών δράσεων υψηλής έντασης και διάρκειας και της μείωσης του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης.

Μία ερευνητική υπόθεση που μπορεί να εξαχθεί από την παρούσα ερευνητική μελέτη, είναι ότι -όπως φάνηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος- η αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου η οποία προκλήθηκε από υψηλής έντασης έκκεντρης άσκησης, μειώνει τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης. Το στοιχείο αυτό δεν είναι χρήσιμο μόνο για αθλητές, αντίθετα, αφορά οποιονδήποτε άνθρωπο κατά τη διάρκεια καθημερινών κινήσεων διότι υπάρχουν καταστάσεις που χρειάζεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα να εφαρμοστεί μεγάλη δύναμη, όπως για παράδειγμα ανεβαίνοντας τις σκάλες ή στραβοπατώντας στον δρόμο, πρέπει εκεί να εφαρμοστεί γρήγορα δύναμη στο ένα πόδι ώστε να διατηρηθεί η ισορροπία του σώματος.

Σύμφωνα με δημοσιευμένα στοιχεία από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, υπάρχει ένα ποσοστό που κυμαίνεται από 28% μέχρι 35% στα άτομα τρίτης ηλικίας (≥ 65 ετών), τα οποία είναι επιρρεπή σε πτώσεις. Το ποσοστό αυτό αυξάνεται ακόμα περισσότερο στις ηλικίες άνω των 70 ετών (World Health Organization, 2007). Μάλιστα, στα άτομα ηλικίας άνω των 65 ετών παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση στο ποσοστό θανάτων εξαιτίας πτώσεων με την πάροδο των χρόνων (Burns και συν., 2018). Η μετα-ανάλυση των Ikezoe και συν. (2004) συσχέτισε την αδυναμία των σκελετικών μυών με μια αύξηση του κινδύνου για πτώση. Επίσης, η μείωση της αντοχής και η προκάλυψη καθυστερημένου μυϊκού πόνου, οι οποίες συνοδεύονται με μείωση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης, αυξάνει με τη σειρά τους σημαντικά τον κίνδυνο για πτώσεις (Boelens και συν., 2013).

Το ερώτημα που φυσικά προκύπτει είναι τι μπορεί να γίνει ώστε -σε κάποιο βαθμό- να προληφθούν οι πτώσεις αυτές; Η συσχέτιση των πτώσεων με την μυϊκή ισχύ και η τιμή αξιολόγησης η οποία έχει καθοριστεί στην άσκηση της έκτασης του γόνατος, αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο “όπλο” στην φαρέτρα των γυμναστών, αφού

μπορεί να προβλέψει τον κίνδυνο των πτώσεων (Ikezoe και συν., 2003). Προς την ίδια κατεύθυνση συνηγορούν τα ευρήματα των Moreland και συν. (2004) οι οποίοι εντόπισαν ισχυρή αλληλεπίδραση μεταξύ μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων με τον κίνδυνο για πτώσεις. Γίνεται σαφές ότι η ικανότητα ανάπτυξης δύναμης σε μικρό χρονικό διάστημα είναι καθοριστικός παράγοντας για την πρόληψη της πτώσης, καθώς η γρήγορη εφαρμογή της δύναμης, είναι πιο σημαντική για τις προσαρμογές στη στάση του σώματος και για τη διατήρηση της ισορροπίας από τη μέγιστη δύναμη (Aagaard και συν., 2002). Η προσαρμοζόμενη στο κάθε άτομο έκκεντρη άσκηση, μπορεί να βελτιώσει σε σημαντικό βαθμό τα επίπεδα του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης (Inostroza και συν., 2021) και επομένως να μειώσει τις πιθανότητες για πτώση, βοηθώντας έτσι το άτομο στις καθημερινές δραστηριότητές του, καθώς και αυξάνοντας σε βάθος χρόνου το προσδόκιμο ζωής τους.

Εν κατακλείδι, από τα ευρήματα αυτά καθίσταται σαφές ότι, αφενός, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στους ηλικιωμένους, ώστε να προλαμβάνονται πτώσεις και τραυματισμοί, που μπορεί σε αυτές τις ηλικίες να αποδειχθούν σοβαροί. Αφετέρου, όταν ένα άτομο, αθλητής ή μη, έχει καθυστερημένο μυϊκό πόνο, κοινώς νιώθει «πιασμένος», ειδικά στα πόδια, και ειδικά 48 ώρες μετά από έντονη έκκεντρη άσκηση, εκεί ακριβώς χρειάζεται να δείξει μια επιπλέον προσοχή και να μην το υποτιμήσει, ούτως ώστε να αποφύγει τυχόν τραυματισμούς.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*, 93(4), 1318-1326.
2. Aagaard, P., & Thorstensson, A. (2003). Neuromuscular aspects of exercise-adaptive responses evoked by strength training. *Textbook of sports medicine: basic science and clinical aspects of sports injury and physical activity*, 70-106.
3. Alegre, L. M., Lara, A. J., Elvira, J. L. L., & Aguado, X. (2009). Muscle morphology and jump performance: gender and intermuscular variability. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(3), 320.
4. Andersen, L. L., Andersen, J. L., Zebis, M. K., & Aagaard, P. (2010). Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), 162-169.
5. Andersen, L. L., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Suetta, C., Madsen, J. L., Christensen, L. R., & Aagaard, P. (2005). Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. *Journal of Applied Physiology*, 99(1), 87-94.
6. Angelozzi, M., Madama, M., Corsica, C., Calvisi, V., Properzi, G., McCaw, S. T., & Cacchio, A. (2012). Rate of force development as an adjunctive outcome measure for return-to-sport decisions after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 42(9), 772-780.
7. Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(6), 529-538.
8. Asmussen, E. (1956). Observations on experimental muscular soreness. *Acta Rheumatologica Scandinavica*, 2(1-4), 109-116.

9. Baroni, B. M., Geremia, J. M., Rodrigues, R., De Azevedo Franke, R., Karamanidis, K., & Vaz, M. A. (2013). Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: rectus femoris vs. vastus lateralis. *Muscle & nerve*, *48*(4), 498-506.
10. Behan, F. P., Pain, M. T., & Folland, J. P. (2018). Explosive voluntary torque is related to whole-body response to unexpected perturbations. *Journal of Biomechanics*, *81*, 86-92.
11. Blazeovich, A. J., Gill, N. D., Bronks, R., & Newton, R. U. (2003). Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, *35*(12), 2013-2022.
12. Blazeovich, A. J. (2006). Effects of physical training and detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry. *Sports medicine*, *36*(12), 1003-1017.
13. Blazeovich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *Journal of Applied Physiology*, *103*(5), 1565-1575.
14. Boelens, C., Hekman, E. E., & Verkerke, G. J. (2013). Risk factors for falls of older citizens. *Technology and Health care*, *21*(5), 521-533.
15. Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Brown, L. E., Selima, E., Veligeas, P., Spengos, K., & Terzis, G. (2018). Muscle fiber and performance changes after fast eccentric complex training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *50*(4), 729-738.
16. Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness. *Sports medicine*, *33*(2), 145-164.
17. Clarkson, P. M., & Newham, D. J. (1995). Associations between muscle soreness, damage, and fatigue. In *Fatigue* (pp. 457-469). Springer, Boston, MA.
18. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power. *Sports medicine*, *41*(1), 17-38.
19. D'Emanuele, S., Maffiuletti, N. A., Tarperi, C., Rainoldi, A., Schena, F., & Boccia, G. (2021). Rate of force development as an indicator of neuromuscular fatigue: a scoping review. *Frontiers in human neuroscience*, *15*, 701916.

20. De Ruyter, C. J., Van Leeuwen, D., Heijblom, A., Bobbert, M. F., & De Haan, A. (2006). Fast unilateral isometric knee extension torque development and bilateral jump height. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(10), 1843.
21. Drake, D., Kennedy, R. A., & Wallace, E. S. (2019). Multi-joint rate of force development testing protocol affects reliability and the smallest detectible difference. *Journal of Sports Sciences*, 37(14), 1570-1581.
22. Earp, J. E., Kraemer, W. J., Newton, R. U., Comstock, B. A., Fragala, M. S., Dunn-Lewis, C., ... & Maresh, C. M. (2010). Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 722-729.
23. Enoka, R. M. (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of applied physiology*, 81(6), 2339-2346.
24. Ema, R., Akagi, R., Wakahara, T., & Kawakami, Y. (2016). Training-induced changes in architecture of human skeletal muscles: current evidence and unresolved issues. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 5(1), 37-46.
25. Farup, J., De Lisio, M., Rahbek, S. K., Bjerre, J., Vendelbo, M. H., Boppart, M. D., & Vissing, K. (2015). Pericyte response to contraction mode-specific resistance exercise training in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 119(10), 1053-1063.
26. Folland, J. P., Buckthorpe, M. W., & Hannah, R. (2014). Human capacity for explosive force production: neural and contractile determinants. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(6), 894-906.
27. Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., ... & Billeter, R. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European journal of applied physiology*, 108(4), 821-836.
28. Friden, J., Sjöström, M., & Ekblom, B. (1981). A morphological study of delayed muscle soreness. *Experientia*, 37(5), 506-507.

29. Fry, A. C., Schilling, B. K., Weiss, L. W., & Chiu, L. Z. (2006). β 2-Adrenergic receptor downregulation and performance decrements during high-intensity resistance exercise overtraining. *Journal of Applied Physiology*, *101*(6), 1664-1672.
30. Grabiner, M. D., & Owings, T. M. (1999). Effects of eccentrically and concentrically induced unilateral fatigue on the involved and uninvolved limbs. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *9*(3), 185-189.
31. Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European journal of applied physiology*, *92*(1), 98-105.
32. Gulick, D. T., Kimura, I. F., Sitler, M., Paolone, A., & Kelly IV, J. D. (1996). Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of athletic training*, *31*(2), 145.
33. Gulick, D. T., & Kimura, I. F. (1996). Delayed onset muscle soreness: what is it and how do we treat it?. *Journal of Sport Rehabilitation*, *5*(3), 234-243.
34. Haff, G. G., Stone, M., O'Bryant, H. S., Harman, E., Dinah, C., Johnson, R., & Han, K. H. (1997). Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *11*, 269-272.
35. Häkkinen, K., Pakarinen, A., Alén, M., & Komi, P. V. (1985). Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *53*(4), 287-293.
36. Hornsby, W. G., Gentles, J. A., MacDonald, C. J., Mizuguchi, S., Ramsey, M. W., & Stone, M. H. (2017). Maximum strength, rate of force development, jump height, and peak power alterations in weightlifters across five months of training. *Sports*, *5*(4), 78.
37. Hough, T. (1902). Ergographic studies in muscular soreness. *American physical education review*, *7*(1), 1-17.
38. Kamiya, M., Ihira, H., Taniguchi, Y., Matsumoto, D., Ishigaki, T., Okamae, A., ... & Makizako, H. (2022). Low-intensity resistance training to improve knee extension strength in community-dwelling older adults: Systematic review and

- meta-analysis of randomized controlled studies. *Experimental Gerontology*, 112041.
39. Inostroza, M., Valdés, O., Tapia, G., Núñez, O., Kompen, M. J., Nosaka, K., & Peñailillo, L. (2022). Effects of eccentric vs concentric cycling training on patients with moderate COPD. *European Journal of Applied Physiology*, 122(2), 489-502.
 40. Isner-Horobeti, M. E., Dufour, S. P., Vautravers, P., Geny, B., Coudeyre, E., & Richard, R. (2013). Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. *Sports medicine*, 43(6), 483-512.
 41. Izquierdo, M., Gorostiaga, E., Garrues, M., Anton, A., Larrion, J. L., & Haekkinen, K. (1999). Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167, 57-68.
 42. Jamurtas, A. Z., Fatouros, I. G., Buckenmeyer, P. H. I. L. I. P., Kokkinidis, E. F. S. T. R. A. T. I. O. S., Taxildaris, K. Y. R. I. A. K. O. S., Kambas, A. N. T. O. N. I. O. S., & Kyriazis, G. E. O. R. G. E. (2000). Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 14(1), 68-74.
 43. Kanik, Z. H., Citaker, S., Demirtas, C. Y., Bukan, N. C., Celik, B., & Gunaydin, G. (2019). Effects of kinesio taping on the relief of delayed onset muscle soreness: A randomized, placebo-controlled trial. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(8), 781-786.
 44. Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S., & Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of applied physiology*.
 45. Kyröläinen, H., Avela, J., & Komi, P. V. (2005). Changes in muscle activity with increasing running speed. *Journal of sports sciences*, 23(10), 1101-1109.
 46. Laffaye, G., Wagner, P. P., & Tomblason, T. I. (2014). Countermovement jump height: Gender and sport-specific differences in the force-time variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 1096-1105.

47. Lieber, R. L., & Ward, S. R. (2011). Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1570), 1466-1476.
48. Lindstedt, S. L., LaStayo, P. C., & Reich, T. E. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology*, 16(6), 256-261.
49. Linnamo, V., Bottas, R., & Komi, P. V. (2000). Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. *Journal of electromyography and kinesiology*, 10(5), 293-300.
50. Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*, 41(6), 349-355.
51. Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European journal of applied physiology*, 116(6), 1091-1116.
52. Marshall, P. W., McEwen, M., & Robbins, D. W. (2011). Strength and neuromuscular adaptation following one, four, and eight sets of high intensity resistance exercise in trained males. *European journal of applied physiology*, 111(12), 3007-3016.
53. McIntyre, P. G., & Doherty, C. (1995). Acute benign myositis during childhood: report of five cases. *Clinical infectious diseases*, 20(3), 722-722.
54. McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). The role of rate of force development on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 379-385.
55. Mike, J. N. (2015). The effects of eccentric contraction duration of muscle strength, power production, vertical jump and soreness. *The University of New Mexico*.
56. Morawetz, D., Blank, C., Koller, A., Arvandi, M., Siebert, U., & Schobersberger, W. (2020). Sex-related differences after a single bout of maximal eccentric exercise in response to acute effects: a systematic review and

- meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(9), 2697-2707.
57. Moreland, J. D., Richardson, J. A., Goldsmith, C. H., & Clase, C. M. (2004). Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(7), 1121-1129.
58. Nader, G. A. (2006). Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(11), 1965.
59. Naderi, A., Aminian-Far, A., Gholami, F., Mousavi, S. H., Saghari, M., & Howatson, G. (2021). Massage enhances recovery following exercise-induced muscle damage in older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(3), 623-632.
60. Nahon, R. L., Lopes, J. S. S., & de Magalhães Neto, A. M. (2021). Physical therapy interventions for the treatment of delayed onset muscle soreness (DOMS): Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 52, 1-12
61. Newham, D. J., Jones, D. A., & Edwards, R. H. T. (1986). Plasma creatine kinase changes after eccentric and concentric contractions. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 9(1), 59-63.
62. Nieman, D. C., Davis, J. M., Henson, D. A., Walberg-Rankin, J., Shute, M., Dumke, C. L., ... & McAnulty, L. S. (2003). Carbohydrate ingestion influences skeletal muscle cytokine mRNA and plasma cytokine levels after a 3-h run. *Journal of applied physiology*, 94(5), 1917-1925.
63. Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1997). Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of sports sciences*, 15(5), 477-483.
64. Paddon-Jones, D., Leveritt, M., Lonergan, A., & Abernethy, P. (2001). Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. *European journal of applied physiology*, 85(5), 466-471.
65. Paschalis, V., Koutedakis, Y., Baltzopoulos, V., Mougios, V., Jamurtas, A. Z., & Giakas, G. (2005). Short vs. long length of rectus femoris during eccentric

- exercise in relation to muscle damage in healthy males. *Clinical Biomechanics*, 20(6), 617-622.
66. Paschalis, V., Nikolaidis, M. G., Theodorou, A. A., Panayiotou, G., Fatouros, I. G., Koutedakis, Y., & Jamurtas, A. Z. (2011). A weekly bout of eccentric exercise is sufficient to induce health-promoting effects. *Med Sci Sports Exerc*, 43(1), 64-73.
67. Pedersen, B. K., Steensberg, A., Keller, P., Keller, C., Fischer, C., Hiscock, N., ... & Febbraio, M. A. (2003). Muscle-derived interleukin-6: lipolytic, anti-inflammatory and immune regulatory effects. *Pflügers Archiv*, 446(1), 9-16.
68. Pearcey, G. E., Bradbury-Squires, D. J., Kawamoto, J. E., Drinkwater, E. J., Behm, D. G., & Button, D. C. (2015). Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of athletic training*, 50(1), 5-13.
69. Peñailillo, L., Blazevich, A., & Nosaka, K. (2014). Energy expenditure and substrate oxidation during and after eccentric cycling. *European journal of applied physiology*, 114(4), 805-814.
70. Peñailillo, L., Blazevich, A., Numazawa, H., & Nosaka, K. (2015). Rate of force development as a measure of muscle damage. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(3), 417-427.
71. Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 43(8), 556-568.
72. Schwane, J. A., Watrous, B. G., Johnson, S. R., & Armstrong, R. B. (1983). Is lactic acid related to delayed-onset muscle soreness?. *The Physician and sportsmedicine*, 11(3), 124-131.
73. Slawinski, J., Bonnefoy, A., Levêque, J. M., Ontanon, G., Riquet, A., Dumas, R., & Chêze, L. (2010). Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 896-905.

74. Smith, L. L. (1991). Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness?. *Medicine and science in sports and exercise*, 23(5), 542-551.
75. Stasinaki, A. N., Zaras, N., Methenitis, S., Bogdanis, G., & Terzis, G. (2019). Rate of force development and muscle architecture after fast and slow velocity eccentric training. *Sports*, 7(2), 41.
76. Talbot, J. A., & Morgan, D. L. (1998). The effects of stretch parameters on eccentric exercise-induced damage to toad skeletal muscle. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*, 19(3), 237-245.
- 77.
78. Tillin, N. A., Jimenez-Reyes, P., Pain, M. T., & Folland, J. P. (2010). Neuromuscular performance of explosive power athletes versus untrained individuals.
79. Thorlund, J. B., Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2008). Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(4), 462-472.
80. Thorstensson, A., Grimby, G., & Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal of applied physiology*, 40(1), 12-16.
81. Twist, C., & Eston, R. (2005). The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*, 94(5), 652-658.
82. Valle, X., Til, L., Drobnic, F., Turmo, A., Montoro, J. B., Valero, O., & Artells, R. (2013). Compression garments to prevent delayed onset muscle soreness in soccer players. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 3(4), 295.
83. Vila-Chã, C., Hassanlouei, H., Farina, D., & Falla, D. (2012). Eccentric exercise and delayed onset muscle soreness of the quadriceps induce adjustments in agonist–antagonist activity, which are dependent on the motor task. *Experimental brain research*, 216(3), 385-395.

84. World Health Organization. (2007). *International Classification of Functioning, Disability, and Health: Children & Youth Version: ICF-CY*. World Health Organization.
85. Uchida, M. C., Nosaka, K., Ugrinowitsch, C., Yamashita, A., Martins Jr, E., Moriscot, A. S., & Aoki, M. S. (2009). Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. *Journal of sports sciences*, 27(5), 499-507.
86. Zacharia, E., Spiliopoulou, P., Methenitis, S., Stasinaki, A. N., Zaras, N., Papadopoulos, C., ... & Terzis, G. (2019). Changes in muscle power and muscle morphology with different volumes of fast eccentric half-squats. *Sports*, 7(7), 164.
87. Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., ... & Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. ballistic-power training on throwing performance. *Journal of sports science & medicine*, 12(1), 130.
88. Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., ... & Terzis, G. (2013). Effects of strength vs. ballistic-power training on throwing performance. *Journal of sports science & medicine*, 12(1), 130.
89. Zebis, M. K., Andersen, L. L., Ellingsgaard, H., & Aagaard, P. (2011). Rapid hamstring/quadriceps force capacity in male vs. female elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1989-1993.
90. Zhang, J., Clement, D., & Taunton, J. (2000). The efficacy of Farabloc, an electromagnetic shield, in attenuating delayed-onset muscle soreness. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(1), 15-21.