ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ, ΜΥΪΚΟΥ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

της

Καλούδη Δέσποινας (ΑΕΜ: 0717071)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής, Αθλητισμού και Διατροφής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Εγκεκριμένη από το καθηγητικό σώμα:

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δελή Χαρίκλεια, Επίκουρη Καθηγήτρια

ΤΡΙΚΑΛΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την προπόνηση μυϊκής ισχύος χρησιμοποιούνται βασικές ασκήσεις δύναμης, δομικές ασκήσεις όπως οι ολυμπιακές άρσεις και οι παραλλαγές τους αλλά και ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης μυϊκής φόρτισης. Τα τρία αυτά είδη ασκήσεων εκτελούνται σε υψηλές εντάσεις και περιέχουν έντονα το στοιχείο της έκκεντρης μυϊκής σύσπασης, παράγοντες που έχουν συνδεθεί με αυξημένη νευρομυϊκή κόπωση, και πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να συγκρίνει την επίδραση των τριών αυτών προπονητικών πρωτοκόλλων ισχύος σε δείκτες νευρομυϊκής κόπωσης, ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού και απόδοσης. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 10 άτομα ηλικίας 18-30 ετών (4 άνδρες και 6 γυναίκες) με προπονητική εμπειρία ≥ 1 έτος στην προπόνηση με αντιστάσεις. Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν αρχικά σε αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών, της σύστασης σώματος και της καρδιοαναπνευστικής τους ικανότητας και στη συνέχεια έλαβαν μέρος με τυχαιοποιημένη σειρά σε τέσσερις πειραματικές συνθήκες: **(α) Συνθήκη Βασικών ασκήσεων:** πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με βασικές ασκήσεις, (**β**) **Συνθήκη Δομικών ασκήσεων**: πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με δομικές ασκήσεις, **(γ) Συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης φόρτισης και (**δ**) **Συνθήκη Ελέγχου**: δεν περιλάμβανε πρωτόκολλο προπόνησης. Πριν από κάθε συνθήκη, πραγματοποιούταν αιμοληψία (μέτρηση κρεατινικής κινάσης) και αξιολόγηση της αίσθησης μυϊκού πόνου (DOMS), της 1ΜΕ στο ημικάθισμα και της αλτικής ικανότητας στο δυναμοδάπεδο. Οι μετρήσεις αυτές επαναλαμβάνονταν στις 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή του αντίστοιχου πρωτοκόλλου άσκησης με την αξιολόγηση της 1ΜΕ να πραγματοποιείται επιπρόσθετα και στη 1, 2 και 3 ώρες μετά το τέλος του πρωτοκόλλου (αξιολόγηση νευρομυϊκής κόπωσης). Επιπλέον, λήψη τριχοειδικού αίματος για τη μέτρηση του γαλακτικού οξέος γινόταν πριν και αμέσως μετά (4 λεπτά) το πρωτόκολλο άσκησης σε κάθε συνθήκη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, σημειώθηκε σημαντική μείωση της 1ΜΕ στο ημικάθισμα τις πρώτες 3 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης στις συνθήκες Δομικών ασκήσεων και Επιταχυνόμενων έκκεντρων ασκήσεων κατά 4-5% και 5-8%, αντίστοιχα. Στο ίδιο χρονικό διάστημα η 1ΜΕ στη συνθήκη Βασικών ασκήσεων μειώθηκε κατά 9%, αν και η μείωση δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Η 1ΜΕ παρέμεινε μειωμένη και στις 24 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης κατά 8% και 10% στις συνθήκες Βασικών ασκήσεων και Επιταχυνόμενων έκκεντρων ασκήσεων, αντίστοιχα. Επίσης, στις δύο αυτές συνθήκες παρατηρήθηκε αύξηση των επιπέδων DOMS κατά 3

έως 5 φορές τις πρώτες 48 ώρες μετά το πρωτόκολλο καθώς επίσης και σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης κατά 120% - 180% και 78% - 112% στις 24 και 48 ώρες, αντίστοιχα. Τέλος, οι τρεις πειραματικές συνθήκες προκάλεσαν μείωση της αλτικής ικανότητας για 24 - 48 ώρες, με τις πιο σημαντικές μειώσεις να εμφανίζονται στο ύψος του κάθετου άλματος (κατά 6% - 10% στις 24 ώρες και κατά 3% στις 48 ώρες) και στο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης κατά τη συνολική έκκεντρη φάση (κατά 16 - 34% στις 24 ώρες και κατά 9 - 13% στις 48 ώρες). Συμπερασματικά, μια προπονητική μονάδα ισχύος προκαλεί νευρομυϊκή κόπωση τις πρώτες 3 ώρες και ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό ο οποίος διαρκεί για 24 - 48 ώρες και συνοδεύεται από μείωση της απόδοσης. Η επίδραση αυτή φαίνεται να είναι εντονότερη μετά από προπόνηση ισχύος με βασικές ασκήσεις και ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης.

Λέξεις κλειδιά: προπόνηση ισχύος, ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός, νευρομυϊκή κόπωση, μέγιστη δύναμη, αλτική ικανότητα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που συνέβαλαν με τον τρόπο τους στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επίκουρη Καθηγήτρια κα. Δελή Χαρίκλεια και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δραγανίδη Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθεια, υποστήριξη και καθοδήγηση τους καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων και της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και τα μέλη των εργαστηρίων Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab) και Εμβιομηχανικής (ErgoMech Laboratory) του Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας, για την συμβολή τους στην υλοποίηση των μετρήσεων. Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Φατούρο Ιωάννη για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση και την συνεχή στήριξη του καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Αφιερώνω αυτή την εργασία σε όλους όσους βρίσκονται δίπλα μου και με στηρίζουν – ο καθένας με τον δικό του μοναδικό τρόπο – σε κάθε μου βήμα.

ΚΑΛΟΥΔΗ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

ΤΡΙΚΑΛΑ, 17-3-2022

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μυϊκή ισχύς είναι η ικανότητα παραγωγής δύναμης στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα και αποτελεί μια από της σημαντικότερες παραμέτρους απόδοσης σε όλες σχεδόν τις αθλητικές δραστηριότητες (Kawamori and Haff 2004). Η μυϊκή ισχύς είναι παράγωγο της μυϊκής δύναμης και της ταχύτητας μυϊκής συστολής και είναι καθοριστική σε αγωνίσματα όπως τα σπριντ, τα οριζόντια άλματα, οι ρίψεις καθώς και σε αθλήματα οπού υπάρχει έντονα το στοιχείο της αλλαγής κατεύθυνσης, δηλαδή σε αγωνίσματα των οποίων η απόδοση εξαρτάται άμεσα από την εκρηκτικότητα (Kawamori and Haff 2004).

Για την προπόνηση μυϊκής ισχύος έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο βασικές, όσο και δομικές ασκήσεις οι οποίες περιλαμβάνουν κυρίως τις ολυμπιακές άρσεις και τις παραλλαγές τους (Cormie 2007; Kyröläinen 2005). Όσον αφορά στα φορτία που θα πρέπει να εφαρμόζονται για τη βελτιστοποίηση της μυϊκής ισχύος, έχει αναφερθεί ότι φορτία από 56% έως 80% της μίας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ) βελτιώνουν σημαντικά τα επίπεδα της ισχύος στο κάθισμα και στο επολέ, αντίστοιχα (Cormie 2007). Εκτός από τις κλασσικές μεθόδους βελτίωσης της μυϊκής ισχύος (βασικές και δομικές ασκήσεις), τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση και σε μια νέα μέθοδο η οποία αναφέρεται στην αγγλική ορολογία ως “ accentuated eccentric” (επιταχυνόμενη έκκεντρη) (Hughes 2016). Η συγκεκριμένη μορφή προπόνησης μυϊκής ισχύος δίνει ιδιαίτερη έμφαση στο έκκεντρο στοιχείο της μυϊκής σύσπασης, το οποίο ακολουθείται από μια φάση επιτάχυνσης κατά τη σύγκεντρη φάση της σύσπασης (Hughes 2016). Μάλιστα, υπάρχουν ενδείξεις ότι η προπόνηση μυϊκής ισχύος με έκκεντρη φόρτιση οδηγεί σε αυξημένη μυϊκή δύναμη συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους προπόνησης με αντιστάσεις (Hughes 2016). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η προπόνηση μυϊκής ισχύος μπορεί να περιέχει σε μικρότερο ή σε μεγαλύτερο βαθμό το στοιχείο της έκκεντρης σύσπασης ανάλογα με το αν θα επιλεγεί να δοθεί έμφαση στην έκκεντρη ή σύγκεντρη δράση κατά την διάρκεια της άσκησης που εκτελείται.

Αν και όλα τα είδη μυϊκής σύσπασης (ισομετρική, σύγκεντρη, έκκεντρη) είναι ικανά να προκαλέσουν μυϊκή βλάβη σε σημαντικό βαθμό, ο μυϊκός τραυματισμός που προκαλείται μετά από άσκηση με έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις είναι σημαντικά μεγαλύτερος (Clarkson 1986; Deli 2017; Jamurtas 2005; Proske and Allen 2005). Ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός συνοδεύεται από αυξημένα επίπεδα κρεατινής κινάσης (CK) στο πλάσμα, αυξημένη αίσθηση μυϊκού πόνου (DOMS), μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης (Deli 2017; Jamurtas 2005) καθώς και μείωση της ταχύτητας και της ευκινησίας (Baird 2012; Ispirlidis 2008).

Η προπόνηση μυϊκής ισχύος, επομένως, χαρακτηρίζεται από έντονη παρουσία του έκκεντρου στοιχείου, κάτι που είναι πιθανό να οδηγήσει σε εκτεταμένο μυϊκό τραυματισμό και πιθανώς σε μειωμένη απόδοση τις επόμενες ημέρες. Παρόλα αυτά, η πορεία της αποκατάστασης μετά από τέτοια προπονητικά ερεθίσματα δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Ο καθορισμός όμως, του χρόνου αποκατάστασης μετά από συγκεκριμένα πρωτόκολλα άσκησης, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην καλύτερη τοποθέτηση των προπονητικών μονάδων μέσα σε έναν μικρόκυκλο και γενικότερα σε έναν καλύτερο προπονητικό σχεδιασμό, περιορίζοντας σημαντικά τον κίνδυνο τραυματισμού.

Μέχρι στιγμής, δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς η επίδραση της προπόνησης ισχύος σε δείκτες ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού και νευρομυϊκής κόπωσης, και η αποκατάσταση αυτών των δεικτών τις επόμενες ώρες ή/και ημέρες. Ωστόσο, αυτές οι πληροφορίες είναι πολύ σημαντικές για τον αποτελεσματικό προπονητικό σχεδιασμό προγραμμάτων μυϊκής ισχύος, και κατ' επέκταση στην μείωση της πιθανότητας εμφάνισης τραυματισμών. Από όσο γνωρίζουμε, η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που εξετάζει την αποκατάσταση δεικτών απόδοσης, μυϊκού τραυματισμού και νευρομυϊκής κόπωσης μετά από τρία διαφορετικά πρωτόκολλα μυϊκής ισχύος.

ΣΚΟΠΟΣ

Επομένως, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει το μυϊκό τραυματισμό που προκαλείται μετά από προπόνηση ισχύος με τρία διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, καθώς και την επίδραση των πρωτοκόλλων αυτών σε δείκτες απόδοσης και νευρομυϊκής κόπωσης.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

1. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές γαλακτικού οξέος μετά από την εφαρμογή των τριών προπονητικών πρωτοκόλλων συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας.
2. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στα επίπεδα της CK μετά από την εφαρμογή των τριών προπονητικών πρωτοκόλλων συγκριτικά με τα επίπεδα ηρεμίας και με τη συνθήκη ελέγχου.
3. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές του καθυστερημένου μυϊκού πόνου μετά από την εφαρμογή των τριών προπονητικών πρωτοκόλλων συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας και με τη συνθήκη ελέγχου.

4. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόδοση της 1ΜΕ στο κάθισμα μετά από την εφαρμογή των τριών προπονητικών πρωτοκόλλων συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας και με τη συνθήκη ελέγχου.
5. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόδοση στο κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση μετά από την εφαρμογή των τριών προπονητικών πρωτοκόλλων συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας και με τη συνθήκη ελέγχου.
6. Τα επίπεδα της CK και του καθυστερημένου μυϊκού πόνου μετά από το πρωτόκολλο των επιταχυνόμενων έκκεντρων ασκήσεων, εμφανίζουν μεγαλύτερη αύξηση συγκριτικά με τα άλλα δυο πρωτόκολλα άσκησης.
7. Οι δείκτες απόδοσης (1ΜΕ στο κάθισμα, κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση) εμφανίζουν μεγαλύτερη μείωση μετά από το πρωτόκολλο των επιταχυνόμενων έκκεντρων ασκήσεων.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Προπόνηση ισχύος

Η προπόνηση μυϊκής ισχύος στοχεύει στη βελτίωση της ικανότητας ανάπτυξης υψηλών τιμών δύναμης στο μικρότερο δυνατό χρονικό διάστημα (Kawamori and Haff 2004). Η μυϊκή ισχύς είναι μια φυσική ικανότητα η οποία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την απόδοση σε οποιοδήποτε άθλημα ή αθλητική δραστηριότητα εμπεριέχει άλματα, ρίψεις και αλλαγές κατεύθυνσης, όπου η εκτέλεσή τους θα πρέπει να είναι γρήγορη και εκρηκτική (Haff and Nimphius 2012). Το γεγονός ότι αυτού του είδους οι κινήσεις περιλαμβάνονται στα περισσότερα ομαδικά και ατομικά αγωνίσματα, καθιστά τη μυϊκή ισχύ εξαιρετικά σημαντική παράμετρο για τη βελτίωση της απόδοσης στον αγωνιστικό αθλητισμό, κάτι που έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη αρκετών διαφορετικών προπονητικών μεθόδων που στοχεύουν στη βελτίωσή της. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων μεθόδων προπόνησης αποτελούν οι πλειομετρικές ασκήσεις (Michailidis 2013), η προπόνηση με ολυμπιακές άρσεις (Cesur 2019) και βασικές ασκήσεις δύναμης (Channell and Barfield 2008), η προπόνηση complex (Ebben 2002), ενώ τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί και μια ακόμη μέθοδος, η προπόνηση με επιταχυνόμενες έκκεντρες ασκήσεις (Sheppard 2008). Πέρα από τις διαφορετικές προπονητικές μεθόδους, έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές θεωρίες όσον αφορά στην ιδανική επιβάρυνση που θα πρέπει να χρησιμοποιείται κατά την εκτέλεση ασκήσεων για την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος, όπου φαίνεται να επικρατούν τρεις προσεγγίσεις (Haff and Nimphius 2012). Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν μελέτες στη βιβλιογραφία που προτείνουν την χρήση φορτίων < 50% της 1ΜΕ (Kirby 2010; McBride 2002), σε αντίθεση με άλλες που υποστηρίζουν την εφαρμογή μεγαλύτερων επιβαρύνσεων, μεταξύ 50% και 70% της 1ΜΕ (Spassov 1988; Verkhoshansky and Lazarev 1989). Επιπρόσθετα, υπάρχουν αναφορές που υποστηρίζουν την εφαρμογή τόσο χαμηλών φορτίων (< 50%) όσο και μεγαλύτερων φορτίων (50% - 70%) κατά τη διάρκεια του προπονητικού περιοδισμού (Bompa and Buzzichelli 2019; Cronin and Sleivert 2005; Kawamori and Haff 2004).

2.1.1. Προπόνηση ισχύος με βασικές ασκήσεις

Ο όρος βασικές ασκήσεις δύναμης χρησιμοποιείται για να περιγράψει ασκήσεις όπως τα καθίσματα, τις προβολές, τα ανεβάσματα σε κουτί, τις άρσεις θανάτου, και άλλες ασκήσεις που χρησιμοποιούνται στην προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης. Είναι γεγονός ότι η διερεύνηση της επίδρασης των συγκεκριμένων ασκήσεων στην ανάπτυξη μυϊκής ισχύος είναι περιορισμένη στη διεθνή βιβλιογραφία,

και ο βασικός λόγος είναι ότι οι ασκήσεις αυτές δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων όπως για παράδειγμα οι ολυμπιακού τύπου άρσεις (Young 1993). Με βάση τη βιβλιογραφία οι επιβαρύνσεις που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη μυϊκής ισχύος κυμαίνονται από 10 – 80% (Baker 2001; Baker 2001; Moss 1997) με πιο ιδανικά να θεωρούνται τα φορτία από 30 – 45% της 1ΜΕ (Kawamori and Haff 2004). Παρόλο που οι συγκεκριμένες ασκήσεις δεν προτιμώνται έναντι των άλλων προπονητικών μεθόδων, με κατάλληλες προσαρμογές στην επιβάρυνση και την ταχύτητα εκτέλεσης (εκτέλεση με χαμηλότερη επιβάρυνση και μεγαλύτερη ταχύτητα εκτέλεσης) μπορούν να ενταχτούν στον προπονητικό περιοδισμό και κυρίως πριν από την αγωνιστική περίοδο με σκοπό την εκμετάλλευση της μέγιστης δύναμης που αναπτύχθηκε κατά την περίοδο προετοιμασίας για την ανάπτυξη της μυϊκή ισχύος (Bompa and Buzzichelli 2019).

2.1.2. Προπόνηση ισχύος με δομικές ασκήσεις

Στις δομικές ασκήσεις συμπεριλαμβάνονται οι ολυμπιακού τύπου άρσεις όπως είναι το αρασέ, το επολέ ζετέ και οι διάφορες παραλλαγές τους και θεωρούνται ιδανικές ασκήσεις για την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος, ιδιαίτερα στον αγωνιστικό αθλητισμό (Φατούρος Ιωάννης Γ. 2012). Η ιδιαίτερη σημασία τους για τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης, οφείλεται στο γεγονός ότι στις περισσότερες αθλητικές κινήσεις, καθοριστικός παράγοντας απόδοσης είναι η ταχύτητα με την οποία θα αναπτυχθεί η δύναμη και όχι η δύναμη αυτή καθαυτή (Φατούρος Ιωάννης Γ. 2012). Μάλιστα, ιδιαίτερα στα ομαδικά αθλήματα, οι επιδόσεις των αθλητών εξαρτώνται άμεσα από την ικανότητα τους να αναπτύξουν μυϊκή ισχύ σε δεξιότητες όπως είναι τα άλματα για σουτ, τα ριμπάουντ, τα μπλοκ και οι αλλαγές κατεύθυνσης (Hoffman 1996). Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία, οι ολυμπιακές άρσεις και οι παραλλαγές τους αποτελούν την ιδανικότερη μέθοδο για ανάπτυξη μυϊκής ισχύος συγκριτικά με τις παραδοσιακές ασκήσεις με βάρη (βασικές ασκήσεις δύναμης), διότι, αφενός απαιτούν την ανάπτυξη υψηλής ταχύτητας για την εκτέλεση τους και αφετέρου, παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα με τα κινητικά πρότυπα των αθλητικών κινήσεων, κάτι που συμβάλει στην καλύτερη δυνατή μεταφορά του προπονητικού ερεθίσματος (Stone et all.,1993). Όσον αφορά στην τοποθέτησή της, χρονικά, στον προπονητικό περιοδισμό, η προπόνηση με ολυμπιακές άρσεις – όπως και οποιαδήποτε άλλη μέθοδο προπόνησης ισχύος – τοποθετείται λίγο πριν από την έναρξη της αγωνιστικής περιόδου βασιζόμενη στη μέγιστη δύναμη που αναπτύχθηκε κατά την περίοδο της προετοιμασίας για την ανάπτυξη της ικανότητας παραγωγής ισχύος (Bompa and Buzzichelli 2019). Αναφορικά με την εξωτερική επιβάρυνση (φορτίο) που θα πρέπει να εφαρμόζεται στην προπόνηση με δομικές ασκήσεις,

οι Kawamori και Haff (Kawamori and Haff 2004), πραγματοποίησαν μια βιβλιογραφική ανασκόπηση με στόχο να καταγράψουν όλες τις εντάσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί και την αποτελεσματικότητά τους στη βελτίωση της μυϊκής ισχύος. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι τα φορτία που εφαρμόστηκαν περιλάμβαναν είτε 30% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, είτε 30% - 45% της 1ΜΕ, τονίζοντας όμως ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μελετών που υποστηρίζει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά φορτία από 10% - 80% της 1ΜΕ (Baker 2001; Baker 2001; Moss 1997).

2.1.3. Προπόνηση ισχύος με ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης φόρτισης

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ως προπονητική μέθοδος για την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος η προπόνηση με επιταχυνόμενες έκκεντρες ασκήσεις, η οποία εμπεριέχει έντονα το στοιχείο της έκκεντρης σύσπασης (Hughes 2016). Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στην αγγλική ορολογία ως “accentuated eccentric” (δηλαδή επιταχυνόμενη έκκεντρη) και περιλαμβάνει αρχικά την εκτέλεση της κίνησης με φόρτιση στην έκκεντρη σύσπαση ακολουθούμενη από μια σύγκεντρη σύσπαση με επιταχυνόμενη εκτέλεση με ταυτόχρονη απελευθέρωση του βάρους (Hughes 2016). Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της επιταχυνόμενης έκκεντρης προπόνησης μπορεί να βασιστεί σε μια σειρά από διαφορετικές μεθόδους οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν τη χρήση ελαστικών ιμάντων, συστημάτων αντιστάθμισης και απελευθέρωσης βάρους καθώς και χειροκίνητες προσαρμογές από τον αθλητή ή τον συνασκούμενο (Wagle 2017). Το ασκησιολόγιο που χρησιμοποιείται μπορεί να περιλαμβάνει οποιαδήποτε άσκηση δύναμης η οποία μπορεί να εφαρμοστεί με το συγκεκριμένο πρότυπο, δηλαδή, με μια έκκεντρη φόρτιση σε πρώτο χρόνο, συνοδευόμενη, σε δεύτερο χρόνο, από απελευθέρωση του βάρους και επιταχυνόμενη εκτέλεση κατά την σύγκεντρη φάση της άσκησης (Ojasto and Häkkinen 2009; Taber 2021) ή μια, αρχικά, έκκεντρη φόρτιση ακολουθούμενη από πλειομετρική άσκηση (Wagle 2017). Έχει αναφερθεί ότι ο συνδυασμός έκκεντρης φόρτισης (σε πρώτο χρόνο) και πλειομετρικής άσκησης (σε δεύτερο χρόνο) συμβάλει σημαντικά στην βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (Aboodarda 2014; Aboodarda 2013; Hughes 2016; Sheppard 2008; Sheppard 2007). Αναφορικά με την εξωτερική επιβάρυνση που θα πρέπει να εφαρμόζεται στην προπόνηση με επιταχυνόμενες έκκεντρες ασκήσεις, έχει αναφερθεί ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από χαμηλά φορτία, αντίστοιχα του 20 – 30% της 1ΜΕ (Aboodarda 2013) μέχρι μέγιστα φορτία (Wagle 2017). Τα μέγιστα φορτία κατά την έκκεντρη φάση, μπορούν καθοριστούν με βάση: (α) το 100% της 1ΜΕ της σύγκεντρης φάσης της άσκησης, και (β) το λόγο έκκεντρης/σύγκεντρης φάσης όπου οι αντίστοιχες

εντάσεις μπορεί να είναι 60/50% 1RM, 70/50% 1RM, 80/50% 1RM ή 90/50% 1RM (Ojasto and Häkkinen 2009).

2.2. Ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός (EIMD)

Ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός παρατηρείται κυρίως μετά από έντονη ή ασυνήθιστη άσκηση και οφείλεται στη μηχανική καταπόνηση και διατάραξη της ομοιοστασίας του ασβεστίου σε επίπεδο σαρκομερίου (Clarkson and Sayers 1999). Κατά την έκκεντρη σύσπαση του μυ, καθώς τα μυοϊνίδια των μυϊκών ινών επιμηκύνονται, τα σαρκομέρια με μικρότερη δυνατότητα διάτασης δέχονται μεγαλύτερη μηχανική καταπόνηση η οποία προοδευτικά οδηγεί σε υπερδιάταση τους, καθιστώντας τα ανίκανα να επανακάμψουν κατά τη χαλάρωση του μυός (Morgan 1990; Morgan and Allen 1999), προκαλώντας τελικά την δομική τους παραμόρφωση (Talbot and Morgan 1998). Η αλλοίωση της δομής των σαρκομερίων οδηγεί σε αύξηση της διαπερατότητας της κυτταροπλασματικής μεμβράνης λόγω διάτρησής της, και σε τραυματισμό των μεμβρανών, του σαρκοπλασματικού δικτύου, των εγκάρσιων σωληνάριων και του κυτταροσκελετού (Clarkson and Sayers 1999) . Προκαλείται ρήξη της τιτίνης, μιας πρωτεΐνης η οποία έχει καθοριστικό ρολό στην συναρμολόγηση του σαρκομερίου καθώς και στην μετάδοση της δύναμης από τη μυοσίνη στις γραμμές Z (Linke 2018). Μάλιστα, σε μορφολογικές αναλύσεις μυϊκών ινών που πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά από πλειομετρική άσκηση διαπιστώθηκε ότι η αποδιοργάνωση αυτή της δομής πραγματοποιείται κυρίως στις γραμμές Z (Fridén and Lieber 2001; Fridén 1983). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι οι μυϊκές ίνες που υφίστανται τη μεγαλύτερη βλάβη είναι οι μυϊκές ίνες ταχείας συστολής διότι αφενός κατά την πλειομετρική προπόνηση επιστρατεύονται σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με τις μυϊκές ίνες βραδείας συστολής και αφετέρου οι γραμμές Z σε αυτές είναι πιο αδύνατες συγκριτικά με αυτές των ινών βραδείας συστολής (Jones 1986; Jones 1989; Lieber and Fridén 1988; Morgan 1990).

Το πόσο εκτεταμένος θα είναι ο μυϊκός τραυματισμός εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, οι πιο καθοριστικοί εκ των οποίων είναι η ένταση της άσκησης, η εξοικείωση του ασκούμενου με το κινητικό πρότυπο της άσκησης (Connolly 2003), καθώς και το προπονητικό επίπεδο των ασκούμενων (Vincent and Vincent 1997). Επιπλέον, η έκταση της μυϊκής βλάβης που προκαλείται μετά από την επαναλαμβανόμενες συνεδρίες άσκησης με την ίδια επιβάρυνση (ένταση, όγκος προπόνησης) είναι μικρότερη, γεγονός που υποδεικνύει την ικανότητα των μυών να προσαρμόζονται στο συγκεκριμένο ερέθισμα άσκησης και να είναι λιγότερο επιρρεπής στον τραυματισμό (Proske and Morgan 2001). Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό στην διεθνή βιβλιογραφία ως «repeated bout effect», δηλαδή επίδραση

του επαναλαμβανόμενου ερεθίσματος, και αναφέρεται στις προσαρμογές που αναπτύσσει ο σκελετικός μυς μετά από έντονη άσκηση, με σκοπό την προστασία του από ανάλογα μελλοντικά έντονα ερεθίσματα (Hyldahl 2017).

Άμεση συνέπεια του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού είναι η πρόκληση φλεγμονής, η οποία χαρακτηρίζεται από αυξημένη συγκέντρωση των λευκοκυττάρων στο αίμα, η μέγιστη συγκέντρωση των οποίων παρατηρείται εντός των πρώτων 48 ωρών και στη συνέχεια σταδιακά μειώνονται μετά το πέρας των 72 ωρών (Armstrong 1984). Επιπλέον, ενεργοποιείται ο μηχανισμός της φαγοκυττάρωσης, με τα μακροφάγα κύτταρα να εισβάλουν στην τραυματισμένη περιοχή προκειμένου να απομακρύνουν τα νεκρά μυϊκά κύτταρα αφενός και αφετέρου να συμβάλλουν στην επούλωση και αναδόμηση του μυός (Tidball 1995; Tidball 2011).

2.2.1. Συμπτώματα του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού

Χαρακτηριστικά συμπτώματα του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού είναι η εμφάνιση οιδήματος στην τραυματισμένη περιοχή και καθυστερημένου μυϊκού πόνου, απώλεια της λειτουργικής ικανότητας του μυός και εμφάνιση ενδοκυτταρικών πρωτεϊνών στην κυκλοφορία (Nosaka and Clarkson 1995; Stauber 1988; Stauber and Smith 1998).

Οίδημα: Μετά από καταστροφή των μυοϊνιδίων, παρατηρείται η εμφάνιση οιδήματος, δηλαδή συγκέντρωση υγρού στους μεσοκυττάριους χώρους, κάτι που αποδίδεται στην αυξημένη διαπερατότητα των αιμοφόρων αγγείων (Clarkson 1986; Fridén 1986; Newham 1988). Το οίδημα συνήθως κορυφώνεται τις πρώτες ώρες μετά τον τραυματισμό και η πλήρης εξάλειψή του μπορεί να διαρκέσει περίπου μια εβδομάδα από την πρόκληση της μυϊκής βλάβης (Clarkson 1986; Fridén 1986; Newham 1988).

Καθυστερημένος μυϊκός πόνος: Ο όρος καθυστερημένος μυϊκός πόνος (Delayed Onset of Muscle Soreness, DOMS), αναφέρεται στο αίσθημα πόνου των μυών μετά από έντονη άσκηση και ιδιαίτερα μετά από άσκηση με έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις, ως αποτέλεσμα της μυϊκής βλάβης (Nosaka 2008). Ως αποτέλεσμα του οιδήματος που προκαλείται από τον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, αυξάνεται η ενδοκυτταρική πίεση, η οποία οδηγεί σε διέγερση των αλγοϋποδοχέων και σε εμφάνιση καθυστερημένου μυϊκού πόνου (Clarkson 1986; Fridén 1986; Newham 1988). Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος εμφανίζεται τις επόμενες ώρες η ημέρες μετά την άσκηση, κορυφώνεται συνήθως μια με δυο ημέρες μετά την άσκηση και εξαλείφεται πλήρως μετά από ένα διάστημα τεσσάρων έως επτά ημέρων (Chatzinikolaou 2014; Clarkson 1992; Fatouros and Jamurtas 2016).

Κρεατινική κινάση: Η απελευθέρωση του ενζύμου CK από τον μυ στο πλάσμα του αίματος είναι ένας σημαντικός δείκτης μυϊκής βλάβης, καθώς η αύξηση της συγκέντρωσής της στην κυκλοφορία υποδηλώνει καταστροφή της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των μυϊκών κυττάρων στο σκελετικό μυ (CK-MM) (Koch 2014; Nosaka and Clarkson 1995). Η αύξηση των επιπέδων της CK στο πλάσμα εντοπίζεται χρονικά από 24 έως 72 ώρες μετά το τέλος της άσκησης, με την κορύφωσή της να παρατηρείται συνήθως στις 48 ώρες (Chatzinikolaou 2010; Draganidis 2013; Tzatzakis 2019).

*Λειτουργική ικανότητα***:** Είναι καλά τεκμηριωμένο στην υπάρχουσα βιβλιογραφία το γεγονός ότι η ικανότητα απόδοσης, και ιδιαίτερα η ικανότητα παραγωγής δύναμης και ισχύος, μειώνεται σημαντικά μετά από οποιαδήποτε μορφής έντονη άσκηση που προκαλεί ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό (Clarkson and Dedrick 1988; Clarkson and Hubal 2002; Draganidis 2015; Fatouros and Jamurtas 2016). Ειδικότερα, η ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης εμφανίζεται μειωμένη κατά 10% έως 70% στις πρώτες 48 – 72 ώρες μετά από πρωτόκολλα που προκαλούν μυϊκό τραυματισμό, και μπορεί να παραμείνει μειωμένη μέχρι και δεκατέσσερις ημέρες μετά (Clarkson and Dedrick 1988; Clarkson and Hubal 2002; Draganidis 2015; Fatouros and Jamurtas 2016). Ενδεικτικά, σημαντική μείωση στην ισοκινητική δύναμη έχει παρατηρηθεί σε ποδοσφαιριστές για τουλάχιστον 48 ώρες μετά από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα (Tzatzakis 2019) καθώς και μετά από προπόνηση με αγωνιστικά τετράγωνα (small-sided games) (Papanikolaou 2021). Και στις δυο αυτές μελέτες, οι ερευνητές αξιολόγησαν την ισοκινητική δύναμη των καμπτήρων και εκτεινόντων μυών του γόνατος καθώς επίσης την ταχύτητα (10 και 30 μέτρων) και την απόδοση στο κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση πριν τα προπονητικά πρωτόκολλα καθώς και στις 24, 48 και 72 ώρες μετά. Και στις δυο μελέτες η ικανότητα για απόδοση εμφανίζεται μειωμένη σε όλους τους δείκτες για τουλάχιστον 48 ώρες μετά τα πρωτόκολλα άσκησης (Papanikolaou 2021; Tzatzakis 2019).

2.3. Νευρομυϊκή κόπωση

Ο ορός νευρομυϊκή κόπωση αναφέρεται κυρίως στη μείωση της ικανότητας των σκελετικών μυών να παράγουν δύναμη ή μυϊκή ισχύ μετά από έντονα προπονητικά ερεθίσματα (Bigland-Ritchie 1995; Enoka and Stuart 1992; Gandevia 2001). Η μείωση στην απόδοση των σκελετικών μυών ως αποτέλεσμα της νευρομυϊκής κόπωσης χαρακτηρίζεται είτε από την μειωμένη ικανότητα διατήρησης της δύναμης και της ισχύος για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (μυϊκή αντοχή), είτε από σημαντική μείωση των τιμών τους, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή συγκριτικά με τις τιμές πριν την άσκηση (Allman and Rice 2002). Η νευρομυϊκή κόπωση διακρίνεται σε κεντρική και περιφερική

(Boyas and Guével 2011). Η κεντρική κόπωση ορίζεται ως η προοδευτική μείωση του επιπέδου της εκούσιας ενεργοποίησης ενός σκελετικού μυός εξαιτίας της έντονης άσκησης (Gandevia 2001). Η περιφερική κόπωση ορίζεται ως η αδυναμία ανάπτυξης μυϊκής δύναμης και ισχύος παρά την μέγιστη δραστηριοποίηση των κινητικών μονάδων (Boyas and Guével 2011). Ο μηχανισμός της νευρομυϊκής κόπωσης είναι ιδιαίτερα περίπλοκος και επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων που σχετίζονται με την άσκηση όπως από τον τύπο των μυϊκών ινών που επιστρατεύονται, από την ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης και από τον χρόνο διάρκειας της μυϊκής συστολής (Enoka and Stuart 1992).

2.4. Προπόνηση ισχύος και ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός

Η προπόνηση με τη χρήση αντιστάσεων, όπως για παράδειγμα η προπόνηση ανάπτυξης μυϊκής ισχύος, προκαλεί σημαντικό μηχανικό και μεταβολικό στρες στους μύες που εργάζονται (Su 2010; Tamaki 1994) οδηγώντας σε βλάβη του μυϊκού ιστού (Koch 2014). Μάλιστα, φαίνεται πώς όλα τα είδη μυϊκών συστολών (σύγκεντρη, έκκεντρη, ισομετρική) είναι ικανά να προκαλέσουν ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό και καθυστερημένο μυϊκό πόνο (DOMS) (Koch 2014). Ωστόσο, τα έκκεντρα προπονητικά πρωτόκολλα (Draganidis 2017; Michailidis 2013) ή τα προπονητικά πρωτόκολλα που εμπεριέχουν έντονα το στοιχείο της έκκεντρης μυϊκής σύσπασης είναι αυτά που προκαλούν μεγαλύτερη μυϊκή βλάβη (Chatzinikolaou 2014; Chatzinikolaou 2010; Tzatzakis 2019). Η προπόνηση ισχύος μπορεί να περιλαμβάνει τόσο βασικές όσο και δομικές ασκήσεις (Cormie 2007; Kyröläinen 2005), με την ένταση να κυμαίνεται από 56% έως 80% της 1ΜΕ (Cormie 2007). Επιπρόσθετα, μπορεί να περιλαμβάνει και επιταχυνόμενες έκκεντρες ασκήσεις, μια μέθοδο προπόνησης με ιδιαίτερη έμφαση στην έκκεντρη μυϊκή σύσπαση (Hughes 2016). Συνεπώς, η προπόνηση μυϊκής ισχύος γενικότερα χαρακτηρίζεται από υψηλές εντάσεις και μεγάλο αριθμό έκκεντρων μυϊκών συσπάσεων, δυο καθοριστικούς παράγοντες για την πρόκληση μυϊκής βλάβης (Connolly 2003). Παρόλα αυτά, η επίδραση προπονητικών πρωτοκόλλων ισχύος σε δείκτες μυϊκής βλάβης και απόδοσης δεν έχει μελετηθεί.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Συμμετέχοντες

Σύμφωνα με αρχική ανάλυση ισχύος που πραγματοποιήθηκε (probability error: 0.05, power: 0.90, effect size: 0.30), ένας αριθμός 8-10 ατόμων απαιτείται προκειμένου να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τις κύριες εξαρτημένες μεταβλητές, σε ένα πειραματικό σχεδιασμό με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε 4 χρονικές στιγμές μεταξύ 4 πειραματικών συνθηκών. Συνεπώς, το δείγμα της παρούσας μελέτης αποτέλεσαν συνολικά 10 άτομα ηλικίας 18-30 ετών, εκ των οποίων τέσσερις άνδρες και έξι γυναίκες. Οι συμμετέχοντες, αφού ενημερώθηκαν για τον σκοπό, τη σημασία, τα οφέλη αλλά και τους κινδύνους της μελέτης, συμπλήρωσαν έντυπο ιατρικού ιστορικού και δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στην πειραματική διαδικασία. Τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη ήταν τα εξής: (α) μη καπνιστές, (β) προπονητική εμπειρία στην προπόνηση με αντιστάσεις ≥ 1 έτους, (γ) απουσία ιστορικού μυοσκελετικού τραυματισμού ή νόσησης από ασθένεια για τουλάχιστον ένα εξάμηνο πριν από την έναρξη της μελέτης, (δ) διακοπή της κατανάλωσης αλκοόλ κατά τη διάρκεια της μελέτης, διακοπή της λήψης οποιουδήποτε συμπληρώματος διατροφής ή αντιφλεγμονώδους/αντιοξειδωτικού σκευάσματος τουλάχιστον για ένα μήνα πριν την έναρξη της μελέτης και κατά τη διάρκεια αυτής. Η μελέτη έλαβε έγκριση από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Αριθμ. Πρωτ:1714) και έχει δηλωθεί στην διεθνή βάση καταχώρησης κλινικών μελετών ClinicalTrials.gov (ID: NCT04847427).

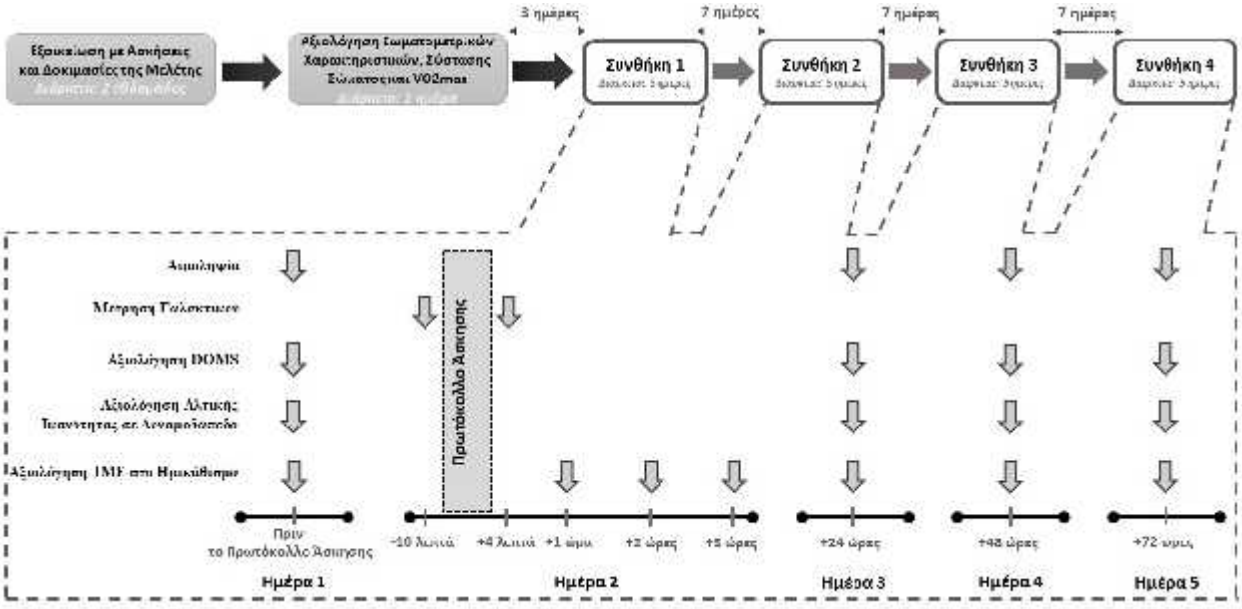
3.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Ο πειραματικός σχεδιασμός της παρούσας μελέτης παρουσιάζεται στο **Σχήμα 1**. Τις πρώτες δύο εβδομάδες, πραγματοποιήθηκε εξοικείωση των συμμετεχόντων με τις ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στα τρία προπονητικά πρωτόκολλα καθώς και με τις δοκιμασίες που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των δεικτών απόδοσης. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εξοικείωσής τους, οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών, της σύστασης σώματος και της καρδιοαναπνευστικής τους ικανότητας, και της 1ΜΕ στις ασκήσεις συμπεριλαμβάνονταν στα πρωτόκολλα των Βασικών και Δομικών ασκήσεων. Οι μετρήσεις αυτές υλοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικές επισκέψεις με διαφορά τουλάχιστον 3 ημερών μεταξύ τους, στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της

Άσκησης (SmArT Lab), του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στη συνέχεια (3 ημέρες μετά την τελευταία επίσκεψή τους), οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος με τυχαιοποιημένη σειρά σε τέσσερις πειραματικές συνθήκες: **(α) Συνθήκη Βασικών ασκήσεων:** πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με βασικές ασκήσεις, (**β**) **Συνθήκη Δομικών ασκήσεων:** πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με δομικές ασκήσεις, **(γ) Συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων:** πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης φόρτισης και (**δ**) **Συνθήκη Ελέγχου**: δεν περιλάμβανε πρωτόκολλο προπόνησης. Η χρονική διάρκεια της κάθε πειραματικής συνθήκης ήταν πέντε διαδοχικές ημέρες, ενώ μεταξύ των συνθηκών μεσολαβούσε χρονικό διάστημα επτά ημερών, για την εξάλειψη των προσαρμογών/επιδράσεων της προηγούμενης συνθήκης. Οι πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενης Έκκεντρης περιλάμβαναν τα εξής: $1^{η}$ Ημέρα: Οι συμμετέχοντες υποβάλλονταν αρχικά σε αιμοληψία (για τον προσδιορισμό της κρεατινικής κινάσης), έπειτα σε αξιολόγηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) και στη συνέχεια σε αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας σε δυναμοδάπεδο και της 1ΜΕ στο ημικάθισμα. $2^{η}$ Ημέρα: Οι συμμετέχοντες εκτελούσαν το αντίστοιχο πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος (με βασικές, δομικές και ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης φόρτισης για τις συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, αντίστοιχα). Πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου (σε συνθήκη ηρεμίας) και στα 3 λεπτά μετά την ολοκλήρωσή του πραγματοποιούταν λήψη τριχοειδικού δείγματος αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος. Επιπλέον, 1, 2 και 3 ώρες μετά το τέλος του πρωτοκόλλου οι συμμετέχοντας υποβάλλονταν σε αξιολόγηση της 1ΜΕ στο κάθισμα 90^{o}, με στόχο την εκτίμηση της νευρομυϊκής κόπωσης. $3^{η}$ – $5^{η}$ Ημέρα: Την $3^{η}$ (24 ώρες μετά το πρωτόκολλο), $4^{η}$ (48 ώρες μετά το πρωτόκολλο) και $5^{η}$ (72 ώρες μετά το πρωτόκολλο) ημέρα της κάθε συνθήκης, οι συμμετέχοντες υποβάλλονταν αρχικά σε αιμοληψία (για τον προσδιορισμό της κρεατινικής κινάσης) και στη συνέχεια σε αξιολόγηση του DOMS, της αλτικής ικανότητας σε δυναμοδάπεδο και της 1ΜΕ στο κάθισμα 90^{o}. Όσον αφορά στη συνθήκη Ελέγχου, οι συμμετέχοντες υποβάλλονταν καθημερινά στις ίδιες αξιολογήσεις/δοκιμασίες που περιεγράφηκαν παραπάνω (με την ίδια σειρά) χωρίς να εκτελούν πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος.

Σε όλες τις πειραματικές συνθήκες, η αιμοληψία και η αξιολόγηση του DOMS πραγματοποιούνταν στον χώρο του εργαστηρίου Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab), του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ενώ η αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας σε δυναμοδάπεδο

πραγματοποιούνταν στο χώρο του εργαστηρίου Εμβιομηχανικής, Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η αξιολόγηση της 1ΜΕ στο κάθισμα 90^{o} καθώς και τα πρωτόκολλα προπόνησης ισχύος πραγματοποιούνταν στο γυμναστήριο του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



Σχήμα 1. Ο πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης.

3.3. Περιγραφή των πρωτοκόλλων προπόνησης

Πρωτόκολλο προπόνησης με βασικές ασκήσεις

Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος περιελάβανε τέσσερις βασικές ασκήσεις με έμφαση στη σύγκεντρη μυϊκή συστολή. Συγκεκριμένα, οι ασκήσεις που συμπεριλήφθηκαν ήταν οι εξής: καθίσματα (squats) 90^{o}, άρσεις θανάτου (deadlifts), προβολές (lunges) και ανέβασμα σε κουτί ύψους 30 εκ. (step up). Σε κάθε άσκηση οι συμμετέχοντες εκτελούσαν 4 σετ των 5 επαναλήψεων με ένταση που αντιστοιχούσε στο 60% της 1ΜΕ για τον κάθε συμμετέχοντα. Το διάλειμμα μεταξύ των σετ ορίστηκε στα 3 λεπτά ενώ μεταξύ των ασκήσεων εφαρμόστηκε διάλειμμα 5 λεπτών.

Πρωτόκολλο προπόνησης με δομικές ασκήσεις

Το πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με δομικές ασκήσεις αποτελούνταν από τέσσερις Ολυμπιακού τύπου άρσεις: αρασέ (snatch), τράβηγμα επολέ (hang clean), ζετέ (push jerk) και ζετέ με προβολή του ενός ποδιού (split push jerk). Σε όλες τις ασκήσεις εκτελούνταν 4 σετ των 5 επαναλήψεων με ένταση

που αντιστοιχούσε στο 60% της 1ΜΕ για τον κάθε συμμετέχοντα. Το διάλειμμα ορίστηκε στα 3 λεπτά μεταξύ των σετ και στα 5 λεπτά μεταξύ των ασκήσεων.

Πρωτόκολλο προπόνησης με ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης φόρτισης

Το πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος με έμφαση στην επιταχυνόμενη έκκεντρη φόρτιση περιλάμβανε τις παρακάτω τέσσερις ασκήσεις: άρσεις θανάτου (deadlifts) με άλμα, κάθετες αναπηδήσεις μετά από κατέβασμα από κουτί ύψους 30 εκ. (step down – squat jump), κατέβασμα από κουτί ύψους 30 εκ. με προβολές (step down - lunge) και Bulgarian split squat με αναπήδηση (Bulgarian split squat jumps). Σε όλες τις ασκήσεις εκτελούνταν 4 σετ των 5 επαναλήψεων με εξωτερικό φορτίο ίσο με το 30% του σωματικού βάρους κατά την έκκεντρη φάση της άσκησης, ενώ η σύγκεντρη φάση εκτελούνταν χωρίς εξωτερική φόρτιση. Το διάλειμμα ορίστηκε στα 3 λεπτά μεταξύ των σετ και στα 5 λεπτά μεταξύ των ασκήσεων.

Πριν από κάθε πρωτόκολλο προπόνησης οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν προθέρμανση σε εργοδιάδρομο (Stex 8020, Korea) και διατατικές ασκήσεις συνολικής διάρκειας 15 λεπτών. Τα πρωτόκολλα προπόνησης σε κάθε συνθήκη εκτελούνταν την ίδια ώρα της ημέρας.

3.4. Περιγραφή των δοκιμασίων

Αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών

Η σωματική μάζα και το σωματικό ύψος των συμμετεχόντων αξιολογήθηκαν σε βαθμονομημένο ζυγό με αναστημόμετρο (Beam Balance-Stadiometer, Seca, Vogel & Halke, Hamburg, Germany), σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη (Poulios 2018). Συγκεκριμένα, για τη μέτρηση του σωματικού βάρους οι συμμετέχοντες στέκονταν σε όρθια θέση στο κέντρο του ζυγού, κατανέμοντας το βάρος τους ισόποσα στα δυο πόδια ενώ διατηρούσαν τις φτέρνες ενωμένες και τα πέλματα σε γωνία περίπου 60^{o} μεταξύ τους. Η μέτρηση πραγματοποιούνταν με ακρίβεια μισού κιλού (0,5 kg) με τους συμμετέχοντες να φορούν όσο το δυνατόν λιγότερα ρούχα και χωρίς παπούτσια. Η μέτρηση του σωματικού ύψους πραγματοποιήθηκε από την ίδια όρθια στάση με τις φτέρνες, τους γλουτούς και το πάνω μέρος της πλάτης να ακουμπούν στο αναστημόμετρο. Οι συμμετέχοντες έπαιρναν βαθιά εισπνοή και την κρατούσαν μέχρι ο εξεταστής να τοποθετήσει τον οριζόντιο οδηγό στο χαμηλότερο δυνατό σημείο (στο κεφάλι του εξεταζόμενου συμπιέζοντας τα μαλλιά). Η μέτρηση πραγματοποιούνταν με ακρίβεια μισού εκατοστού (0,5 cm). Ο Δείκτης Σωματικής Μάζας (ΔΣΜ) υπολογίστηκε από την εξίσωση ΔΣΜ (kg/m^2) = σωματικό βάρος (σε κιλά, kg) / $ύψος^2$ (σε μέτρα, m).

Αξιολόγηση της σύστασης σώματος

Η αξιολόγηση της σωματικής σύστασης των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με χρήση μηχανήματος απορροφησιομετρίας διπλής δέσμης ακτίνων Χ (DXA, Lunar DPXNT) και του αντίστοιχου λογισμικού του (Encore 2007, General Electric Company, Madison, WI, USA) (Poulios 2018). Πραγματοποιήθηκε ολόσωμη αξιολόγηση, με τους συμμετέχοντες να τοποθετούνται σε ύπτια θέση έχοντας το σώμα τους ευθυγραμμισμένο, τα γόνατα σε έκταση και τα χέρια παράλληλα και δίπλα (σε απόσταση ενός εκατοστού) στο σώμα. Οι μεταβλητές που εξήχθησαν αφορούσαν την ποσότητα μυϊκής μάζας, λιπώδης μάζας και άλιπης σωματικής μάζας, το ποσοστό (%) σωματικού λίπους καθώς και την οστική μάζα και οστική πυκνότητα. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το μηχάνημα πλήρως βαθμονομημένο.

Αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας

Για τον προσδιορισμό της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε αξιολόγησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) με χρήση αυτόματου αναλυτή ανταλλαγής αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA), κατά τη διάρκεια τρεξίματος με προοδευτικά αυξανόμενη ένταση σε εργοδιάδρομο, σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη (Poulios 2018). Η αρχική ταχύτητα ορίστηκε στα 10 χλμ/ώρα και αυξανόταν κατά 1 χλμ/ώρα κάθε 2 λεπτά, με την κλίση να παραμένει μηδενική καθ' όλη τη διάρκεια της μέτρησης. Η καρδιακή συχνότητα καταγραφόταν συνεχόμενα κατά τη διάρκεια της μέτρησης χρησιμοποιώντας καρδιοσυχνόμετρο τύπου Polar (παλμογράφος Polar H10), ενώ η αξιολόγηση της υποκειμενικής αίσθησης της κόπωσης γινόταν στο τέλος κάθε σταδίου (2 λεπτά σε μια ταχύτητα) μέσω της κλίμακας Borg (20βάθμια κλίμακα Borg). Η διαδικασία τερματιζόταν όταν οι συμμετέχοντες πληρούσαν τουλάχιστον τρία από τα παρακάτω κριτήρια: (i) εμφάνιση πλατό στην καμπύλη της πρόσληψης οξυγόνου παρά την αύξηση της ταχύτητας, (ii) αναπνευστικό πηλίκο > 1.10, (iii) εμφάνιση πλατό στην καρδιακή συχνότητα, (iv) εξάντληση του συμμετέχοντα (Medicine 2013). Για τον υπολογισμό των όγκων του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιήθηκε σύστημα ανοικτής σπιρομέτρησης, με δυνατότητα καταγραφής και ανάλυσης των αερίων κάθε 30 δευτερόλεπτα (breath by breath). Πριν από κάθε μέτρηση πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του αναλυτή με αέρια ακριβείας του εμπορίου (16% O_2, 4% CO_2, 80% N_2).

Αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης στο κάθισμα 90^{o}

Για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης χρησιμοποιήθηκε ο άμεσος προσδιορισμός της μίας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ) στην άσκηση κάθισμα 90^{o} (G.Gregory Haff 2020). Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε σε ορθοστάτη τύπου Power Rack με παράλληλες μπάρες ασφαλείας και χρήση Ολυμπιακής μπάρας. Αρχικά οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν προθέρμανση η οποία περιλάμβανε πεντάλεπτη ποδηλάτηση (σε στατικό ποδήλατο) και στη συνέχεια δυναμικές διατάσεις για άλλα 5 λεπτά. Έπειτα, εκτελούσαν 5-10 επαναλήψεις με ένταση που αντιστοιχούσε στο 40% - 60% της εκτιμώμενης 1ΜΕ. Μετά από διάλειμμα ενός λεπτού, οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν την πρώτη προσπάθειά τους κατά την οποία τους ζητούνταν να εκτελέσουν 3 – 5 επαναλήψεις με ένταση ίση με το 60% - 80% της εκτιμώμενης 1ΜΕ. Μετά από διάλειμμα 3 λεπτών, προθέτονταν κιλά (~ 90% της 1ΜΕ) και οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν τη δεύτερη προσπάθειά τους, κατά την οποία τους ζητούνταν να εκτελέσουν με σωστή τεχνική 1 ΜΕ. Αν αυτό ήταν εφικτό, δινόταν εκ νέου διάλειμμα 3 λεπτών, έπειτα αυξάνονταν το φορτίο (με συντηρητική αύξηση της επιβάρυνσης) και εκτελούσαν την τρίτη τους προσπάθεια, με στόχο πάλι τη 1ΜΕ. Η διαδικασία αυτή (διάλειμμα 3 λεπτών και αύξηση του φορτίου) συνεχιζόταν μέχρις ότου οι συμμετέχοντες δεν ήταν σε θέση να ολοκληρώσουν επιτυχημένα 1ΜΕ με σωστή τεχνική.

Αξιολόγηση της εμφάνισης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS)

Για την εκτίμηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) χρησιμοποιήθηκε δεκαβάθμια κλίμακα υποκειμενικής αντίληψης του πόνου, όπου το 1 αντιστοιχούσε σε φυσιολογικό πόνο και το 10 σε πολύ επίπονο. Οι συμμετέχοντες εκτελούσαν αρχικά 3 βαθιά καθίσματα και αμέσως μετά παρέμεναν σε όρθια στάση. Ο εξεταστής ασκούσε με τα χέρια του ισόποση πίεση σε έκφυση, κατάφυση και γαστέρα των καμπτήρων και εκτινόντων μυών του γόνατος, και στα δύο άκρα. Οι συμμετέχοντες έχοντας μπροστά τους τη δεκαβάθμια κλίμακα υποδεικνύανε για το κάθε ανατομικό σημείο έναν αριθμό από το 1 μέχρι το 10, αξιολογώντας την ένταση του πόνου. Όλες οι αξιολογήσεις του DOMS πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο εξεταστή, έτσι ώστε η εφαρμόσιμη πίεση να είναι η ίδια για όλους τους συμμετέχοντες σε όλες τις χρονικές στιγμές (Tzatzakis 2019)

Αξιολόγησης της αλτικής ικανότητας στο δυναμοδάπεδο

Για τον προσδιορισμό της αλτικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε άλμα με υποχωρητική φάση σε δυναμοδάπεδο (Bertec, FP4060-10-2000, Bertec Corporation, Columbus, OH, USA). Οι

συμμετέχοντες εκτελούσαν τρεις προσπάθειες. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης πραγματοποιήθηκε ηλεκτρομυογραφία (Myon MA-320 EMG system, Myon AG, Schwarzenberg, Switzerland) στον έξω πλατύ, δικέφαλο μηριαίο, γαστροκνήμιο (μεσαία κεφαλή) και μέγα γλουτιαίο και των δύο ποδιών. Πριν από κάθε αξιολόγηση οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν προθέρμανση σε εργοδιάδρομο (Stex 8020, Korea) και διατατικές ασκήσεις συνολικής διάρκειας 15 λεπτών.

Αιμοληψία και διαχείριση των δειγμάτων

Όλες οι αιμοληψίες (~10 mL ανά αιμοληψία) πραγματοποιήθηκαν από τη βασιλική φλέβα, με τους συμμετέχοντες να βρίσκονται σε καθιστή θέση, σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες (Poulios 2018; Tzatzakis 2019). Αμέσως μετά την αιμοληψία, το αίμα διοχετεύονταν σε σωληνάρια που περιείχαν SST-Gel/clot, παρέμειναν σε θερμοκρασία δωμάτιου για τουλάχιστον 20 λεπτά και στη συνέχεια φυγοκεντρούνταν στα 1370g για 10 λεπτά στους 4^{o}C, για τον διαχωρισμό του ορού (Kritikos 2021). Μετά τη φυγοκέντρηση, το υπερκείμενο (ορός) συλλέγονταν και μοιράζονταν σε πολλαπλά σωληνάρια τύπου Eppendorf τα οποία αποθηκευόντουσαν στους -80^{0}C για την μετέπειτα ανάλυση της κρεατινικής κινάσης. Η ανάλυση της κρεατινικής κινάσης πραγματοποιήθηκε σε βιοχημικό αναλυτή Clinical Chemistry Analyzer Z 1145 (P. Zafiropoulos Diagnostica S.A., Athens, Greece) με χρήση διαθέσιμων στο εμπόριο αντιδραστηρίων (P. Zafiropoulos Diagnostica S.A., Athens, Greece).

Για τη μέτρηση του γαλακτικού οξέος γινόταν λήψη τριχοειδικού αίματος από την άκρη των δακτύλων, αφού προηγουμένως το σημείο της λήψης είχε καθαριστεί με 70% αλκοόλη και είχε στεγνώσει. Μια σταγόνα αίματος μεταφερόταν σε ειδική ταινία (stripe) η οποία ήταν τοποθετημένη σε φορητό αναλυτή γαλακτικού οξέος (Lactate Plus^{TM}, Nova Biomedical, USA), και πραγματοποιούταν αυτόματα η ανάλυση σε 12 δευτερόλεπτα.

4. Στατιστική ανάλυση

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας για όλες τις μεταβλητές χρησιμοποιώντας το τεστ Shapiro-Wilk. Επειδή η συντριπτική πλειοψηφία των μεταβλητών ακολουθούσε την κανονική κατανομή εφαρμόστηκαν παραμετρικά τεστ για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δύο παράγοντες (συνθήκη και χρονική στιγμή μέτρησης) εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος (χρονική στιγμή μέτρησης). Όπου εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni για τη διεξαγωγή των συγκρίσεων κατά ζεύγη. Επιπλέον, για κάθε στατιστικά σημαντική διαφορά, υπολογίστηκε το αντίστοιχο "μέγεθος της επίδρασης" (Effect Size, ES) και "διάστημα εμπιστοσύνης" (Confidence Interval, CI) σύμφωνα με τη μέθοδο του Hedge’s g. Το μέγεθος της επίδρασης ορίστηκε ως "κανένα", "μικρό", "μέτριο" και "μεγάλο", για τιμές 0.00-0.19, 0.20-0.49, 0.50-0.79 και ≥ 0.8, αντίστοιχα. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0.05. Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ± τυπική απόκλιση. Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (IBM SPSS Statistics, version 20.0).

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

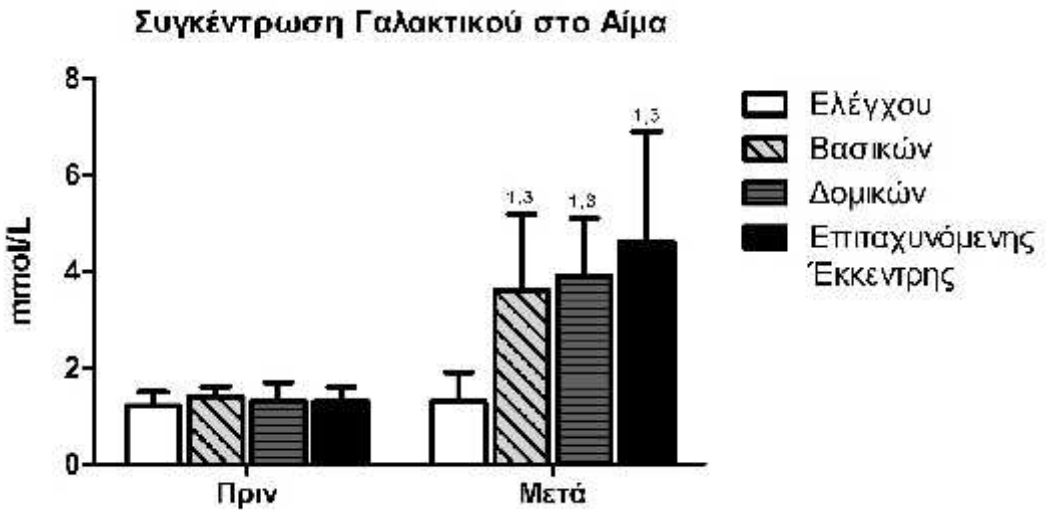
Πίνακας 1. Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

	Συνολικός μέσος ορός	**Μέσος όρος ανδρών**	**Μέσος όρος γυναικών**
Ηλικία	23,5 ±4,3	20,1 ± 2,1	25,8 ±3,9
Σωματικό Ύψος *(μέτρα)*	1,7 ±0,1	1,7± 0,1	1,7 ±0,1
Σωματικό Βάρος *(κιλά)*	65,6 ±10,2	73,1 ± 8,7	60,6 ±8,2
ΔΜΣ *(κιλά/μέτρα^2)*	22,3 ±2,5	23,9 ±1,5	21,3 ±2,6
Ποσοστό λίπους *(%)*	22,7 ±6,9	19,1 ±6,7	25,1 ±6,5
VO_{2max} *(ml/kg/min)*	46,4 ±6	50,6 ±4,7	43,5 ±5,3
Μέγιστη ΚΣ *(παλμοί/λεπτό)*	191,6 ± 8,6	196,5 ±7,1	188,3 ±8,4
1 ΜΕ στο ημικάθισμα *(κιλά)*	102,5 ±15,7	118,1 ± 8,5	92,1 ±8,7

ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος, VO2max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ΚΣ: καρδιακή συχνότητα, 1ΜΕ: 1 μέγιστη επανάληψη. Όλες οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέσος όρος ± Τυπική απόκλιση.

5.1. Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος

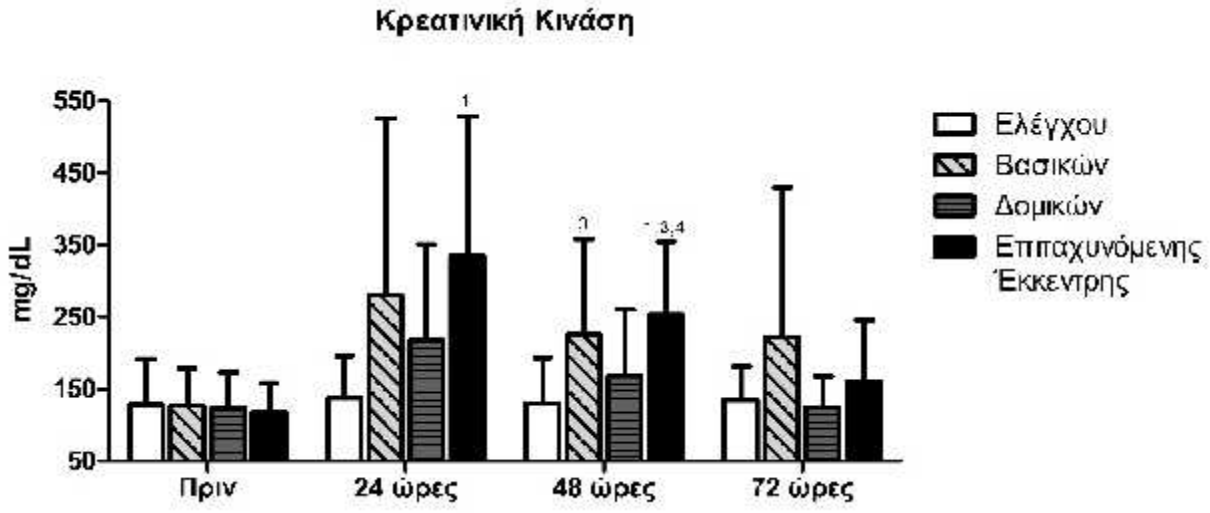
Στο **Σχήμα 2** παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια των τεσσάρων συνθηκών. Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(3,27)} = 11.12$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης σε όλες τις πειραματικές συνθήκες (**Βασικών ασκήσεων**: +177%, p=0.014, ES=1.82, CI =0.78/2.87, **Δομικών ασκήσεων**: +200%, p=0.000, ES=2.62, CI=1.43/3.82, **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: +254%, p=0.004, ES=1.88, CI=0.83/2.93) συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου. Επίσης, σε όλες τις πειραματικές συνθήκες η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος αυξήθηκε σημαντικά αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές πριν το πρωτόκολλο (**Βασικών ασκήσεων**: +157%, p=0.001, ES=-1.85, CI=-2.89/-0.80, **Δομικών ασκήσεων**: +200%, p=0.000, ES=-2.78, CI=-4.01/-1.55, **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: +254%, p=0.001, ES=-1.93, CI=-2.99/-0.87).



Σχήμα 2. Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα Πριν και Μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [3]Σημαντική διαφορά με την συνθήκη Ελέγχου. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.2. Κρεατινική κινάση (CK)

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 3.51$, $p < 0.05$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση CK στις πειραματικές συνθήκες Επιταχυνόμενων Έκκεντρων (+95%, p=0.016, ES=1.39, CI=0.41/2.37) και Βασικών ασκήσεων (+73%, p=0.026, ES=0.88, CI=-0.04/1.79) συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου στις 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου. Επίσης, στην ίδια χρονική στιγμή, η συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε υψηλότερη συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης από τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων (+51%, p=0.047, ES=0.84, CI=-0.08/1.75). Επιπλέον, στη συνθήκη των Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων εντοπίστηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της CK τόσο στις 24 (+181%, p=0.016, ES=1.48, CI=0.49/2.47) όσο και στις 48 ώρες (+112%, p=0.002, ES=1.67, CI=0.65/2.68) μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης, συγκριτικά με τις τιμές πριν την άσκηση (**Σχήμα 3**).



Σχήμα 3. Συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης στο αίμα Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου, [4]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Δομικών. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.3. Καθυστερημένη εμφάνιση μυϊκού πόνου (DOMS) στην έκφυση

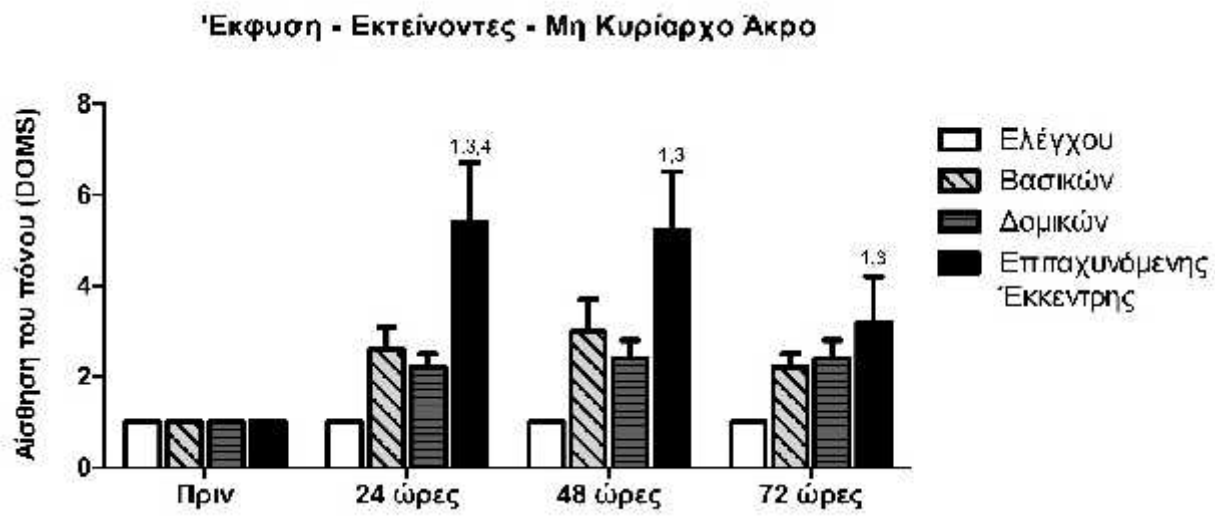
DOMS στους εκτείνοντες στο κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 1.53$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 6.63$, $p > 0.05$) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)} = 1.82$, $p > 0.05$) δεν ήταν σημαντικοί. (**Σχήμα 4**).

Σχήμα 4. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην έκφυση των εκτεινόντων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου.

DOMS στους εκτείνοντες στο μη κυρίαρχο άκρο

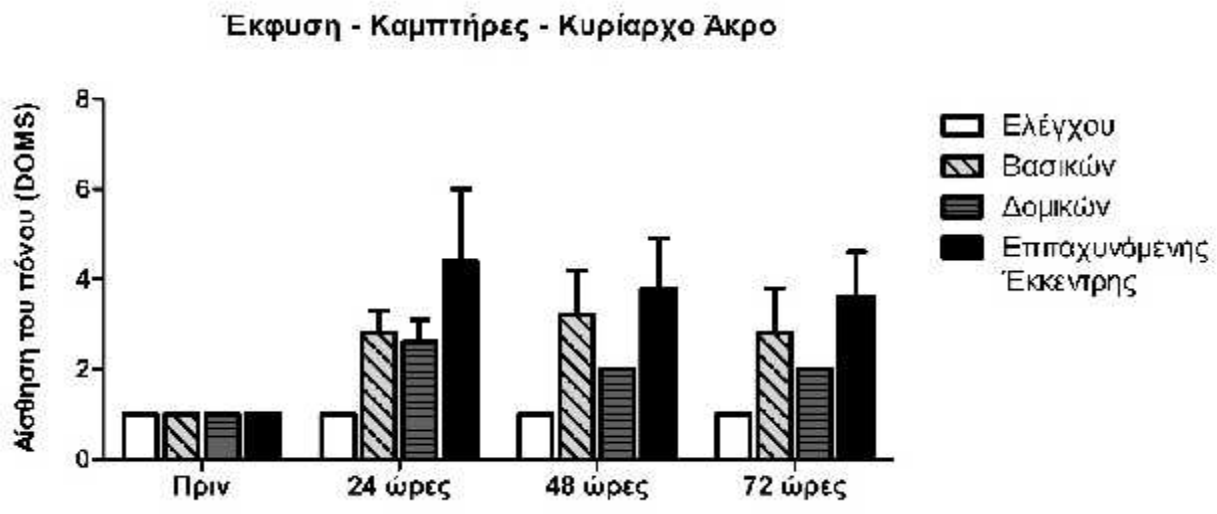
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)}$ = 7.17, p < 0.01). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε αυξημένη αίσθηση του μυϊκού πόνου στις 24 (5.4±1.3, p=0.018, ES=2.29, CI=1.16/3.42), 48 (5.2±1.3, p=0.019, ES=2.19, CI=1.08/3.30) και 72 (3.2±0.5, p=0.031, ES=2.98, CI=1.71/4.25) ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου (1.0±0.0). Επίσης, διαπιστώθηκε ότι στις 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης η αίσθηση του μυϊκού πόνου ήταν μεγαλύτερη στη πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων συγκριτικά με τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων (5.4±1.3 vs 2.2±0.3, p=0.038, ES=1.62, CI=0.61/2.64). Ακόμη, η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε σημαντική αύξηση στην αίσθηση του μυϊκού πόνου σε όλες τις χρονικές στιγμές μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης συγκριτικά με τις τιμές πριν την άσκηση (**24 ώρες**: +440%, p=0.018, ES=2.29, CI=1.16/3.42, **48 ώρες**: +420%, p=0.019, ES=2.19, CI=1.08/3,30, **72 ώρες**: +220%, p=0.031, ES=2.98, CI=1.71/4.25) (**Σχήμα 5**).



Σχήμα 5. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην έκφυση των εκτεινόντων μυών του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου, [4]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Δομικών. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

DOMS στους καμπτήρες στο κυρίαρχο άκρο

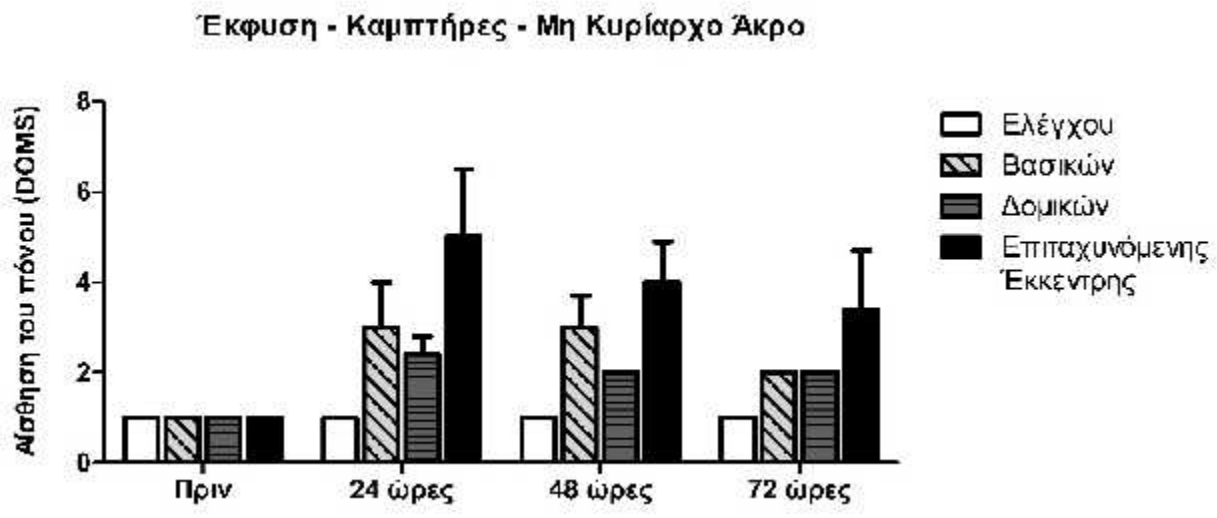
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 2.37$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 6.48$, $p > 0.05$) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)} = 5.27$, $p > 0.05$) δεν ήταν σημαντικοί. (**Σχήμα 6**).



Σχήμα 6. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην έκφυση των καμπτήρων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου.

DOMS στους καμπτήρες στο μη κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 3.55$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 7.93$, $p > 0.05$) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)} = 7.06$, $p > 0.05$) δεν ήταν σημαντικοί. (**Σχήμα 7**).

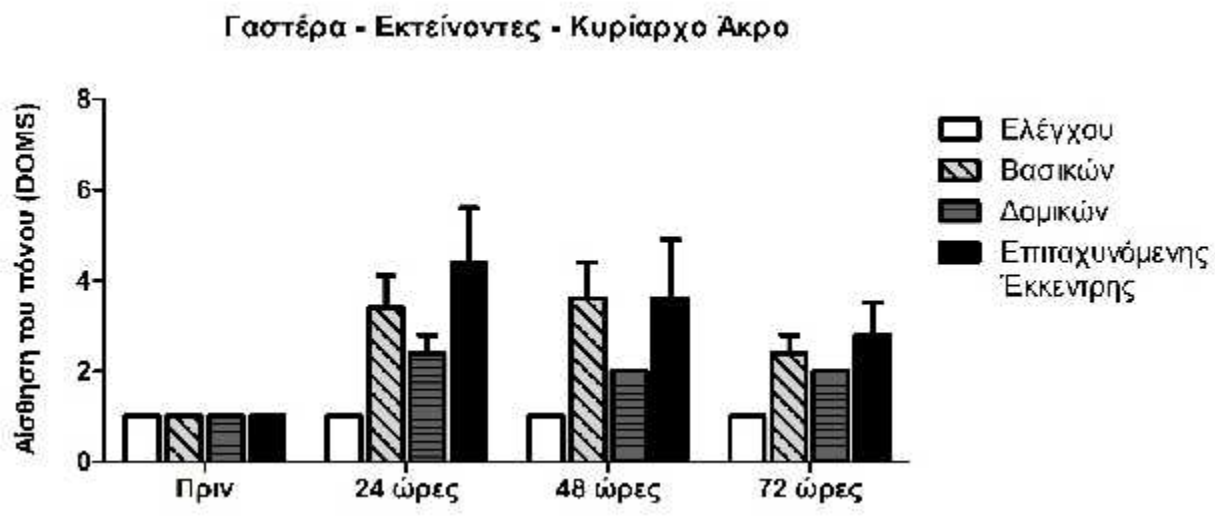


Σχήμα 7. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην έκφυση των καμπτήρων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου.

5.4. Καθυστερημένη εμφάνιση μυϊκού πόνου (DOMS) στη γαστέρα

DOMS στους εκτείνοντες στο κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 4.44$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 9.68$, $p > 0.05$) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)} = 5.42$, $p > 0.05$) δεν ήταν σημαντικοί (**Σχήμα 8**).

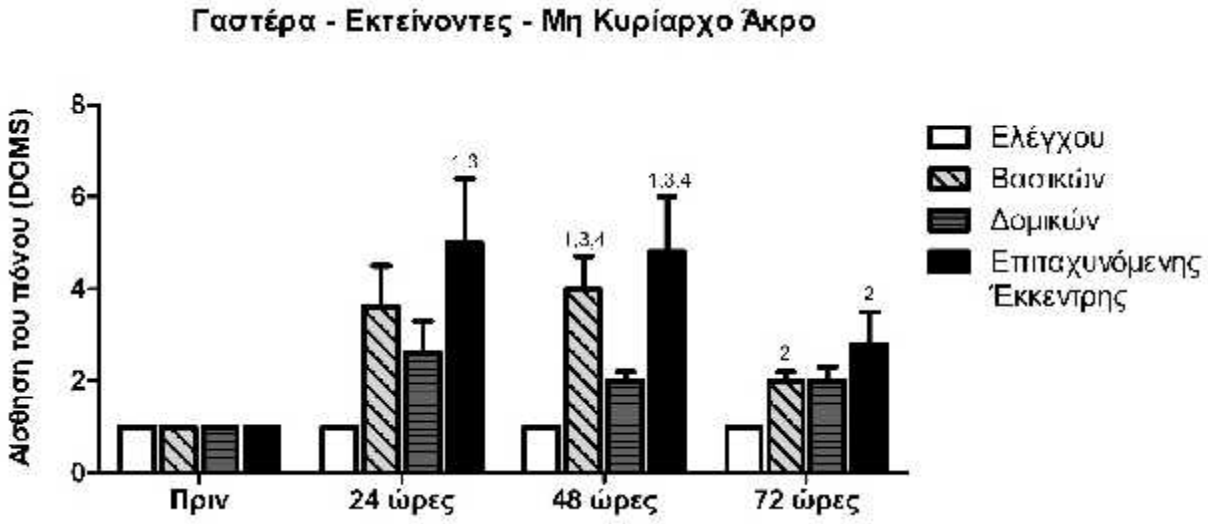


Σχήμα 8. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στη γαστέρα των εκτεινόντων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου.

DOMS στους εκτείνοντες στο μη κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 5.25$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni προέκυψε ότι η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε υψηλότερα επίπεδα μυϊκού πόνου από την συνθήκη Ελέγχου τόσο στις 24 ώρες (5.0±1.4 vs 1.0±0.0, p=0.040, ES=1.93, CI=0.87/3.00) όσο και στις 48 ώρες (4.8±1.2 vs 1.0±0.0, p=0.026, ES=2.14, CI=1.04/3.24) μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης, καθώς επίσης και από την πειραματική συνθήκη Δομικών στις 48 ώρες (4.8±1.2 vs 2.0±0.0, p=0.026, ES=1.58, CI=0.58/2.58). Ακόμη, διαπιστώθηκε ότι στις 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης η αίσθηση του μυϊκού πόνου ήταν μεγαλύτερη στην πειραματική συνθήκη Βασικών ασκήσεων συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου (4.0±1.4 vs 1.0±0.0, p=0.006, ES=2.90, CI=1.65/4.16) και τη συνθήκη Δομικών (4.0±1.4 vs 2.0±0.0, p=0.006, ES=1.93, CI=0.87/3.00). Επιπλέον, σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου παρατηρήθηκε στις 24 ώρες (+400%, p=0.040, ES=1.93, CI=0.87/3.00) και 48 ώρες (+380%, p=0.026, ES=2.14, CI=1.04/3.24) για τη συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων ενώ για τη συνθήκη Βασικών

ασκήσεων μόνο στις 48 ώρες (+300%, p=0.006, ES=2.90, CI=1.65/4.16), συγκριτικά με τα αντίστοιχα επίπεδα πριν την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης για την κάθε συνθήκη (**Σχήμα 9**).

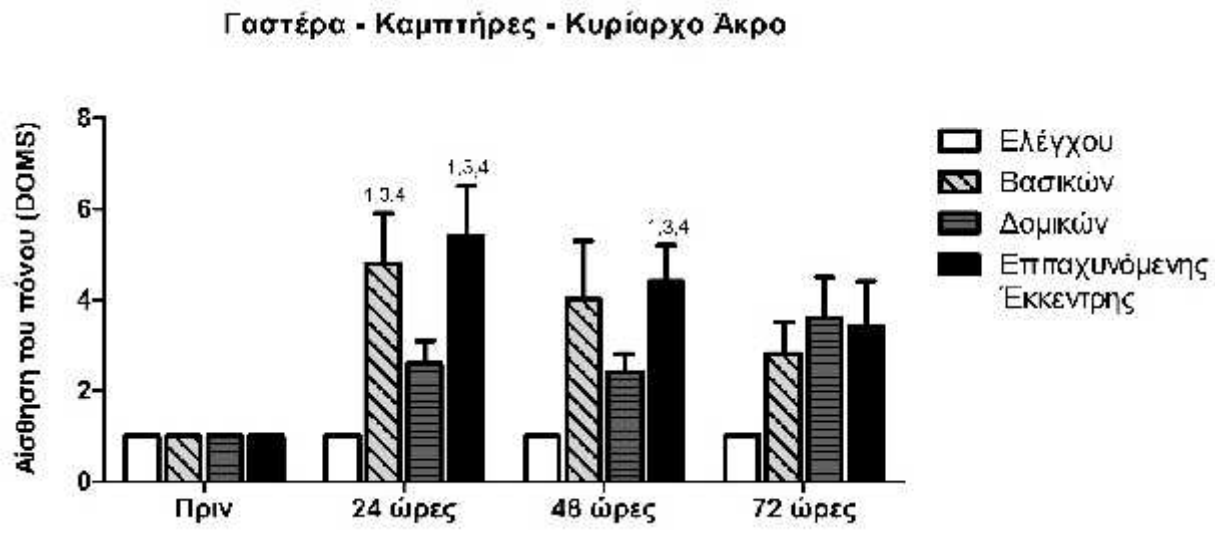


Σχήμα 9. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στη γαστέρα των εκτεινόντων μυών του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου, [4]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Δομικών. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

DOMS στους καμπτήρες στο κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 7.13$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε υψηλότερα επίπεδα μυϊκού πόνου τόσο από την συνθήκη Ελέγχου όσο και από τη συνθήκη Δομικών στις 24 (**Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων vs Ελέγχου**: 5.4±1.1 vs 1.0±0.0, p=0.004, ES=2.71, CI=1.50/3.92 - **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων vs Δομικών ασκήσεων**: 5.4±1.1 vs 2.6±0.5, p=0.016, ES=1.57, CI=0.57/2.57) και 48 (**Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων vs Ελέγχου**: 4.4±0.8 vs 1.0±0.0, p=0.006, ES=2.88, CI=1.63/4.13 – **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων vs Δομικών ασκήσεων**: 4.4±0.8 vs 2.4±0.4, p=0.023, ES=2.88, CI=1.63/4.13) ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου

άσκησης. Επίσης, στις 24 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης, η πειραματική συνθήκη Βασικών ασκήσεων παρουσίασε υψηλότερα επίπεδα μυϊκού πόνου τόσο από την συνθήκη Ελέγχου (4.8±1.1 vs 1.0±0.0, p=0.016, ES=2.34, CI=1.20/3.48) όσο και από την συνθήκη Δομικών ασκήσεων (4.8±1.1 vs 2.6±0.5, p=0.040, ES=1.23, CI=0.28/2.19). Επιπρόσθετα, σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα πριν την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης παρατηρήθηκε στις 24 ώρες για τη συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων (+440%, p=0.004, ES=2.71, CI=1.50/3.92) και τη συνθήκη Βασικών ασκήσεων (+380%, p=0.016, ES=2.34, CI=1.20/3.48) και στις 48 ώρες μόνο για τη συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων (+340%, p=0.006, ES=2.88, CI=1.63/4.13) (**Σχήμα 10**).

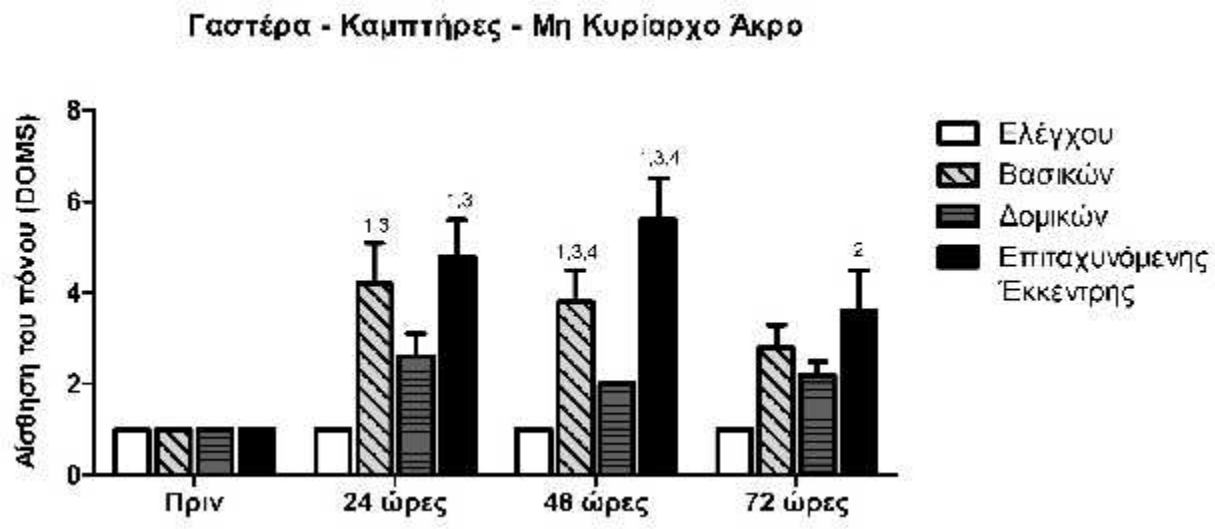


Σχήμα 10. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στη γαστέρα των καμπτήρων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου, [4]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Δομικών. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

DOMS στους καμπτήρες στο μη κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 7.51$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε

ότι η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε υψηλότερα επίπεδα μυϊκού πόνου από τη συνθήκη Ελέγχου στις 24 (4.8±0.8 vs 1.0±0.0, p=0.003, ES=3.22, CI=1.89/4.54) και 48 (5.6±0.9 vs 1.0±0.0, p=0.001, ES=3.46, CI=2.08/4.85) ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης, καθώς επίσης και από τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων στις 48 ώρες (5.6±0.9 vs 2.0±0.0, p=0.001, ES=2.71, CI=1.50/3.92). Παρομοίως, στη πειραματική συνθήκη Βασικών ασκήσεων εντοπίστηκαν υψηλότερα επίπεδα μυϊκού πόνου συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου στις 24 (4.2±0.9 vs 1.0±0.0, p=0.019, ES=2.41, CI=1.26/3.56) και 48 (3.8±0.7 vs 1.0±0.0, p=0.023, ES=2.71, CI=1.50/3.92) ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης και με τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων στις 48 ώρες (3.8±0.7 vs 2.0±0.0, p=0.023, ES=1.74, CI=0.71/2.77). Ακόμη, τόσο η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων όσο και αυτή των Βασικών ασκήσεων παρουσίασαν σημαντική αύξηση των επιπέδων μυϊκού πόνου στις 24 (**Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: +380,% p=0.003, ES=3.22, CI=1.89/4.54, **Βασικών ασκήσεων**: +320,% p=0.019, ES=2.41, CI=1.26/3.56) και 48 (**Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: +460,% p=0.001, ES=3.46, CI=2.08/4.85, **Βασικών ασκήσεων**: +280,% p=0.023, ES=2.71, CI=1.50/3.92) ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης συγκριτικά με τα αντίστοιχα επίπεδα για την κάθε συνθήκη πριν την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (**Σχήμα 11**).



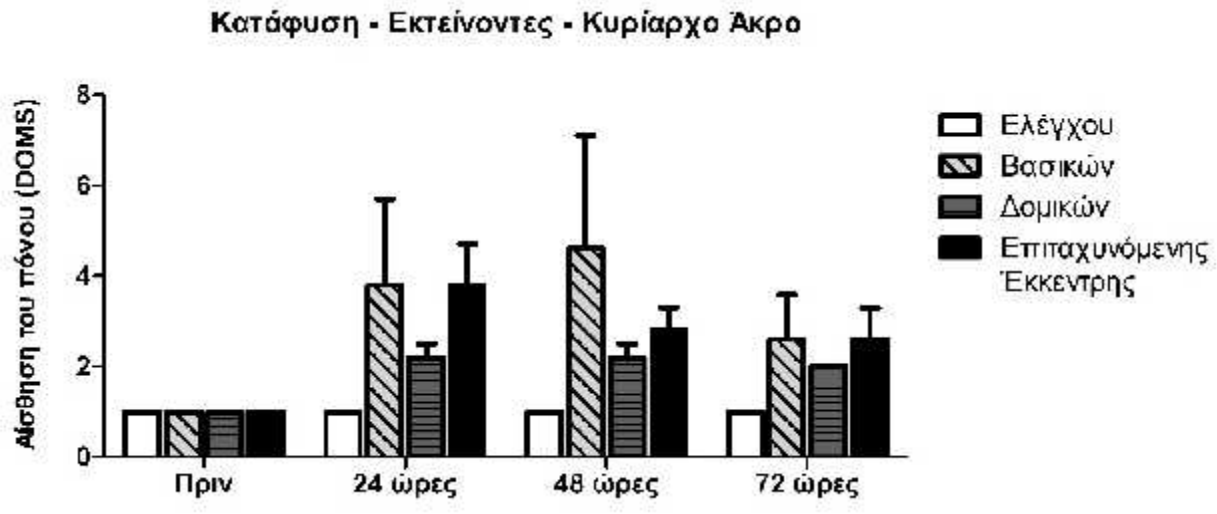
Σχήμα 11. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στη γαστέρα των καμπτήρων μυών του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν,

[2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου, [4]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Δομικών. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.5. Καθυστερημένη εμφάνιση μυϊκού πόνου (DOMS) στη κατάφυση

DOMS στους εκτείνοντες στο κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 2.62$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 4.21$, $p > 0.05$) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)} = 2.23$, $p > 0.05$) δεν ήταν σημαντικοί (**Σχήμα 12**).

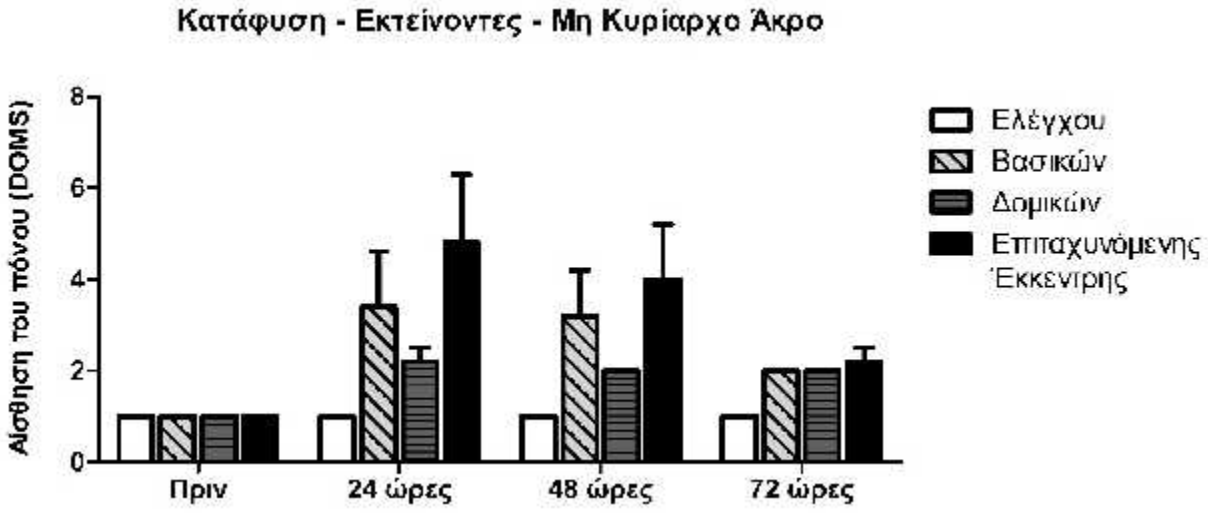


Σχήμα 12. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην κατάφυση των εκτεινόντων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου.

DOMS στους εκτείνοντες στο μη κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 4.12$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε

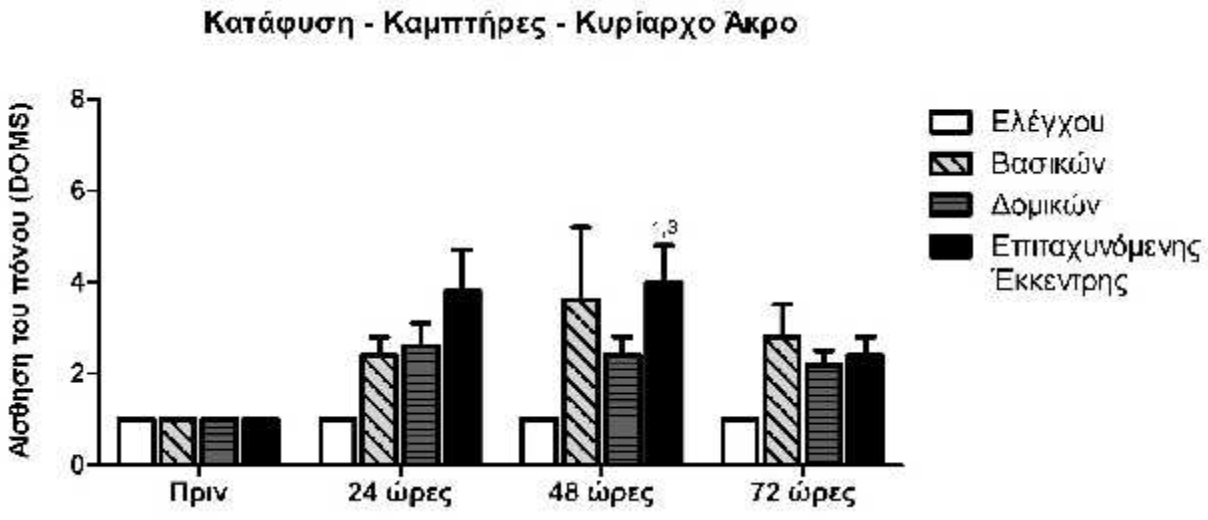
ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)}$ = 9.20 p > 0.05) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)}$ = 5.10, p > 0.05) δεν ήταν σημαντικοί (**Σχήμα 13**).



Σχήμα 13. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην κατάφυση των εκτεινόντων μυών του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου.

DOMS στους καμπτήρες στο κυρίαρχο άκρο

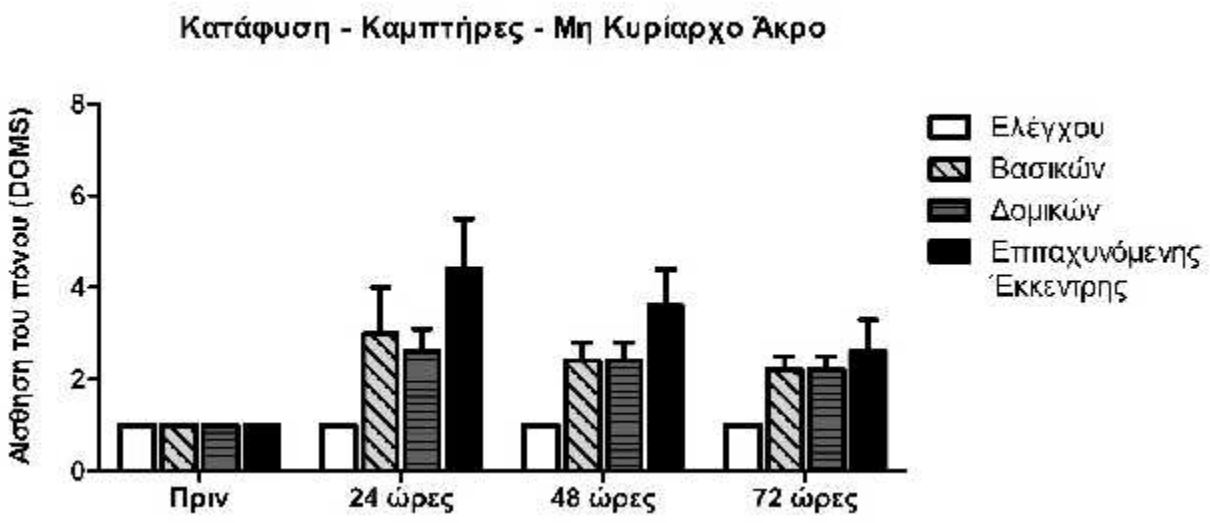
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)}$ = 2.84, p < 0.05). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε μεγαλύτερη αίσθηση του μυϊκού πόνου στην πειραματική συνθήκης Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου στις 48 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης (4.0±0.8 vs 1.0±0.0, p=0.023, ES=2.54, CI=1.36/3.72). Επιπλέον, στην ίδια χρονική στιγμή (48 ώρες μετά την άσκηση) η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε σημαντική αύξηση των επιπέδων μυϊκού πόνου συγκριτικά με τα αντίστοιχα επίπεδα πριν την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης (+300%, p=0.023, ES=2.54, CI=1.36/3.72) (**Σχήμα 14**).



Σχήμα 14. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην κατάφυση των καμπτήρων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

DOMS στους καμπτήρες στο μη κυρίαρχο άκρο

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 3.17$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 10.17$, $p > 0.05$) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)} = 5.15$, $p > 0.05$) δεν ήταν σημαντικοί (**Σχήμα 15**).

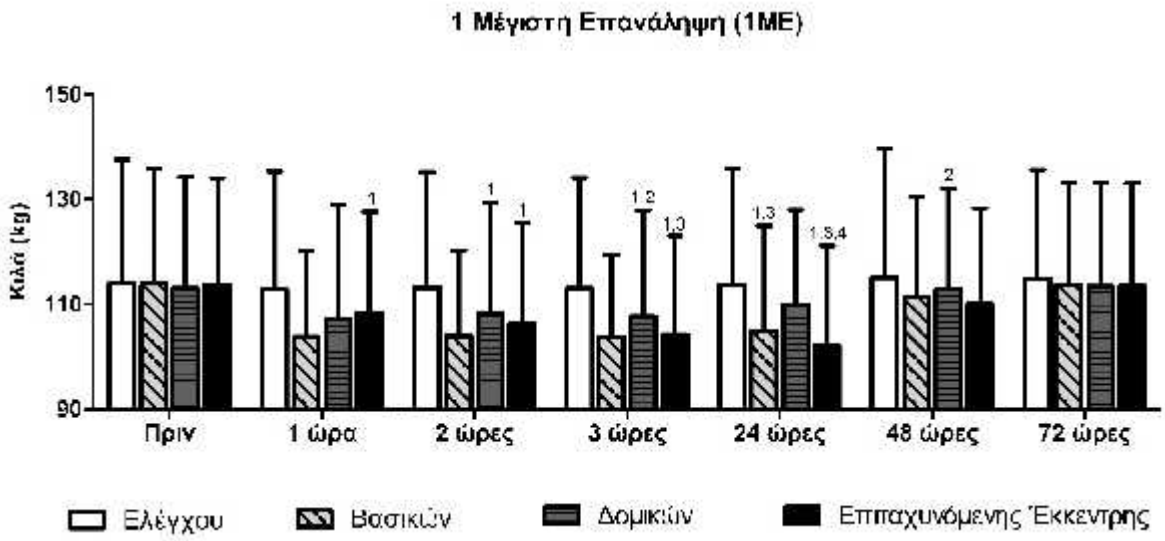


Σχήμα 15. Υποκειμενική αίσθηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) στην κατάφυση των καμπτήρων μυών του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου.

5.6. Μέγιστη δύναμη (1ΜΕ)

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(18,162)} = 4.42$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι η πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασε σημαντικά χαμηλότερη 1ΜΕ από τη συνθήκη Ελέγχου 3 ώρες (104.3±18.7 vs 113.0±21.2, p=0.005, ES=-0.42, CI=-1.30/0.47) και 24 ώρες (102.1±19.1 vs 113.8±22.0, p=0.003, ES=-0.54, CI=-1.44/0.35) μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης, καθώς επίσης και από τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων στις 24 ώρες (102.1±19.1 vs 109.9±18.1, p=0.001, ES=-0.40, CI=-1.29/0.48). Επιπρόσθετα, στις 24 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης εντοπίστηκε χαμηλότερη 1ΜΕ στη πειραματική συνθήκη Βασικών ασκήσεων συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου (104.9±20.0 vs 113.8±22.0, p=0.009, ES=-0.41, CI=-1.29/0.48). Επιπλέον, στις τρεις πειραματικές συνθήκες (Επιταχυνόμενων Έκκεντρων, Βασικών και Δομικών ασκήσεων), διαπιστώθηκε σημαντική μείωση στη 1ΜΕ μετά το πρωτόκολλο άσκησης συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές πριν την άσκηση. Συγκεκριμένα, η μείωση αυτή εντοπίστηκε στη 1 ώρα (-5%, p=0.012, ES=-0.27, CI=-1.15/0.61), 2 ώρες (-7%, p=0.005, ES=-0.36, CI=-1.25/0.52), 3 ώρες (-8%, p=0.001, ES=-0.47, CI=-1.35/0.42) και 24 ώρες (-10%, p=0.001, ES=-0.57, CI=-1.46/0.33)

μετά την άσκηση στην πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, στις 2 ώρες (-4%, p=0.005, ES=-0.22, CI=-1.10/0.65) και 3 ώρες (-5%, p=0.005, ES=-0.24, CI=-1.12/0.64) στην πειραματική συνθήκη Δομικών και στις 24 ώρες στην πειραματική συνθήκη Βασικών ασκήσεων (-8%, p=0.001, ES=-0.41, CI=-1.30/0.47) (**Σχήμα 16**).

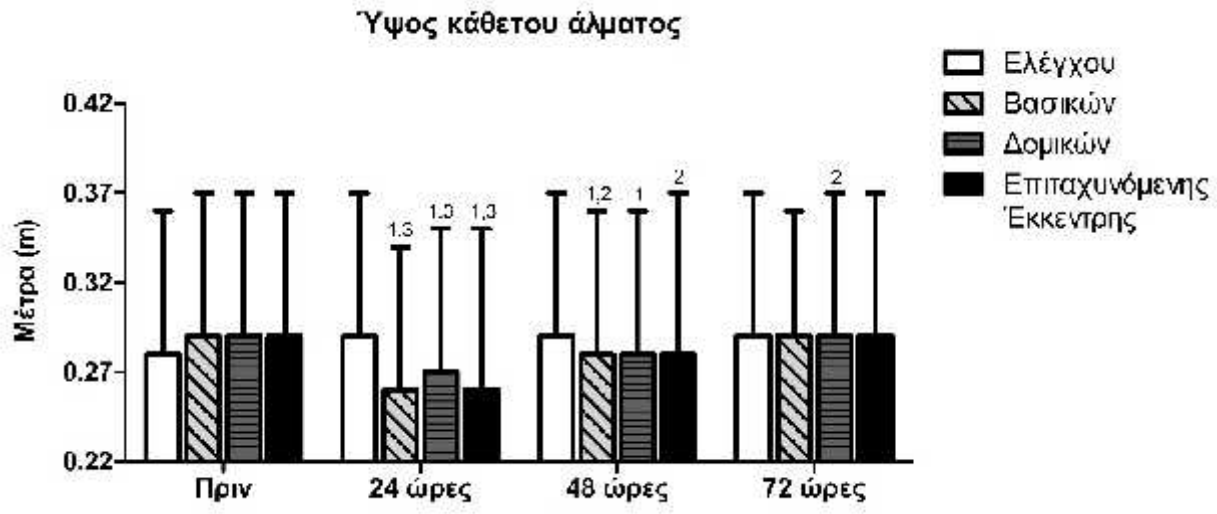


Σχήμα 16. Μία μέγιστη επανάληψη (1 ΜΕ) στην άσκηση ημικάθισμα Πριν, 1, 2, 3, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου, [4]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Δομικών. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.7. Ύψος κάθετου άλματος

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 7.90$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος στις πειραματικές συνθήκες Βασικών ασκήσεων (-10%, p=0.000, ES=-0.36, CI=-1.24/0.52), Δομικών ασκήσεων (-7%, p=0.035, ES=-0.24, CI=-1.12/0.64) και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων (-10%, p=0.016, ES=-0.34, CI=-1.22/0.55) συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου στις 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης. Επίσης, στις τρεις πειραματικές συνθήκες (Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων

ασκήσεων), διαπιστώθηκε σημαντική μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος μετά το πρωτόκολλο άσκησης συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές πριν την άσκηση. Συγκεκριμένα, η μείωση αυτή εντοπίστηκε στις 24 (**Βασικών ασκήσεων**: -10%, p=0.000, ES=-0.36, CI=-1.24/0.52, **Δομικών ασκήσεων**: -7%, p=0.001, ES=-0.24, CI=-1.12/0.64) και 48 ώρες (**Βασικών ασκήσεων**: -5%, p=0.012, ES=-0.12, CI=-1.00/0.76, **Δομικών ασκήσεων**: -5%, p=0.003, ES=-0.12, CI=-1.00/0.76) μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών και Δομικών ασκήσεων ενώ στην πειραματική συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων η μείωση αυτή εντοπίστηκε μόνος στις 24 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης (-10%, p=0.018, ES=-0.34, CI=-1.22/0.55) (**Σχήμα 17**).

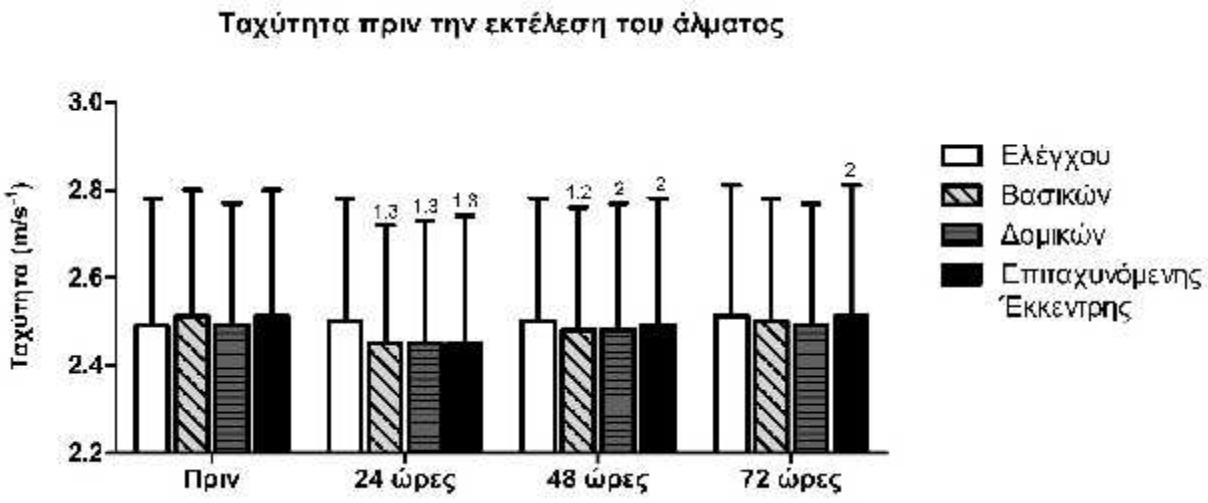


Σχήμα 17. Ύψος κάθετου άλματος στο δυναμοδάπεδο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.8. Ταχύτητα που έχει αναπτύξει ο δοκιμαζόμενος πριν την εκτέλεση του άλματος

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 8.84$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι οι πειραματικές συνθήκες Βασικών (-2%, p=0.003, ES=-0.17, CI=-1.05/0.70), Δομικών (-2%,

p=0.021, ES=-0.17, CI=-1.05/0.71) και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων (-2%, p=0.043, ES=-0.17, CI=-1.05/0.71) παρουσίασαν σημαντική μείωση στην ταχύτητα πριν την εκτέλεση του άλματος συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου στις 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης. Επιπλέον, στις 24 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης οι τρεις πειραματικές συνθήκες παρουσίασαν σημαντική μείωση στην ταχύτητα που αναπτύσσεται από τον δοκιμαζόμενο πριν την εκτέλεση του άλματος συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές πριν την άσκηση (**Βασικών ασκήσεων**: -2%, p=0.001, ES=-0.21, CI=-1.08/0.67, **Δομικών ασκήσεων**: -2%, p=0.000, ES=-0.14, CI=-1.01/0.74, **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: -2%, p=0.000, ES=-0.20, CI=-1.08/0.68) για την κάθε συνθήκη, με την πειραματική συνθήκη Βασικών ασκήσεων να παρουσιάζει στατιστικά σημαντική μείωση και στις 48 ώρες μετά την άσκηση (-1%, p=0.006, ES=-0.10, CI=-0.98/0.78) (**Σχήμα 18**).

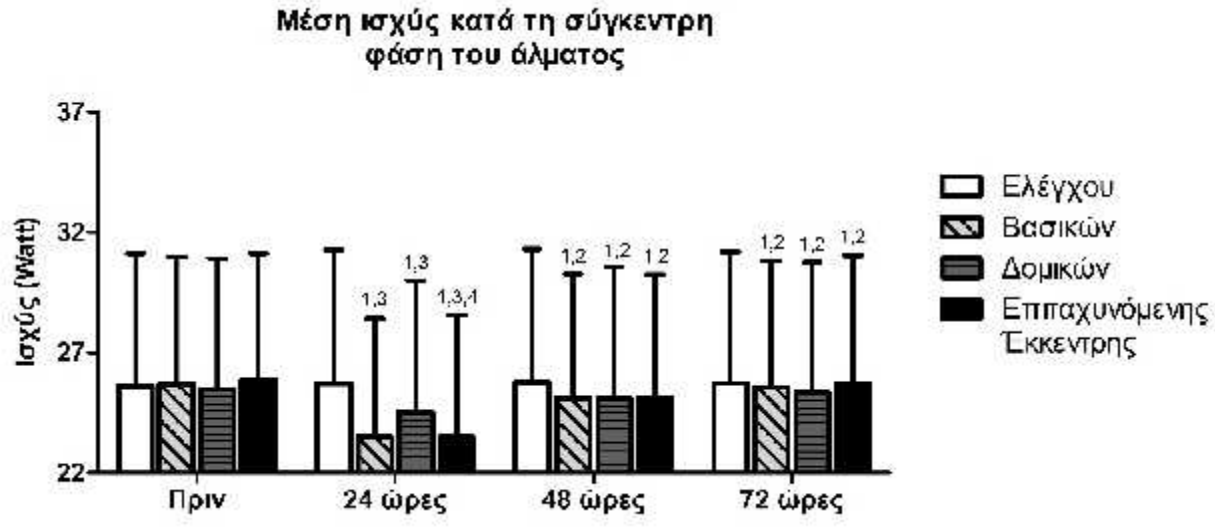


Σχήμα 18. Ταχύτητα που αναπτύσσεται από τον δοκιμαζόμενο πριν την εκτέλεση του άλματος στο δυναμοδάπεδο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.9. Μέση ισχύς κατά την σύγκεντρη φάση του άλματος

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 27.33$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε

ότι οι πειραματικές συνθήκες Βασικών ασκήσεων (-9%, p=0.001, ES=-0.40, CI=-1.29/0.48), Δομικών ασκήσεων (-5%, p=0.001, ES=-0.21, CI=-1.09/0.67) και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων (-9%, p=0.001, ES=-0.40, CI=-1.28/0.49) παρουσίασαν στατιστικά σημαντική μείωση στη μέση ισχύ κατά τη σύγκεντρη φάση του άλματος συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου στις 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης, με τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων να παρουσιάζει χαμηλότερη μέση ισχύ από τη συνθήκη Ελέγχου και στις 48 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης (-3%, p=0.000, ES=-0.11, CI=-0.99/0.76). Επιπλέον, στις 24 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης εντοπίστηκε χαμηλότερη μέση ισχύ κατά τη σύγκεντρη φάση του άλματος στη συνθήκη Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων συγκριτικά με τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων (-4%, p=0.034, ES=-0.19, CI=-1.06/0.69). Τέλος, διαπιστώθηκε ότι οι πειραματικές συνθήκες Βασικών ασκήσεων (**24 ώρες**: -8%, p=0.000, ES=-0.41, CI=-1.29/0.48, **48 ώρες**: -2%, p=0.005, ES=-0.11, CI=-0.98/0.77, **72 ώρες**: -1%, p=0.007, ES=-0.02, CI=-0.90/0.85), Δομικών ασκήσεων (**24 ώρες**: -4%, p=0.000, ES=-0.17, CI=-1.05/0.71, **48 ώρες**: -1%, p=0.000, ES=-0.07, CI=-0.94/0.81, **72 ώρες**: -1%, p=0.012, ES=-0.02, CI=-0.90/0.85) και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων (**24 ώρες**: -9%, p=0.000, ES=-0.44, CI=-1.32/0.45, **48 ώρες**: -3%, p=0.003, ES=-0.14, CI=-1.02/0.74, **72 ώρες**: -1%, p=0.019, ES=-0.02, CI=-0.90/0.85) παρουσίασαν στατιστικά σημαντική μείωση της μέσης ισχύος κατά την σύγκεντρη φάση του άλματος, σε όλες τις χρονικές στιγμές μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές πριν την άσκηση (**Σχήμα 19**).

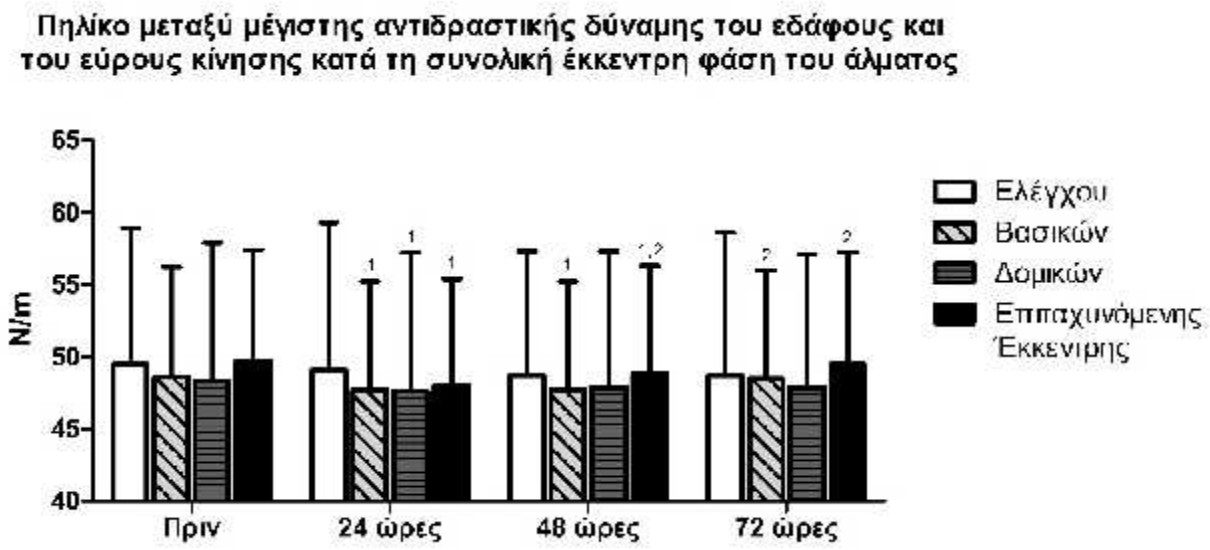


Σχήμα 19. Μέση ισχύς κατά τη σύγκεντρη φάση του άλματος στο δυναμοδάπεδο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών

και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου, [4]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.10. Πηλίκο μεταξύ μέγιστης αντιδραστικής δύναμης του εδάφους και του εύρους κίνησης κατά τη συνολική έκκεντρη φάση του άλματος

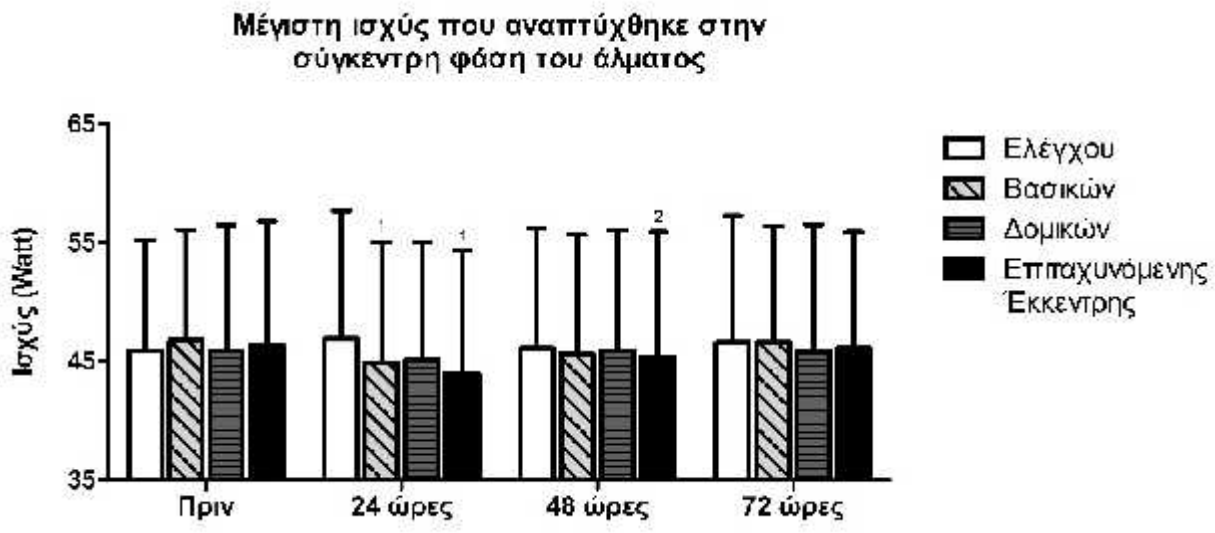
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 0.79$, $p > 0.05$). Ωστόσο, από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι μόνο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 4.11$, $p < 0.05$) ήταν στατιστικά σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι οι πειραματικές συνθήκες Βασικών ασκήσεων και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων παρουσίασαν στατιστικά σημαντική μείωση στο πηλίκο μεταξύ μέγιστης αντιδραστικής δύναμης του εδάφους και του εύρους κίνησης κατά τη συνολική έκκεντρη φάση, τόσο στις 24 ώρες (**Βασικών ασκήσεων**: -2%, p=0.009, ES=-0.11, CI=-0.99/0.76, **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: -3%, p=0.000, ES=-0.22, CI=-1.09/0.66) όσο και στις 48 ώρες (**Βασικών ασκήσεων**: -2%, p=0.005, ES=-0.11, CI=-0.99/0.76, **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων**: -2%, p=0.011, ES=-0.11, CI=-0.99/0.76) μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης, ενώ η πειραματική συνθήκη Δομικών μόνο στις 24 ώρες (-2%, p=0.026, ES=-0.07, CI=-0.95/0.81), συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές για κάθε συνθήκη πριν την άσκηση (**Σχήμα 20**).



Σχήμα 20. Το πηλίκο μεταξύ μέγιστης αντιδραστικής δύναμης του εδάφους και του εύρους κίνησης κατά τη συνολική έκκεντρη φάση του άλματος στο δυναμοδάπεδο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.11. Μέγιστη ισχύς που αναπτύχθηκε στην σύγκεντρη φάση του άλματος

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 4.12$, $p < 0.01$). Από την εφαρμογή του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών σε καμία χρονική στιγμή. Ωστόσο, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στη μέγιστη ισχύ κατά την σύγκεντρη φάση του άλματος στις 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών (-4%, p=0.047, ES=-0.19, CI=-1.07/0.69) και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων (-5%, p=0.001, ES=-0.22, CI=-1.10/0.66), συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές πριν την άσκηση για την κάθε συνθήκη (**Σχήμα 21**).

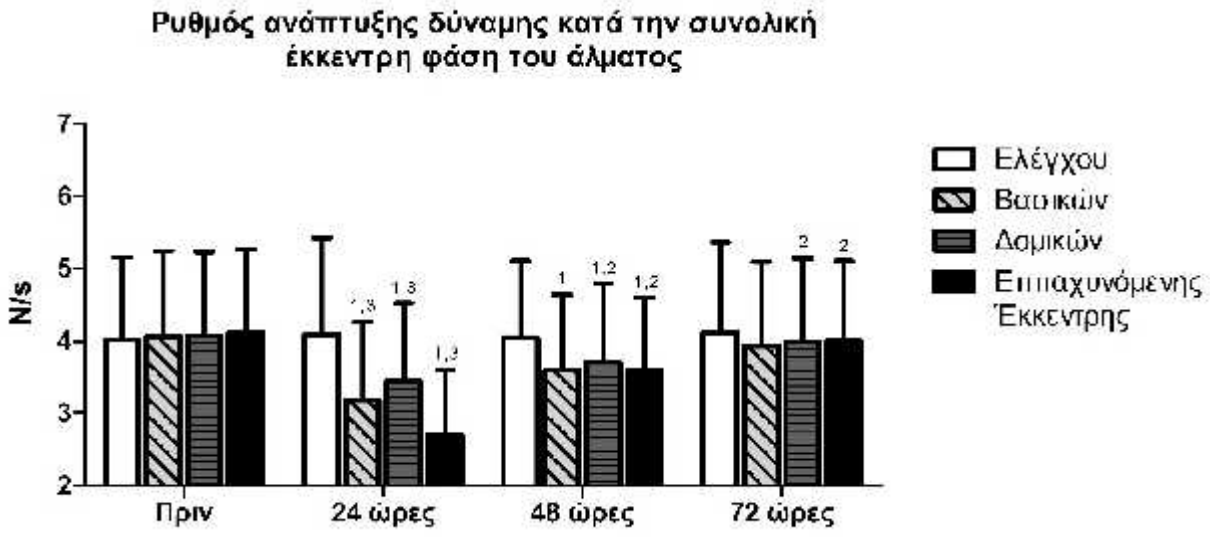


Σχήμα 21. Μέγιστη ισχύς που αναπτύχθηκε στην σύγκεντρη φάση του άλματος στο δυναμοδάπεδο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.12. Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης κατά την συνολική έκκεντρη φάση του άλματος

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες οπού και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 10.42$, $p < 0.01$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι, συγκριτικά με τη συνθήκη Ελέγχου, οι πειραματικές συνθήκες Βασικών (-22%, p=0.001, ES=-0.72, CI=-1.62/0.19), Δομικών (-16%, p=0.011, ES=-0.51, CI=-1.40/0.38) και Επιταχυνόμενης Έκκεντρης (-34%, p=0.014, ES=-1.17, CI=-2.12/-0.22) παρουσίασαν σημαντική μείωση στο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης κατά την συνολική έκκεντρη φάση του άλματος στις 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης. Επίσης, οι τρεις πειραματικές συνθήκες παρουσίασαν σημαντική μείωση στο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης κατά την συνολική έκκεντρη φάση του άλματος στις 24 (**Βασικών ασκήσεων**: -22%, p=0.001, ES=-0.75, CI=-1.65/0.16, **Δομικών ασκήσεων**: -16%, p=0.000, ES=-0.54, CI=-1.43/0.35, **Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων:** -34%, p=0.010, ES=-1.31, CI=-2.27/-0.34) και 48 (**Βασικών ασκήσεων**: -11%, p=0.025, ES=-0.40, CI=-1.28/0.49, **Δομικών ασκήσεων**: -9%, p=0.000, ES=-0.31, CI=-1.20/0.57, **Επιταχυνόμενης Έκκεντρης**: -13%, p=0.006, ES=-0.46,

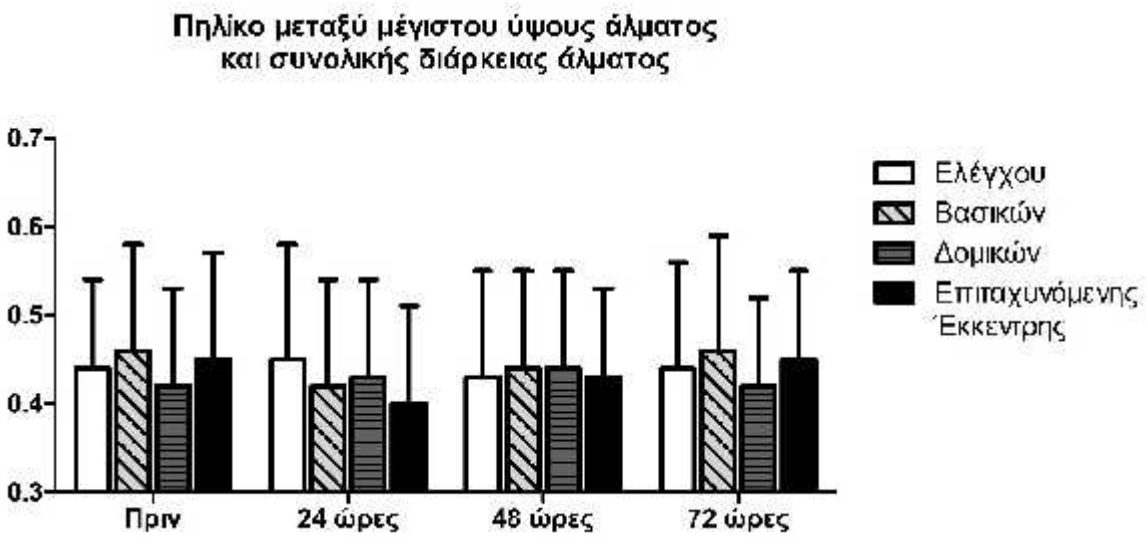
CI=-1.35/0.43) ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές πριν την άσκηση για την κάθε συνθήκη (**Σχήμα 22**).



Σχήμα 22. Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης κατά την συνολική έκκεντρη φάση του άλματος στο δυναμοδάπεδο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενης Έκκεντρης, και στη συνθήκη Ελέγχου. [1]Σημαντική διαφορά με Πριν, [2]Σημαντική διαφορά με την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή, [3]Σημαντική διαφορά με τη συνθήκη Ελέγχου. Επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.

5.13. Πηλίκο μεταξύ μέγιστου ύψους άλματος και συνολικής διάρκειας του άλματος

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(9,81)} = 2.36$, $p > 0.05$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι τόσο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(3,27)} = 2.29$, $p > 0.05$) όσο και ο παράγοντας συνθήκη ($F_{(3,27)} = 0.43$, $p > 0.05$) δεν ήταν σημαντικοί (**Σχήμα 23**).



Σχήμα 23. Πηλίκο μεταξύ μέγιστου ύψους άλματος και συνολικής διάρκειας του άλματος στο δυναμοδάπεδο Πριν, 24, 48 και 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις πειραματικές συνθήκες Βασικών, Δομικών και Επιταχυνόμενης Έκκεντρης, και στη συνθήκη Ελέγχου.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε για πρώτη φορά η επίδραση της προπόνησης ισχύος σε δείκτες απόδοσης, ασκησιογενή μυϊκού τραυματισμού και νευρομυϊκής κόπωσης. Σημαντική καινοτομία της μελέτης αποτελεί το γεγονός ότι η επίδραση αυτή συγκρίθηκε άμεσα μεταξύ τριών διαφορετικών πρωτοκόλλων προπόνησης ισχύος: βασικές ασκήσεις, (β) δομικές ασκήσεις και ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης φόρτισης, και μιας συνθήκης ελέγχου (δεν πραγματοποιήθηκε άσκηση). Από τα αποτελέσματα της μελέτης, συμπεραίνεται ότι: (**i**) η προπόνηση ισχύος (μια προπονητική μονάδα) επιφέρει μείωση στη μέγιστη δύναμη κάτω άκρων και στην αλτική ικανότητα για 24 και 48 ώρες, αντίστοιχα, με το πρωτόκολλο επιταχυνόμενης έκκεντρης να προκαλεί μεγαλύτερη μείωση της μέγιστης δύναμης (-10%) συγκριτικά με τα άλλα δυο πρωτόκολλα (Βασικών: -8%, Δομικών: -3%), (**ii**) τα πρωτόκολλα προπόνησης ισχύος με βασικές και ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση τόσο στα επίπεδα καθυστερημένου μυϊκού πόνου (για 48 ώρες) όσο και στη συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης στο αίμα (έως και 72 ώρες μετά), (**iii**) η νευρομυϊκή κόπωση αυξάνεται σημαντικά τις πρώτες 3 ώρες μετά από προπόνηση ισχύος, χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του πρωτοκόλλου άσκησης που εφαρμόζεται.

Στη μελέτη έλαβαν μέρος συνολικά τέσσερις άνδρες και έξι γυναίκες, με προπονητική εμπειρία τουλάχιστον ενός έτους στην προπόνηση με αντιστάσεις και πιο συγκεκριμένα στην προπόνηση με ελευθέρα βάρη. Ο μέσος όρος των συμμετεχόντων στη 1ΜΕ στο κάθισμα 90^{o} ήταν 103 κιλά (kg). Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος των ανδρών στη 1ΜΕ ήταν 118.5 κιλά, επίδοση αντίστοιχη με αυτή που έχει παρατηρηθεί στη βιβλιογραφία σε άνδρες που συμμετέχουν τακτικά σε προπόνηση με αντιστάσεις για ≥ 6 μήνες (Ammar 2016; Brigatto 2022; Hummer 2019). Οι γυναίκες που έλαβαν μέρος στην παρούσα μελέτη παρουσίασαν, κατά μέσο όρο, 91 κιλά ως 1ΜΕ στο κάθισμα 90^{o}. Η επίδοση αυτή είναι υψηλότερη από αυτή που παρατηρήθηκε σε προηγούμενη μελέτη με γυναίκες παίκτριες του λακρός (Lacrosse) (Enemark-Miller 2009) καθώς και από την αντίστοιχη επίδοση που καταγράφηκε σε γυναίκες με τουλάχιστον ένα χρόνο προπονητικής εμπειρίας στην προπόνηση με αντιστάσεις (Vigotsky 2019). Όσον αφορά την καρδιοαναπνευστική ικανότητα, ο μέσος όρος των συμμετεχόντων στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ήταν 46.3 ml/kg/min. Ειδικότερα, ο μέσος ορός των ανδρών ήταν 50.5 ml/kg/min και των γυναικών 43.5 ml/kg/min, ενώ η μέγιστη καρδιακή τους συχνότητα ήταν 197 και 187 παλμοί/λεπτό, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τις νόρμες της Αμερικάνικης Αθλιατρικής Εταιρίας για το κάθε φύλο και ηλικιακή κατηγορία, η καρδιοαναπνευστική ικανότητά των ανδρών που

συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη χαρακτηρίζεται ως "Καλή" και τους κατατάσσει στο ανώτερο 60% των ανδρών αντίστοιχης ηλικίας (Medicine 2013). Όσον αφορά τις γυναίκες που συμμετείχαν στη μελέτη, η καρδιοαναπνευστική τους ικανότητά χαρακτηρίζεται επίσης ως "Καλή" και κατατάσσονται στο ανώτερο 70% των γυναικών αντίστοιχης ηλικίας (Medicine 2013). Επιπλέον, παρόμοιες τιμές $VO2_{max}$ με αυτές των ανδρών που συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη καταγράφηκαν και στη μελέτη του Petré και των συνεργατών του, όπου οι άνδρες που έλαβαν μέρος είχαν προπονητική εμπειρία τουλάχιστον 5 χρονών στην προπόνηση με αντιστάσεις (Petré 2018). Η καρδιοαναπνευστική ικανότητα τω γυναικών στην παρούσα μελέτη, φαίνεται πως είναι καλύτερη συγκριτικά με αυτή γυναικών που έλαβαν μέρος σε προηγούμενες μελέτες (Shete 2014; Zwiren 1991).

Στις τρεις πειραματικές συνθήκες της παρούσας μελέτης (Βασικών Δομικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων), τα πρωτόκολλα προπόνησης αποτελούνταν από τέσσερις ασκήσεις οπού σε κάθε άσκηση πραγματοποιήθηκαν 4 σετ των 5 επαναλήψεων με χρονικό διάστημα ανάληψης 3 λεπτά, σύμφωνα με τις οδηγίες της Αμερικάνικης Αθλιατρικής Εταιρίας (ACSM) αλλά και δημοσιευμένες ερευνητικές μελέτες (2009; Beato 2018). Όσον αφορά την εξωτερική επιβάρυνση (αντίσταση), στο πρωτόκολλο των επιταχυνόμενων έκκεντρων ασκήσεων η έκκεντρη φάση της άσκησης εκτελούνταν με επιπλέον αντίσταση ίση με το 30% του σωματικού βάρους ακολουθούμενη από την απελευθέρωση του βάρους και μια εκρηκτική και επιταχυνόμενη εκτέλεση κατά την σύγκεντρη φάση, όπως έχει περιγραφεί σε προηγούμενες μελέτες (Walker 2016; Walker 2020). Στα πρωτόκολλα προπόνησης με βασικές και δομικές ασκήσεις, η επιβάρυνση ορίστηκε στο 60% της μιας μέγιστης επανάληψης, σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη η οποία εφάρμοσε προπόνηση ισχύος με αντίστοιχες ασκήσεις σε ποδοσφαιριστές (Chatzinikolaou 2018). Αναφορικά με το ασκησιολόγιο που χρησιμοποιήθηκε, στη συνθήκη Δομικών συμπεριλήφθηκαν ασκήσεις όπως το αρασέ, το επολέ, το ζετέ και το ζετέ με προβολή του ενός ποδιού, καθότι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι συγκεκριμένες ολυμπιακού τύπου άρσεις είναι αυτές που εφαρμόζονται κατά κύριο λόγο στην προπόνηση με στόχο την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος (Chatzinikolaou 2018) (Czaplicki 2019) (Hermassi 2019). Μάλιστα, τόσο η προπόνηση με την χρήση ολυμπιακών άρσεων (Ebben 2005) (Cormie 2011; Hermassi 2019) (Cormie 2011) (Chatzinikolaou 2018) όσο και αυτή με χρήση επιταχυνόμενων έκκεντρων ασκήσεων (di Cagno 2020) (Douglas 2018), χρησιμοποιούνται ευρέος για την ανάπτυξη την μυϊκής ισχύος και ιδιαίτερα στα ομαδικά αγωνίσματα. Αντίστοιχα, στη Συνθήκη Βασικών επιλέχθηκαν ασκήσεις όπως το καθίσματα (90^o), οι άρσεις θανάτου, οι προβολές και τα ανεβάσματα σε κουτί, διότι είναι ασκήσεις

που εφαρμόζονται στην προπόνηση ισχύος και έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλουν επιτυχημένα στην βελτίωσή της (Cormie 2011; Hawkins 2009)

Τα πρωτόκολλα προπόνηση ισχύος που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη προκάλεσαν σε σημαντικό βαθμό τη συμμετοχή του γλυκολυτικού συστήματος στην παραγωγή ενέργειας, καθότι η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος μετά την άσκηση παρουσίασε σημαντική αύξηση συγκριτικά τόσο με τις αντίστοιχες τιμές ηρεμίας για την κάθε συνθήκη όσο και με τις τιμές της συνθήκης Ελέγχου. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές του γαλακτικού οξέος μετά το τέλος του πρωτοκόλλου άσκησης στις τρεις πειραματικές συνθήκες ήταν αυξημένες κατά 2 έως 3 φορές συγκριτικά με τις τιμές πριν την άσκηση [Επιταχυνόμενης Έκκεντρης: 4,6 mmol (± 2.3), Δομικών: 3.9 mmol (± 1.2), Βασικών: 3.6 mmol (± 1.6)], αλλά και με τις αντίστοιχες τιμές στη συνθήκη Ελέγχου, όπου παρέμειναν αμετάβλητες. Παρόμοια αύξηση στα επίπεδα γαλακτικού οξέος στο αίμα παρατηρήθηκαν και στην μελέτη του Martorelli και των συνεργατών του, οι οποίοι εξέτασαν την μεταβολή στη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος έπειτα από ένα πρωτόκολλό μυϊκής ισχύος με καθίσματα και την εφαρμογή διαλλείματος αντίστοιχης χρονικής διάρκειας (3 λεπτά) (Martorelli 2015). Συνεπώς, συμπεραίνεται ότι κατά τη διάρκεια μιας προπονητική μονάδα με πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος υπάρχει αυξημένη συμμετοχή του γλυκολυτικού συστήματος στην παραγωγή ενέργειας, χωρίς ωστόσο να προκαλούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις από το είδος των ασκήσεων που εφαρμόζονται.

Επιπλέον, τα προπονητικά πρωτόκολλα και στις τρεις πειραματικές συνθήκες προκάλεσαν νευρομυϊκή κόπωση στις πρώτες 3 ώρες μετά την άσκηση, όπως προκύπτει από τη σημαντική μείωση της 1ΜΕ στο κάθισμα 90^{o} 1, 2 και 3 ώρες μετά την ολοκλήρωση των πρωτοκόλλων, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών. Η αξιολόγηση της μέγιστης εκούσιας δύναμης και της ικανότητας παραγωγής ισχύος αποτελούν δυο βασικά κριτήρια για τον έλεγχο της νευρομυϊκής κόπωσης, βραχυπρόθεσμα μετά από άσκηση (Vøllestad 1997). Πράγματι, έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία ότι η εκτέλεση είτε υψηλής έντασης προπόνησης δύναμης είτε πλειομετρικής προπόνησης, διεγείρει τους μηχανισμούς που διέπουν τόσο την περιφερική όσο και την κεντρική κόπωση προκαλώντας βραχυπρόθεσμη μείωση στη μέγιστη δύναμη και στην αλτική ικανότητα (Ahtiainen 2003; Cadore 2013). Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε μείωση της 1ΜΕ κατά 9% από 1 έως 3 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης στη συνθήκη Βασικών, η οποία αν και δεν εντοπίστηκε ως στατιστικά σημαντική, από φυσιολογικής πλευράς θεωρείται σημαντική και αξίζει να αναφερθεί. Επίσης στο ίδιο χρονικό διάστημα (1-3 ώρες μετά το πρωτόκολλο άσκησης) καταγράφηκε σημαντική μείωση της 1ΜΕ τόσο στη συνθήκη Δομικών όσο και στη συνθήκη

Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων κατά 4-5% και 5-8%, αντίστοιχα. Ανάλογα ήταν και τα ευρήματα στη μελέτη του Raeder και των συνεργατών του (Raeder 2016), οπού η απόδοση στο άλμα με υποχωρητική φάση (Counter Movement Jump) και στο τεστ πολλαπλών συνεχόμενων αλμάτων (Multiple Rebound Test), εμφανίστηκε μειωμένη κατά 13% στα πρώτα 30 λεπτά μετά την εκτέλεση 4 σετ των 6 επαναλήψεων στην άσκηση ημικάθισμα με μπάρα, με ένταση που αντιστοιχούσε στο 85% της 1ΜΕ. Οι ερευνητές απέδωσαν την επιδείνωση της απόδοσης στην νευρομυϊκή κόπωση που προκλήθηκε από το πρωτόκολλο άσκησης, ως αποτέλεσμα περιφερικής και κεντρικής κόπωσης (Raeder 2016). Παρομοίως, σημαντική μείωση της απόδοσης στο άλμα από κάθισμα και στο άλμα με υποχωρητική φάση, παρατηρήθηκε, ως αποτέλεσμα νευρομυϊκής κόπωσης, στη 1 ώρα μετά από πρωτόκολλα με επιταχυνόμενες έκκεντρες πτώσης από κουτί ύψους 52 εκ. και επιβάρυνση ίση με το 20% του σωματικού βάρους κατά την έκκεντρη φάση (Bridgeman 2017). Συνεπώς, από τα παραπάνω φαίνεται ότι μια προπονητική μονάδα ισχύος, ανεξάρτητα από το ασκησιολόγιο που εφαρμόζεται (βασικές, δομικές ή επιταχυνόμενες έκκεντρες ασκήσεις), προκαλεί νευρομυϊκή κόπωση η οποία διαρκεί για τουλάχιστον 3 ώρες, και αποτυπώνεται ως μειωμένη ικανότητα παραγωγής δύναμης και ισχύος.

Η ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης (1ΜΕ στο κάθισμα 90^{o}) παρέμεινε σημαντικά μειωμένη και στις 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου άσκησης στις συνθήκες Βασικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, κατά 8% και 10% αντίστοιχα, ενώ στη συνθήκη Δομικών είχε σχεδόν επανέλθει στα αρχικά επίπεδα (μειωμένη κατά -3%). Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι οι δύο αυτές συνθήκες (Βασικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων) προκάλεσαν εντονότερο ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, όπως προκύπτει από τη μεγαλύτερη αύξηση στα επίπεδα μυϊκού πόνου (DOMS) αλλά και την υψηλότερη συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης στο αίμα. Είναι τεκμηριωμένο ότι μετά από πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού η ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης μειώνεται σημαντικά αμέσως μετά την άσκηση και για τις επόμενες 24-72 ώρες (Chatzinikolaou 2014; Draganidis 2015; Draganidis 2013; Tzatzakis 2019), ενώ μπορεί να παραμείνει μειωμένη έως και 7 ημέρες μετά από πρωτόκολλα άσκησης τα οποία προκαλούν εκτεταμένη μυϊκή βλάβη (Michailidis 2013). Βασικοί μηχανισμοί που οδηγούν στην απώλεια μυϊκής δύναμης μετά από ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό φαίνεται πως είναι η διατάραξη της ικανότητας σύζευξης, διέγερσης-συστολής του τραυματισμένου μυ (Warren 1993) καθώς και η μείωση του αριθμού συνδέσεων ακτίνης-μυοσίνης (Saxton and Donnelly 1995). Στην παρούσα μελέτη, καταγράφηκε αύξηση των επιπέδων DOMS κατά 3 έως 5 φορές (με βάση την 10-βάθμια κλίμακα) στις 24 και 48 ώρες μετά την

εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης στις συνθήκες Βασικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, με την μεγαλύτερη ένταση του πόνου να εστιάζεται στη γαστέρα των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος. Αντίθετα, στη συνθήκη Δομικών ασκήσεων καταγράφηκαν ήπιες αυξήσεις (έως και 2 φορές με βάση την 10-βάθμια κλίμακα) στα επίπεδα DOMS κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, χωρίς ωστόσο να είναι στατιστικά σημαντικές. Αντίστοιχα, μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε και στη συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης για τις συνθήκες Βασικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων συγκριτικά με τη συνθήκη Δομικών ασκήσεων. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης αυξήθηκε κατά 120%-180% και 78%-112% στις 24 και 48 ώρες, αντίστοιχα, στις συνθήκες Βασικών και Επιταχυνόμενων Έκκεντρων ασκήσεων, έναντι αύξησης κατά 77% στις 24 ώρες και 37% στις 48 ώρες, στη συνθήκη Δομικών. Παρομοίως, σημαντική αύξηση των επιπέδων DOMS και της συγκέντρωσης κρεατινικής κινάσης στο αίμα, σε συνδυασμό με σημαντική μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης έχουν αναφερθεί μετά από την εφαρμογή δυο πρωτοκόλλων επιταχυνόμενης έκκεντρης άσκησης με διαφορετικό αριθμό αλμάτων (30 vs 50 επαναλήψεις) αλλά την ίδια εξωτερική επιβάρυνση κατά την πτώση (με το 20% ΣΒ) (Bridgeman 2017), αλλά και μετά από πρωτόκολλο άσκησης το οποίο περιελάβανε βασικές ασκήσεις δύναμης όπως κάθισμα, πιέσεις ποδιών σε μηχάνημα, εκτάσεις γονάτων, προβολές, κάμψεις γονάτων με δυο πόδια και με ένα πόδι και άρσεις θανάτου (Vincent and Vincent 1997). Επιπλέον, σε αντίθεση με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, οι Ammar και συνεργάτες (Ammar 2016) παρατήρησαν σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης αμέσως μετά αλλά και στις 48 ώρες μετά από την εφαρμογή πρωτοκόλλου άσκησης με ολυμπιακού τύπου άρσεις (αρασέ, επολέ ζετέ, κάθισμα) αντίστοιχες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη συνθήκη Δομικών της δικής μας μελέτης. Ωστόσο, η διαφορετική μεταβολή στη συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης μεταξύ των δυο αυτών μελετών ενδεχομένως να οφείλετε στο γεγονός ότι στη μελέτη των Ammar και συνεργατών (Ammar 2016) η επιβάρυνση που χρησιμοποιήθηκε ήταν ίση με το 85% - 90% της 1ΜΕ έναντι 60% (της 1ΜΕ) που εφαρμόστηκε στην παρούσα μελέτη.

Πέραν της σημαντικής μείωσης που επιφέρει στη μέγιστη δύναμη, η πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού επηρεάζει αρνητικά και την ικανότητα παραγωγής ισχύος, η οποία μπορεί να παραμείνει μειωμένη μέχρι και 72 ώρες μετά από πρωτόκολλα άσκησης που προκαλούν έντονη μυϊκή βλάβη (Twist and Eston 2005). Αντίστοιχα, τα τρία προπονητικά πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη οδήγησαν σε μείωση των δεικτών απόδοσης του άλματος με υποχωρητική φάση στο δυναμοδάπεδο για 24-48 ώρες. Το ύψος του κάθετου άλματος παρουσίασε σημαντική μείωση στις

24 ώρες (από 6% έως 10%) και 48 ώρες (3%) μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης με τις τιμές να επανέρχονται στις 72 σε όλες τις πειραματικές συνθήκες. Παρομοίως, στη μελέτη του Raeder και των συνεργατών (Raeder 2016), το ύψος του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση μειώθηκε σημαντικά τόσο στα πρώτα 30 λεπτά όσο και στις 48 ώρες μετά από διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης που είχαν ως βάση το κάθισμα [κλασσική εκτέλεση καθισμάτων, (β) εκτέλεση καθισμάτων μέχρι την εξάντληση, εκτέλεση καθισμάτων με έμφαση στην έκκεντρη φάση, (δ) καθίσματα yo-yo (yo-yo squats), πλειομετρικά άλματα από κουτί 60cm]. Σημαντικές μειώσεις στο ύψος του κάθετου άλματος έχουν παρατηρηθεί και μετά από προπονητικά πρωτόκολλα που δεν περιλαμβάναν προπόνηση δύναμης όπως για παράδειγμα προπόνηση με αγωνιστικά τετράγωνα (Papanikolaou 2021) καθώς και προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα (Tzatzakis 2019) σε ποδοσφαιριστές, όπου η απόδοση στο κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση μειώθηκε σημαντικά τις πρώτες 24 ώρες της αποκατάστασης και επανήλθε στις 48 ώρες. Βέβαια, θα πρέπει να σημειωθεί ότι και στις δυο αυτές μελέτες το ύψος του καθέτου άλματος είχε υπολογιστεί από τον χρόνο πτήσης, σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη οπού υπολογίστηκε από την ταχύτητα απογείωσης που έχει ο δοκιμαζόμενος την χρονική στιγμή που εγκατέλειπε το δυναμοδάπεδο. Παράλληλα με τη μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε μείωση στη μέγιστη ταχύτητα που είχε αναπτύξει ο δοκιμαζόμενος πριν την εκτέλεση του άλματος (κατά 3% στις 24 ώρες), στη μέση (κατά 4-9% στις 24 ώρες) και μέγιστη ισχύ (κατά 4-5% 24 ώρες) κατά τη σύγκεντρη φάση, στο λόγο της μέγιστης αντιδραστικής δύναμης του εδάφους προς το εύρους κίνησης κατά τη συνολική έκκεντρη φάση του άλματος (κατά 2-3% στις 24 ώρες) καθώς και στο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης κατά τη συνολική έκκεντρη φάση (κατά 16-34% στις 24 ώρες και κατά 9-13% στις 48 ώρες). Αν και η εξέταση των δεικτών αυτών μετά από πρωτόκολλα άσκησης που προκαλούν μυϊκό τραυματισμό είναι ελλείπεις στη βιβλιογραφία, η παρούσα μελέτη παρουσιάζει ισχυρές ενδείξεις ότι ικανότητα παραγωγής ισχύος γενικότερα αλλά και η αλτική ικανότητα ειδικότερα, επηρεάζονται αρνητικά από την προπόνηση ισχύος (μία προπονητική μονάδα), ως αποτέλεσα της πρόκλησης ασκησιογενή μυϊκού τραυματισμού για 24-48 ώρες.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν ότι μια προπονητική μονάδα ισχύος προκαλεί νευρομυϊκή κόπωση που διαρκεί για τουλάχιστον 3 ώρες μετά το τέλος της προπονητικής μονάδας. Επιπλέον, προκαλεί μυϊκό τραυματισμό που διαρκεί 1-2 ημέρες και συνοδεύεται από μείωσης της ικανότητας παραγωγής δύναμης και ισχύος. Η προπόνησης ισχύος με βασικές ασκήσεις και ασκήσεις επιταχυνόμενης έκκεντρης φαίνεται ότι επιφέρουν μεγαλύτερη νευρομυϊκή κόπωση και ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό συγκριτικά με την εφαρμογή δομικών ασκήσεων. Συνεπώς, στον σχεδιασμό του αγωνιστικού μικρόκυκλου οι προπονητές θα πρέπει μεσολαβεί χρονικό διάστημα 24-48 ώρες μεταξύ μιας προπονητικής μονάδας ισχύος και επόμενης προπονητικής μονάδας που θα έχει ως στόχο την προπόνηση δύναμης ή ισχύος των αθλητών.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults, Med Sci Sports Exerc, (2009),41;687-708.

Aboodarda, S.J., Byrne, J.M., Samson, M., Wilson, B.D., Mokhtar, A.H., Behm, D.G., Does performing drop jumps with additional eccentric loading improve jump performance?, Journal of strength and conditioning research, (2014),28;2314-2323.

Aboodarda, S.J., Yusof, A., Abu Osman, N.A., Thompson, M.W., Mokhtar, A.H., Enhanced performance with elastic resistance during the eccentric phase of a countermovement jump, Int J Sports Physiol Perform, (2013),8;181-187.

Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Häkkinen, K., Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises, International journal of sports medicine, (2003),24;410-418.

Allman, B.L., Rice, C.L., Neuromuscular fatigue and aging: central and peripheral factors, Muscle & nerve, (2002),25;785-796.

Ammar, A., Chtourou, H., Hammouda, O., Turki, M., Ayedi, F., Kallel, C., AbdelKarim, O., Hoekelmann, A., Souissi, N., Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weightlifting training session: effect of time-of-day, Physiol Int, (2016),103;243-261.

Armstrong, R.B., Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review, Med Sci Sports Exerc, (1984),16;529-538.

Baird, M.F., Graham, S.M., Baker, J.S., Bickerstaff, G.F., Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery, J Nutr Metab, (2012),2012;960363.

Baker, D., A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players, Journal of strength and conditioning research, (2001),15;198-209.

Baker, D., Nance, S., Moore, M., The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes, Journal of strength and conditioning research, (2001),15;20-24.

Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., Drust, B., Effects of Plyometric and Directional Training on Speed and Jump Performance in Elite Youth Soccer Players, Journal of strength and conditioning research, (2018),32;289-296.

Bigland-Ritchie, B., Rice, C.L., Garland, S.J., Walsh, M.L., Task-dependent factors in fatigue of human voluntary contractions, Advances in experimental medicine and biology, (1995),384;361-380.

Bompa, T.O., Buzzichelli, C., Periodization-: theory and methodology of training, Human kinetics.

Boyas, S., Guével, A., Neuromuscular fatigue in healthy muscle: underlying factors and adaptation mechanisms, Annals of physical and rehabilitation medicine, (2011),54;88-108.

Bridgeman, L.A., Gill, N.D., Dulson, D.K., McGuigan, M.R., The Effect of Exercise-Induced Muscle Damage After a Bout of Accentuated Eccentric Load Drop Jumps and the Repeated Bout Effect, Journal of strength and conditioning research, (2017),31;386-394.

Bridgeman, L.A., McGuigan, M.R., Gill, N.D., Dulson, D.K., The Effects of Accentuated Eccentric Loading on the Drop Jump Exercise and the Subsequent Postactivation Potentiation Response, Journal of strength and conditioning research, (2017),31;1620-1626.

Brigatto, F.A., Lima, L.E.M., Germano, M.D., Aoki, M.S., Braz, T.V., Lopes, C.R., High Resistance-Training Volume Enhances Muscle Thickness in Resistance-Trained Men, Journal of strength and conditioning research, (2022),36;22-30.

Cadore, E.L., Pinheiro, E., Izquierdo, M., Correa, C.S., Radaelli, R., Martins, J.B., Lhullier, F.L., Laitano, O., Cardoso, M., Pinto, R.S., Neuromuscular, hormonal, and metabolic responses to different plyometric training volumes in rugby players, Journal of strength and conditioning research, (2013),27;3001-3010.

Cesur, Ş.Ö., THE EFFECT OF OLYMPIC LIFTS ON THE EXPLOSIVE POWER OF ELITE LEVEL FOOTBALL PLAYERS, European Journal of Education Studies, (2019).

Channell, B.T., Barfield, J., Effect of Olympic and traditional resistance training on vertical jump improvement in high school boys, The Journal of Strength & Conditioning Research, (2008),22;1522-1527.

Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., Avloniti, A., Karipidis, A., Jamurtas, A.Z., Skevaki, C.L., Tsoukas, D., Sovatzidis, A., Theodorou, A., Kambas, A., Papassotiriou, I., Taxildaris, K., Fatouros, I., The microcycle of inflammation and performance changes after a basketball match, J Sports Sci, (2014),32;870-882.

Chatzinikolaou, A., Fatouros, I.G., Gourgoulis, V., Avloniti, A., Jamurtas, A.Z., Nikolaidis, M.G., Douroudos, I., Michailidis, Y., Beneka, A., Malliou, P., Tofas, T., Georgiadis, I., Mandalidis, D., Taxildaris, K., Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise, J Strength Cond Res, (2010),24;1389-1398.

Chatzinikolaou, A., Michaloglou, K., Avloniti, A., Leontsini, D., Deli, C.K., Vlachopoulos, D., Gracia-Marco, L., Arsenis, S., Athanailidis, I., Draganidis, D., Jamurtas, A.Z., Williams, C.A., Fatouros, I.G., The Trainability of Adolescent Soccer Players to Brief Periodized Complex Training, Int J Sports Physiol Perform, (2018),13;645-655.

Clarkson, P.M., Byrnes, W.C., McCormick, K.M., Turcotte, L.P., White, J.S., Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise, International journal of sports medicine, (1986),7;152-155.

Clarkson, P.M., Dedrick, M.E., Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in old and young subjects, J Gerontol, (1988),43;M91-96.

Clarkson, P.M., Hubal, M.J., Exercise-induced muscle damage in humans, Am J Phys Med Rehabil, (2002),81;S52-69.

Clarkson, P.M., Nosaka, K., Braun, B., Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation, Med Sci Sports Exerc, (1992),24;512-520.

Clarkson, P.M., Sayers, S.P., Etiology of exercise-induced muscle damage, Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee, (1999),24;234-248.

Connolly, D.A., Sayers, S.P., McHugh, M.P., Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness, Journal of strength and conditioning research, (2003),17;197-208.

Cormie, P., McCaulley, G.O., Triplett, N.T., McBride, J.M., Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises, Med Sci Sports Exerc, (2007),39;340-349.

Cormie, P., McGuigan, M.R., Newton, R.U., Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production, Sports medicine (Auckland, N.Z.), (2011),41;125-146.

Cronin, J., Sleivert, G., Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance, Sports medicine, (2005),35;213-234.

Czaplicki, A., Szyszka, P., Sacharuk, J., Jaszczuk, J., Modeling record scores in the snatch and its variations in the long-term training of young weightlifters, PLoS One, (2019),14;e0225891.

Deli, C.K., Fatouros, I.G., Paschalis, V., Georgakouli, K., Zalavras, A., Avloniti, A., Koutedakis, Y., Jamurtas, A.Z., A Comparison of Exercise-Induced Muscle Damage Following Maximal Eccentric Contractions in Men and Boys, Pediatr Exerc Sci, (2017),29;316-325.

di Cagno, A., Iuliano, E., Buonsenso, A., Giombini, A., Di Martino, G., Parisi, A., Calcagno, G., Fiorilli, G., Effects of Accentuated Eccentric Training vs Plyometric Training on Performance of Young Elite Fencers, Journal of sports science & medicine, (2020),19;703-713.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., McGuigan, M., Effects of Accentuated Eccentric Loading on Muscle Properties, Strength, Power, and Speed in Resistance-Trained Rugby Players, Journal of strength and conditioning research, (2018),32;2750-2761.

Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Barbero-Álvarez, J.C., Mohr, M., Malliou, P., Gourgoulis, V., Deli, C.K., Douroudos, II, Margonis, K., Gioftsidou, A., Flouris, A.D., Jamurtas, A.Z., Koutedakis, Y., Fatouros, I.G., Recovery kinetics of knee flexor and extensor strength after a football match, PLoS One, (2015),10;e0128072.

Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Jamurtas, A.Z., Carlos Barbero, J., Tsoukas, D., Theodorou, A.S., Margonis, K., Michailidis, Y., Avloniti, A., Theodorou, A., Kambas, A., Fatouros, I., The time-frame of acute resistance exercise effects on football skill performance: the impact of exercise intensity, J Sports Sci, (2013),31;714-722.

Draganidis, D., Chondrogianni, N., Chatzinikolaou, A., Terzis, G., Karagounis, L.G., Sovatzidis, A., Avloniti, A., Lefaki, M., Protopapa, M., Deli, C.K., Papanikolaou, K., Jamurtas, A.Z., Fatouros, I.G., Protein ingestion preserves proteasome activity during intense aseptic inflammation and facilitates skeletal muscle recovery in humans, Br J Nutr, (2017),118;189-200.

Ebben, W.P., Complex training: a brief review, Journal of sports science & medicine, (2002),1;42-46.

Ebben, W.P., Hintz, M.J., Simenz, C.J., Strength and conditioning practices of Major League Baseball strength and conditioning coaches, Journal of strength and conditioning research, (2005),19;538-546.

Enemark-Miller, E.A., Seegmiller, J.G., Rana, S.R., Physiological profile of women's Lacrosse players, Journal of strength and conditioning research, (2009),23;39-43.

Enoka, R.M., Stuart, D.G., Neurobiology of muscle fatigue, Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), (1992),72;1631-1648.

Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: opportunities for optimizing performance, J Inflamm Res, (2016),9;175-186.

Fridén, J., Lieber, R.L., Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components, Acta Physiol Scand, (2001),171;321-326.

Fridén, J., Seger, J., Sjöström, M., Ekblom, B., Adaptive response in human skeletal muscle subjected to prolonged eccentric training, International journal of sports medicine, (1983),4;177-183.

Fridén, J., Sfakianos, P.N., Hargens, A.R., Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load, Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), (1986),61;2175-2179.

G.Gregory Haff, C.D., Εργαστήρια Εργοφυσιολογίας.

Gandevia, S.C., Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue, Physiological reviews, (2001).

Haff, G.G., Nimphius, S., Training principles for power, Strength & Conditioning Journal, (2012),34;2-12.

Hawkins, S.B., Doyle, T.L., McGuigan, M.R., The effect of different training programs on eccentric energy utilization in college-aged males, Journal of strength and conditioning research, (2009),23;1996-2002.

Hermassi, S., Chelly, M.S., Bragazzi, N.L., Shephard, R.J., Schwesig, R., In-Season Weightlifting Training Exercise in Healthy Male Handball Players: Effects on Body Composition, Muscle Volume, Maximal Strength, and Ball-Throwing Velocity, Int J Environ Res Public Health, (2019),16.

Hoffman, J.R., Tenenbaum, G., Maresh, C.M., Kraemer, W.J., Relationship between athletic performance tests and playing time in elite college basketball players, The Journal of Strength & Conditioning Research, (1996),10;67-71.

Hughes, J.D., Massiah, R.G., Clarke, R.D., The Potentiating Effect of an Accentuated Eccentric Load on Countermovement Jump Performance, Journal of strength and conditioning research, (2016),30;3450-3455.

Hummer, E., Suprak, D.N., Buddhadev, H.H., Brilla, L., San Juan, J.G., Creatine electrolyte supplement improves anaerobic power and strength: a randomized double-blind control study, Journal of the International Society of Sports Nutrition, (2019),16;24.

Hyldahl, R.D., Chen, T.C., Nosaka, K., Mechanisms and Mediators of the Skeletal Muscle Repeated Bout Effect, Exercise and sport sciences reviews, (2017),45;24-33.

Ispirlidis, I., Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Nikolaidis, M.G., Michailidis, I., Douroudos, I., Margonis, K., Chatzinikolaou, A., Kalistratos, E., Katrabasas, I., Alexiou, V., Taxildaris, K., Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game, Clin J Sport Med, (2008),18;423-431.

Jamurtas, A.Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., Koutedakis, Y., Nosaka, K., Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage, European journal of applied physiology, (2005),95;179-185.

Jones, D.A., Newham, D.J., Round, J.M., Tolfree, S.E., Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage, The Journal of physiology, (1986),375;435-448.

Jones, D.A., Newham, D.J., Torgan, C., Mechanical influences on long-lasting human muscle fatigue and delayed-onset pain, The Journal of physiology, (1989),412;415-427.

Kawamori, N., Haff, G.G., The optimal training load for the development of muscular power, Journal of strength and conditioning research, (2004),18;675-684.

Kirby, T.J., Erickson, T., McBride, J.M., Model for progression of strength, power, and speed training, Strength & Conditioning Journal, (2010),32;86-90.

Koch, A.J., Pereira, R., Machado, M., The creatine kinase response to resistance exercise, J Musculoskelet Neuronal Interact, (2014),14;68-77.

Kritikos, S., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Poulios, A., Georgakouli, K., Tsimeas, P., Tzatzakis, T., Batsilas, D., Batrakoulis, A., Deli, C.K., Chatzinikolaou, A., Mohr, M., Jamurtas, A.Z., Fatouros, I.G., Effect of whey vs. soy protein supplementation on recovery kinetics following speed endurance training in competitive male soccer players: a randomized controlled trial, Journal of the International Society of Sports Nutrition, (2021),18;23.

Kyröläinen, H., Avela, J., McBride, J.M., Koskinen, S., Andersen, J.L., Sipilä, S., Takala, T.E., Komi, P.V., Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance, Scand J Med Sci Sports, (2005),15;58-64.

Lieber, R.L., Fridén, J., Selective damage of fast glycolytic muscle fibres with eccentric contraction of the rabbit tibialis anterior, Acta Physiol Scand, (1988),133;587-588.

Linke, W.A., Titin Gene and Protein Functions in Passive and Active Muscle, Annu Rev Physiol, (2018),80;389-411.

Martorelli, A., Bottaro, M., Vieira, A., Rocha-Júnior, V., Cadore, E., Prestes, J., Wagner, D., Martorelli, S., Neuromuscular and blood lactate responses to squat power training with different rest intervals between sets, Journal of sports science & medicine, (2015),14;269-275.

McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., Newton, R.U., The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed, Journal of strength and conditioning research, (2002),16;75-82.

Medicine, A.C.o.S., ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, Lippincott Williams & Wilkins.

Michailidis, Y., Fatouros, I.G., Primpa, E., Michailidis, C., Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., Barbero-Álvarez, J.C., Tsoukas, D., Douroudos, II, Draganidis, D., Leontsini, D., Margonis, K., Berberidou, F., Kambas, A., Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes, Journal of strength and conditioning research, (2013),27;38-49.

Michailidis, Y., Karagounis, L.G., Terzis, G., Jamurtas, A.Z., Spengos, K., Tsoukas, D., Chatzinikolaou, A., Mandalidis, D., Stefanetti, R.J., Papassotiriou, I., Athanasopoulos, S., Hawley, J.A., Russell, A.P., Fatouros, I.G., Thiol-based antioxidant supplementation alters human skeletal muscle signaling and attenuates its inflammatory response and recovery after intense eccentric exercise, Am J Clin Nutr, (2013),98;233-245.

Morgan, D.L., New insights into the behavior of muscle during active lengthening, Biophys J, (1990),57;209-221.

Morgan, D.L., Allen, D.G., Early events in stretch-induced muscle damage, Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), (1999),87;2007-2015.

Moss, B.M., Refsnes, P.E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., Jensen, J., Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships, European journal of applied physiology and occupational physiology, (1997),75;193-199.

Newham, D.J., The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain, European journal of applied physiology and occupational physiology, (1988),57;353-359.

Nosaka, K., Muscle soreness and damage and the repeated-bout effect, Skeletal muscle damage and repair, (2008),59-76.

Nosaka, K., Clarkson, P.M., Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise, Med Sci Sports Exerc, (1995),27;1263-1269.

Ojasto, T., Häkkinen, K., Effects of different accentuated eccentric load levels in eccentric-concentric actions on acute neuromuscular, maximal force, and power responses, The Journal of Strength & Conditioning Research, (2009),23;996-1004.

Papanikolaou, K., Tsimeas, P., Anagnostou, A., Varypatis, A., Mourikis, C., Tzatzakis, T., Draganidis, D., Batsilas, D., Mersinias, T., Loules, G., Poulios, A., Deli, C.K., Batrakoulis, A., Chatzinikolaou, A.,

Mohr, M., Jamurtas, A.Z., Fatouros, I.G., Recovery Kinetics Following Small-Sided Games in Competitive Soccer Players: Does Player Density Size Matter?, Int J Sports Physiol Perform, (2021),16;1270-1280.

Petré, H., Löfving, P., Psilander, N., The Effect of Two Different Concurrent Training Programs on Strength and Power Gains in Highly-Trained Individuals, Journal of sports science & medicine, (2018),17;167-173.

Poulios, A., Fatouros, I.G., Mohr, M., Draganidis, D.K., Deli, C., Papanikolaou, K., Sovatzidis, A., Nakopoulou, T., Ermidis, G., Tzatzakis, T., Laschou, V.C., Georgakouli, K., Koulouris, A., Tsimeas, P., Chatzinikolaou, A., Karagounis, L.G., Batsilas, D., Krustrup, P., Jamurtas, A.Z., Post-Game High Protein Intake May Improve Recovery of Football-Specific Performance during a Congested Game Fixture: Results from the PRO-FOOTBALL Study, Nutrients, (2018),10.

Proske, U., Allen, T.J., Damage to skeletal muscle from eccentric exercise, Exercise and sport sciences reviews, (2005),33;98-104.

Proske, U., Morgan, D.L., Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications, J Physiol, (2001),537;333-345.

Raeder, C., Wiewelhove, T., Westphal-Martinez, M.P., Fernandez-Fernandez, J., de Paula Simola, R.A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., Ferrauti, A., Neuromuscular Fatigue and Physiological Responses After Five Dynamic Squat Exercise Protocols, Journal of strength and conditioning research, (2016),30;953-965.

Saxton, J.M., Donnelly, A.E., Light concentric exercise during recovery from exercise-induced muscle damage, International journal of sports medicine, (1995),16;347-351.

Sheppard, J., Hobson, S., Barker, M., Taylor, K., Chapman, D., McGuigan, M., Newton, R., The effect of training with accentuated eccentric load counter-movement jumps on strength and power characteristics of high-performance volleyball players, International Journal of Sports Science & Coaching, (2008),3;355-363.

Sheppard, J., Newton, R., McGuigan, M., The effect of accentuated eccentric load on jump kinetics in high-performance volleyball players, International Journal of Sports Science & Coaching, (2007),2;267-273.

Shete, A.N., Bute, S.S., Deshmukh, P.R., A Study of VO2 Max and Body Fat Percentage in Female Athletes, J Clin Diagn Res, (2014),8;Bc01-03.

Spassov, A., PROGRAM DESIGN: Special considerations when programming for strength and power for athletes–Part I, Strength & Conditioning Journal, (1988),10;58-61.

Stauber, W.T., Fritz, V.K., Vogelbach, D.W., Dahlmann, B., Characterization of muscles injured by forced lengthening. I. Cellular infiltrates, Med Sci Sports Exerc, (1988),20;345-353.

Stauber, W.T., Smith, C.A., Cellular responses in exertion-induced skeletal muscle injury, Mol Cell Biochem, (1998),179;189-196.

Su, Q.S., Zhang, J.G., Dong, R., Hua, B., Sun, J.Z., Comparison of changes in markers of muscle damage induced by eccentric exercise and ischemia/reperfusion, Scand J Med Sci Sports, (2010),20;748-756.

Taber, C.B., Morris, J.R., Wagle, J.P., Merrigan, J.J., Accentuated Eccentric Loading in the Bench Press: Considerations for Eccentric and Concentric Loading, Sports (Basel, Switzerland), (2021),9.

Talbot, J.A., Morgan, D.L., The effects of stretch parameters on eccentric exercise-induced damage to toad skeletal muscle, Journal of muscle research and cell motility, (1998),19;237-245.

Tamaki, T., Uchiyama, S., Tamura, T., Nakano, S., Changes in muscle oxygenation during weight-lifting exercise, European journal of applied physiology and occupational physiology, (1994),68;465-469.

Tidball, J.G., Inflammatory cell response to acute muscle injury, Med Sci Sports Exerc, (1995),27;1022-1032.

Tidball, J.G., Mechanisms of muscle injury, repair, and regeneration, Compr Physiol, (2011),1;2029-2062.

Twist, C., Eston, R., The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance, European journal of applied physiology, (2005),94;652-658.

Tzatzakis, T., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Tsimeas, P., Kritikos, S., Poulios, A., Laschou, V.C., Deli, C.K., Chatzinikolaou, A., Batrakoulis, A., Basdekis, G., Mohr, M., Krustrup, P., Jamurtas, A.Z., Fatouros, I.G., Recovery Kinetics After Speed-Endurance Training in Male Soccer Players, International journal of sports physiology and performance, (2019),10.1123/ijspp.2018-0984 1-14.

Verkhoshansky, Y.V., Lazarev, V., Principles of planning speed and strength/speed endurance training in sports, Strength & Conditioning Journal, (1989),11;58-61.

Vigotsky, A.D., Bryanton, M.A., Nuckols, G., Beardsley, C., Contreras, B., Evans, J., Schoenfeld, B.J., Biomechanical, Anthropometric, and Psychological Determinants of Barbell Back Squat Strength, Journal of strength and conditioning research, (2019),33 Suppl 1;S26-s35.

Vincent, H.K., Vincent, K.R., The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise, International journal of sports medicine, (1997),18;431-437.

Vøllestad, N.K., Measurement of human muscle fatigue, Journal of neuroscience methods, (1997),74;219-227.

Wagle, J.P., Taber, C.B., Cunanan, A.J., Bingham, G.E., Carroll, K.M., DeWeese, B.H., Sato, K., Stone, M.H., Accentuated eccentric loading for training and performance: A review, Sports Medicine, (2017),47;2473-2495.

Walker, S., Blazevich, A.J., Haff, G.G., Tufano, J.J., Newton, R.U., Häkkinen, K., Greater Strength Gains after Training with Accentuated Eccentric than Traditional Isoinertial Loads in Already Strength-Trained Men, Front Physiol, (2016),7;149.

Walker, S., Trezise, J., Haff, G.G., Newton, R.U., Häkkinen, K., Blazevich, A.J., Increased fascicle length but not patellar tendon stiffness after accentuated eccentric-load strength training in already-trained men, European journal of applied physiology, (2020),120;2371-2382.

Warren, G.L., Lowe, D.A., Hayes, D.A., Karwoski, C.J., Prior, B.M., Armstrong, R.B., Excitation failure in eccentric contraction-induced injury of mouse soleus muscle, The Journal of physiology, (1993),468;487-499.

Young, W., Resistance training: Training for speed/strength: Heavy vs. light loads, Strength & Conditioning Journal, (1993),15;34-43.

Zwiren, L.D., Freedson, P.S., Ward, A., Wilke, S., Rippe, J.M., Estimation of VO2max: a comparative analysis of five exercise tests, Res Q Exerc Sport, (1991),62;73-78.

Φατούρος Ιωάννης Γ. , Χ.Θ., Προπόνηση με βάρη. Εκτέλεση, διδασκαλία, ασφάλεια και οργάνωση των ασκήσεων Τελέθριον.