



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

Τμήμα Φυσικοθεραπείας

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τίτλος: Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των οπίσθιων μηριαίων μυών  
κατά την άσκηση: συστηματική ανασκόπηση**

Όνοματεπώνυμο Φοιτητών: Δημήτριος Ζιαμπάρας 18683091  
Μιλτιάδης Κουδούνας 18683124

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Γιόφτσος

Συνεπιβλέπων Υποψήφιος Διδάκτορας: Χρήστος Πίππας

**Αθήνα 2023**



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

FACULTY OF HEALTH AND CARE SCIENCES

DEPARTMENT OF PHYSIOTHERAPY

**DISSERTATION**

**Title: Electromyographic activity of the hamstring muscles during exercise:  
a systematic review**

Students' Names: Dimitrios Ziambaras 18683091  
Miltiadis Koudounas 18683124

Supervisor's Name: George Gioftsos

Co-supervisor's Name: Christos Pippas

**Athens 2023**



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

Τμήμα Φυσικοθεραπείας

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τίτλος: Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των οπίσθιων μηριαίων μυών κατά την άσκηση: συστηματική ανασκόπηση**

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή

<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ψηφιακή υπογραφή</i>
<b>Γεώργιος Γιόφτσος</b>	
<b>Κουμαντάκης Γεώργιος</b>	
<b>Μακρυγιάννη Δωροθεά</b>	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ζιαμπάρας Δημήτριος του Κωνσταντίνου με αριθμό μητρώου 18683091 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, μαζί με τον κάτωθι υπογεγραμμένο Μιλτιάδη Κουδούνα του Παναγιώτη με αριθμό μητρώου 18683124 φοιτητή του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγράφεις, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανόμενων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιηθήκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μας».

Ο Δηλών:

Ζιαμπάρας Δημήτριος



Ο Δηλών:

Κουδούνας Μιλτιάδης



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Γεώργιο Γιόφτσο, καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Χρήστο Πίππα, οι οποίοι με τις καθοριστικές συμβουλές και οδηγίες τους βοήθησαν στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στον αθλητισμό, πολύ συχνά συναντώνται τραυματισμοί στου οπίσθιους μηριαίους μύες, οδηγώντας τους αθλητές σε απουσία από την προπόνηση και την αγωνιστική δράση. Έχουν εκπονηθεί αρκετές μελέτες όσον αφορά την επίδραση της άσκησης στη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων, στον χρόνο επιστροφής τους σε αθλητικές δραστηριότητες και την συχνότητα επανατραυματισμού. Καθοριστικός παράγοντας της προπόνησης είναι η επιλογή της κατάλληλης άσκησης και η εκτέλεσή της με τη σωστή ένταση. Ο καθορισμός της έντασης μπορεί να γίνει μέσω του ηλεκτρομυογραφήματος.

### **ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Στόχος της παρούσης συστηματικής ανασκόπησης είναι να παρέχει μια επισκόπηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των οπίσθιων μηριαίων μυών κατά την άσκηση.

### **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων PubMed, Google Scholar, Scopus, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) και Cochrane Library. Στη συνέχεια, οι ερευνητές προχώρησαν στην εξαγωγή και την αξιολόγηση των δεδομένων.

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Συμπεριλήφθηκαν 10 μελέτες που τηρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού, με συνολικό αριθμό δείγματος 148. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι ασκήσεις Nordic Hamstring και Prone leg curl ενεργοποιούν σε υψηλά ποσοστά τους οπίσθιους μηριαίους. Η μεγαλύτερη ενεργοποίηση παρατηρήθηκε στην άσκηση Razor curl, τόσο για τον δικέφαλο μηριαίο όσο και για τους έσω οπίσθιους μηριαίους μύες.

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην ανασκόπηση αυτή βρέθηκαν διάφορες ασκήσεις οι οποίες εμφανίζουν μεγάλη ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων μυών. Παρόλα αυτά, παρουσιάζεται μεγάλη ετερογένεια μεταξύ των μελετών. Μελλοντικές ηλεκτρομυογραφικές μελέτες θα πρέπει να πραγματοποιούνται υπό συγκεκριμένες συνθήκες και μεθοδολογία.

### **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Οπίσθιοι μηριαίοι, ηλεκτρομυογράφημα, μυϊκή ενεργοποίηση, άσκηση

## **ABSTRACT**

### **INTRODUCTION**

Hamstring injury is one of the most common injuries in sports and it leads to absence from training and games. Many studies have been conducted regarding the exercise effect on hamstring strength, return to sport time and frequency of reinjury. Exercise is therefore of utmost importance for injury prevention and rehabilitation. Exercise intensity plays an important role on exercise selection and electromyography is widely used for determining exercise intensity.

### **OBJECTIVE**

To provide an overview of the electromyographic activity of the hamstring muscles during hamstring exercises.

### **METHODOLOGY**

A search of the databases PubMed, Google Scholar, Scopus, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) and Cochrane Library was conducted. The researchers then went on the data extraction and analysis process.

### **RESULTS**

10 studies were finally included with a total population of 148. Results showed that Nordic Hamstring and Prone leg curl exercises highly activate the hamstring muscles. The most muscle activation of biceps femoris and semitendinosus was observed in the Razor curl exercise.

### **CONCLUSIONS**

Different exercises with high hamstring muscle activation are showcased in this review. Future studies using electromyography need to follow specific methodological steps.

### **KEY WORDS**

Hamstring muscles, electromyography, muscle activation, exercise

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Ευχαριστίες.....</b>	<b>V</b>
<b>Περίληψη.....</b>	<b>VI</b>
<b>Περιεχόμενα.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Πίνακας Συντομογραφιών.....</b>	<b>X</b>
<b>Κατάλογος σχημάτων, εικόνων και πινάκων.....</b>	<b>XI</b>
<b>Εισαγωγή – σκοπός εργασίας.....</b>	<b>12</b>
<b>Μεθοδολογία.....</b>	<b>14</b>
Ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων.....	14
Κριτήρια εισαγωγής.....	14
Τύποι μελετών.....	14
Κριτήρια εισαγωγής - αποκλεισμού.....	15
Συλλογή δεδομένων.....	15
Επιλογή μελετών.....	15
Εξαγωγή δεδομένων.....	15
Αξιολόγηση ποιότητας.....	16
<b>Αποτελέσματα.....</b>	<b>16</b>
1. Διαδικασία επιλογής μελετών.....	17
2. Ποιοτικός έλεγχος.....	18
3. Ασκήσεις και παράμετροι.....	19
3.1 Ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων ανά άσκηση.....	19
3.2 Καταγραφή πρόσθετων μυών.....	22
3.3 Τρόπος καταγραφής και παρουσίασης μυϊκής ενεργοποίησης.....	23
3.4 Παραλλαγές ασκήσεων.....	24
3.5 Περιγραφή ασκήσεων.....	24
3.6 Πληθυσμός.....	28
4. Μεθοδολογία καταγραφής ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας.....	28
4.1 Σχετικοποίηση.....	29
4.2 Προετοιμασία δέρματος.....	31
4.3 Τοποθέτηση ηλεκτροδίων.....	32
4.4 Παρεμβολή.....	33
<b>Συζήτηση.....</b>	<b>33</b>



<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>38</b>
<b>Αρθρογραφία/βιβλιογραφία.....</b>	<b>39</b>
<b>Παραρτήματα.....</b>	<b>43</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΟΡΟΣ	ΣΥΝΤΜΗΣΗ
Coefficient of variation	CV
Diver	DV
Extender	EXT
Glider	GL
Glute-ham raise	GHR
Good morning	GM
Hyperextensions off table	HE
Hyperextensions off table with barbell	HEB
Inclined NH using an inclined platform set at 40o with 30o knee flexion (isometric)	ICH30
Inclined NH using an inclined platform set at 40o with 50o knee flexion (isometric)	ICH50
Inclined NH using an inclined platform set at 50o with 30o knee flexion (isometric)	ICL30
Inclined NH using an inclined platform set at 50o with 50o knee flexion (isometric)	ICL50
Kettlebell swing	KS
Maximal voluntary contraction	MVC
Maximal voluntary isometric contraction	MVIC
Microvolt	$\mu$ V
Millivolt	mV
Nordic hamstring	NH
Prone hamstring curl	PHC
Prone leg curl	PLC
Razor curl	RC
Rep max	RM
Romanian deadlift	RDL
Seated leg curl	SLC
Standard Deviation	SD
Supine one-leg curl	SuLC

Supine pelvis lift	SuPL
--------------------	------

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ, ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΕΣ	ΤΙΤΛΟΣ	ΣΕΛΙΔΑ
1	Διάγραμμα ροής	16

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΤΙΤΛΟΣ	ΣΕΛΙΔΑ
1	Αναζητήσεις στις βάσεις δεδομένων	41
2	Κριτήρια εισαγωγής μελετών	41
3	Κλίμακα Newcastle Ottawa (πρωτότυπο στα αγγλικά)	42
4	Κλίμακα Newcastle Ottawa (μεταφρασμένη) – Αξιολόγηση κάθε μελέτης με την κλίμακα Newcastle Ottawa	45
5	Φόρμα εξαγωγής δεδομένων	48
6	Ενεργοποίηση οπίσθιων μηριαίων	59
7	Ενεργοποίηση πρόσθετων μυών	62
8	Γραφήματα απεικόνισης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (Guerrero-Henriquez et al., 2022)	64
9	Γράφημα απεικόνισης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (Sirenko et al., 2022)	65

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο τραυματισμός των οπίσθιων μηριαίων μυών είναι ένας από τους πιο συχνούς τραυματισμούς στον αθλητισμό, που οδηγεί σε απουσία από την προπόνηση και την αγωνιστική δράση για περισσότερες από 28 ημέρες (Sherry et al., 2015). Στο ποδόσφαιρο αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 12% όλων των τραυματισμών (Ekstrand et al., 2011). Ο κίνδυνος τραυματισμού των οπίσθιων μηριαίων αυξάνεται σε αθλήματα που περιλαμβάνουν τρέξιμο υψηλών ταχυτήτων, κλωτσιές, κινήσεις υψηλής ταχύτητας και επιμήκυνσης των μυών, όπως το ποδόσφαιρο, το ράγκμπι, ο στίβος και ο χορός (Ekstrand et al., 2011).

Αθλητές με τραυματισμό στου οπίσθιους μηριαίους παρουσιάζουν μειωμένη μυϊκή δύναμη (Askling et al., 2007). Οι Orpar et al (2013) διεξήγαγαν μία κλινική μελέτη για τη μέτρηση της έκκεντρης δύναμης των καμπτήρων του γόνατος με τη χρήση της άσκησης NH σε επαγγελματίες αθλητές με ιστορικό μονόπλευρου τραυματισμού των οπίσθιων μηριαίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το προηγουμένως τραυματισμένο άκρο ήταν κατά 15% ασθενέστερο ( $p < 0.01$ ) από το αντίθετο μη τραυματισμένο άκρο. Οι O'Sullivan et al (2008) διεξήγαγαν μία συγκριτική μελέτη, για να αξιολογήσουν κατά πόσον οι άνδρες ποδοσφαιριστές του γαελικού ποδοσφαίρου που επέστρεψαν στις αθλητικές δραστηριότητες χωρίς να υποβληθούν σε πρόγραμμα αποκατάστασης μετά από τραυματισμό, παρουσίαζαν μειωμένη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων. Διαπιστώθηκε ότι υπήρχε μειωμένη σύγκεντρη μυϊκή δύναμη ( $p < 0.05$ ) για τα τραυματισμένα κάτω άκρα σε σύγκριση με τα μη τραυματισμένα.

Ορισμένες προοπτικές μελέτες έχουν αποδείξει ότι η άσκηση αυξάνει τη μυϊκή δύναμη των οπίσθιων μηριαίων μυών και μειώνει τον χρόνο επιστροφής στην αθλητική δραστηριότητα και τον κίνδυνο τραυματισμού των μυών. Οι Freeman et al (2019) συνέκριναν τις επιδράσεις της άσκησης NH σε συνδυασμό με την προπόνηση σε σπριντ όσον αφορά την έκκεντρη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων μυών και την απόδοση στο σπριντ σε 28 έφηβους αθλητές, κατανέμοντάς τους σε δύο ισάριθμες ομάδες. Διαπίστωσαν ότι η ομάδα της άσκησης NH είχε αύξηση 9.8% ( $p = 0.01$ ) στην έκκεντρη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων μυών, ενώ η ομάδα της προπόνησης σπριντ είχε αύξηση 6.2% ( $p = 0.01$ ). Ωστόσο, καμία από τις ομάδες δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική βελτίωση στις επιδόσεις τους στο σπριντ. Οι Tansel et al (2008) διερεύνησαν την επίδραση ενός προγράμματος βελτίωσης δύναμης με χρήση της άσκησης NH και διάρκειας 5 εβδομάδων σε 26 νεαρούς καλαθοσφαιριστές, χωρίζοντάς τους σε δύο ομάδες (άσκηση NH και ομάδα ελέγχου). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση 12.6% στην έκκεντρη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων στην ομάδα προπόνησης NH ( $p = 0.046$ ). Οι Mjølsnes et al (2004) συνέκριναν την άσκηση HC και την άσκηση NH ως προς την επίδρασή τους στη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων μυών 21 ποδοσφαιριστών σε ένα πρόγραμμα προπόνησης 10

εβδομάδων. Η ομάδα NH παρουσίασε αύξηση 11% στην έκκεντρη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων μυών ( $p=0.001$ ) και 7% στην ισοκινητική δύναμη των οπίσθιων μηριαίων μυών ( $p=0.027$ ), ενώ η ομάδα HC δεν παρουσίασε καμία αλλαγή. Στη μελέτη τους οι Askling et al (2014), συνέκριναν μέσω δύο πρωτοκόλλων αποκατάστασης τον χρόνο επιστροφής στην άσκηση 56 ελίτ δρομέων μικρών αποστάσεων και αλτών με οξύ τραυματισμό οπίσθιων μηριαίων μυών. Το πρωτόκολλο «L» περιλάμβανε ασκήσεις επιμήκυνσης των οπίσθιων μηριαίων, ενώ το πρωτόκολλο «C» συμβατικές ασκήσεις. Οι ασκήσεις και των δύο πρωτοκόλλων στόχευαν στη βελτίωση της ευλυγισίας και στην αύξηση δύναμης των οπίσθιων μηριαίων μυών, καθώς και στη σταθεροποίηση του κορμού και της λεκάνης. Ο χρόνος επιστροφής στην πλήρη συμμετοχή στην προπόνηση ήταν σημαντικά μικρότερος για τους αθλητές στο πρωτόκολλο L (μέσος όρος 49 ημέρες), σε σύγκριση με τους αθλητές στο πρωτόκολλο C (μέσος όρος 86 ημέρες). Οι Tyler et al (2017) διαπίστωσαν ότι ένα προοδευτικό πρωτόκολλο αποκατάστασης που χρησιμοποιεί έκκεντρες ασκήσεις σε αυξημένο μήκος των οπίσθιων μηριαίων μυών, μείωσε την πιθανότητα επανατραυματισμού ( $p<0.01$ ). Από τους 50 αθλητές που συμμετείχαν στη μελέτη, όσοι ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα ενδυνάμωσης και πληρούσαν τα κριτήρια επιστροφής στον αθλητισμό ( $n=42$ ) παρέμειναν χωρίς τραυματισμό για  $23 \pm 13$  μήνες, ενώ τέσσερις αθλητές που δεν συμμορφώθηκαν με το πρόγραμμα άσκησης υπέστησαν εκ νέου τραυματισμό στους επόμενους 3-12 μήνες. Οι Petersen et al (2011) διεξήγαγαν μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη, χρησιμοποιώντας την άσκηση NH σε 461 ημι-επαγγελματίες ποδοσφαιριστές, οι οποίοι παρακολουθήθηκαν για τραυματισμούς κατά τη διάρκεια της επόμενης σεζόν. Οι παίκτες στην ομάδα παρέμβασης παρουσίασαν 71% λιγότερους πρωτοεμφανιζόμενους τραυματισμούς οπίσθιων μηριαίων και 85% λιγότερους επανατραυματισμούς αυτών σε σχέση με τους παίκτες στην ομάδα ελέγχου ( $p<0.003$ ).

Η επιλογή της άσκησης αποτελεί σημαντική πτυχή της προπονητικής διαδικασίας και μπορεί να γίνει μέσω του καθορισμού της έντασής της (Bourne et al., 2017). Ένας τρόπος για τον καθορισμό της έντασης της άσκησης είναι η καταγραφή της μυϊκής δραστηριότητας (Bourne et al., 2017). Το ηλεκτρομυογράφημα είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την καταγραφή του ηλεκτρικού σήματος ενός μυός και μπορεί να πραγματοποιηθεί επιφανειακά ή ενδομυϊκά με την τοποθέτηση μιας βελόνας στον μυ-στόχο (Reaz et al., 2006). Η κύρια λειτουργία του είναι ο εντοπισμός και η καταγραφή του επιπέδου ενεργοποίησης ενός μυός κατά τη διάρκεια άσκησης ή κοινών δραστηριοτήτων (Enoka και Duchateau, 2015). Υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για τη διεξαγωγή της διαδικασίας της ηλεκτρομυογραφίας, όπως η μέθοδος σχετικοποίησης, ο τύπος των ηλεκτροδίων, η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, καθώς και η διαδικασία προετοιμασίας του δέρματος.

Παρόλο που υπάρχουν μελέτες που διερευνούν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των οπίσθιων μηριαίων μυών κατά την άσκηση, υπάρχει μόνο μία συστηματική ανασκόπηση σχετικά με την ενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου μυός (Llurda et al., 2021), αλλά καμία ανασκόπηση σχετικά με τη δραστηριότητα των υπόλοιπων οπίσθιων μηριαίων μυών σε αθλητικό πληθυσμό. Στόχος της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης είναι να παρέχει μια επισκόπηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των οπίσθιων μηριαίων μυών κατά την άσκηση στον αθλητικό πληθυσμό.

## **ΚΥΡΙΩΣ ΚΕΙΜΕΝΟ**

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων**

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε πέντε βάσεις δεδομένων (PubMed, Google Scholar, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Scopus και Cochrane Library). Σε κάθε βάση δεδομένων έγινε αναζήτηση από την έναρξη της βάσης δεδομένων έως την ημερομηνία της αναζήτησης. Συμπεριλήφθηκαν μόνο μελέτες που έχουν δημοσιευθεί στην αγγλική γλώσσα. Ενδεικτικές λέξεις-κλειδιά είναι: hamstrings, hamstring muscles, biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus, knee flexors, hip flexor muscles, hip flexor musculature, hamstrings musculature, muscle activation, muscle activity, electromyography, electromyographic analysis, electromyographic activity, exercise, hamstring exercise, strength training, strengthening exercise. Οι όροι αναζήτησης συνδυάστηκαν με τη χρήση δυαδικών τελεστών (AND/OR κ.λπ.) (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1). Η στρατηγική αναζήτησης, συμπεριλαμβανομένων όλων των προσδιορισμένων λέξεων-κλειδιών και όρων ευρετηρίου, προσαρμόστηκε για κάθε βάση δεδομένων.

### **Κριτήρια Εισαγωγής**

### **Τύποι μελετών**

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση συμπεριλαμβάνει μόνο μελέτες διατομής/συγχρονικές μελέτες (cross-sectional studies).

## **Κριτήρια εισαγωγής-αποκλεισμού**

Στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν μελέτες πάνω σε υγιείς αθλητές που εκτέλεσαν ασκήσεις οπίσθιων μηριαίων με τη χρήση ηλεκτρομυογραφήματος (επιπολής ή εν τω βάθει) για τουλάχιστον έναν οπίσθιο μηριαίο μυ. Αποκλείστηκαν οι μελέτες που δεν περιείχαν αθλητές ή οι συμμετέχοντες παρουσίαζαν τυχόν τραυματισμούς των κάτω άκρων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη δραστηριότητα των οπίσθιων μηριαίων μυών. Ως ασκήσεις των οπίσθιων μηριαίων μυών ορίζονται οι ασκήσεις που στοχεύουν στην ενεργοποίηση της συγκεκριμένης μυϊκής ομάδας. Αποκλείστηκαν οι μελέτες που περιείχαν ασκήσεις που, σύμφωνα με την κρίση των ερευνητών, δεν ενεργοποιούσαν πρωταρχικά τους οπίσθιους μηριαίους. Το κύριο μέτρο έκβασης των μελετών ήταν η μυϊκή ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων. Αποκλείστηκαν οι μελέτες που είχαν σκοπό την αξιολόγηση κάποιου τεστ, την αξιολόγηση της επίδρασης μίας ή παραπάνω παρεμβάσεων και μελέτες που οι ασκήσεις εκτελούνταν παθητικά ή υποβοηθούμενα.

## **Συλλογή Δεδομένων**

### **Επιλογή μελετών**

Χρησιμοποιήθηκε το διαδικτυακό εργαλείο «CADIMA» για τη διαδικασία επιλογής των μελετών και την απαλοιφή των διπλότυπων. Δύο ερευνητές έλεγξαν την καταλληλότητα της κάθε μελέτης μέσω της αξιολόγησης του τίτλου και της περίληψης, σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2). Πιθανές διαφορές που εμφανίστηκαν, λύθηκαν μέσω συζήτησης μεταξύ των δύο ερευνητών και με τη βοήθεια ενός τρίτου σε περίπτωση διαφωνίας. Έπειτα, οι ερευνητές αξιολόγησαν ολόκληρο το κείμενο των μελετών οι οποίες είτε πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής, είτε δεν παρείχαν σαφείς πληροφορίες όσον αφορά την καταλληλότητά τους και έχρηζαν περαιτέρω αξιολόγησης. Κάθε ερευνητής αξιολογούσε τις μελέτες ανεξάρτητα, χωρίς να γνωρίζει τις αποφάσεις του άλλου ερευνητή, μέχρι την ολοκλήρωση της αξιολόγησης όλων των μελετών. Όταν το πλήρες κείμενο δεν ήταν διαθέσιμο, η μελέτη αποκλειόταν. Ύστερα από την αξιολόγηση, οι διαφορές λύθηκαν μέσω συζήτησης μεταξύ των δύο ερευνητών και με τη βοήθεια ενός τρίτου σε περίπτωση διαφωνίας.

### **Εξαγωγή δεδομένων**

Η εξαγωγή δεδομένων πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές και περιείχε πληροφορίες σχετικά με τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα των μελετών. Σε περιπτώσεις που οι πληροφορίες δεν αναγράφονταν στο κείμενο, αναφερόταν πως οι πληροφορίες έλειπαν. Τυχόν διαφωνίες επιλύθηκαν μέσω συζήτησης ή με τη βοήθεια ενός επιπλέον ερευνητή.

## **Αξιολόγηση ποιότητας**

Η αξιολόγηση του κινδύνου συστηματικού σφάλματος πραγματοποιήθηκε για τα αποτελέσματα, αλλά και για τις διαδικασίες των μελετών που συμπεριλήφθηκαν. Η αξιολόγηση έγινε από δύο ερευνητές. Χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα Newcastle - Ottawa (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3). Η παραπάνω κλίμακα έχει αξιολογηθεί από διάφορες μελέτες για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία της. Οι Oremus et al (2012), εξέτασαν την αξιοπιστία μεταξύ των ερευνητών κατά την εφαρμογή του εργαλείου, αλλά και τη σταθερότητα ή την αναπαραγωγικότητα των μετρήσεων με την πάροδο του χρόνου. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους έδειξαν ότι η αξιοπιστία μεταξύ των ερευνητών ήταν από κακή έως ικανοποιητική ενώ η σταθερότητα της σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ήταν από καλή έως εξαιρετική. Ακόμη, οι Lo et al (2014), συνέκριναν την αξιολόγηση της κλίμακας NOS για τον κίνδυνο μεροληψίας μεταξύ των συγγραφέων και κριτών μελετών κοόρτης που περιλαμβάνονται σε δημοσιευμένη συστηματική ανασκόπηση. Η πλειονότητα των μελετών αξιολογήθηκε με χαμηλότερη μεθοδολογική ποιότητα από τους συγγραφείς παρά από τους κριτές, οι οποίοι απέδωσαν υψηλότερες βαθμολογίες στην κλίμακα. Η αξιοπιστία μεταξύ συγγραφέων και κριτών ήταν αξιοσημείωτα χαμηλή και η συμφωνία μεταξύ των στοιχείων της κλίμακας ελάχιστη. Τέλος, οι Hartling et al (2013), αξιολόγησαν επίσης την αξιοπιστία και εγκυρότητα της κλίμακας NOS. Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην αξιοπιστία μεταξύ ερευνητών σε όλους τους τομείς της κλίμακας που κυμαίνονταν από κακοί ως ικανοποιητικοί. Ένα άλλο εργαλείο αξιολόγησης μελετών διατομής/συγχρονικών μελετών είναι το AXIS Tool, το οποίο αναπτύχθηκε από τους Downes et al (2016). Η αξιολόγηση βασίζεται στην κρίση των ερευνητών και απολύτως υποκειμενική, χωρίς να γίνεται βαθμολόγηση των μελετών που αξιολογούνται. Δεν βρέθηκαν μελέτες αξιολόγησης της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας του συγκεκριμένου εργαλείου. Για τους παραπάνω λόγους, προτιμήθηκε η χρήση της κλίμακας Newcastle - Ottawa. Τυχόν διαφωνίες επιλύθηκαν μέσω συζήτησης με τη βοήθεια ενός πρόσθετου ερευνητή.

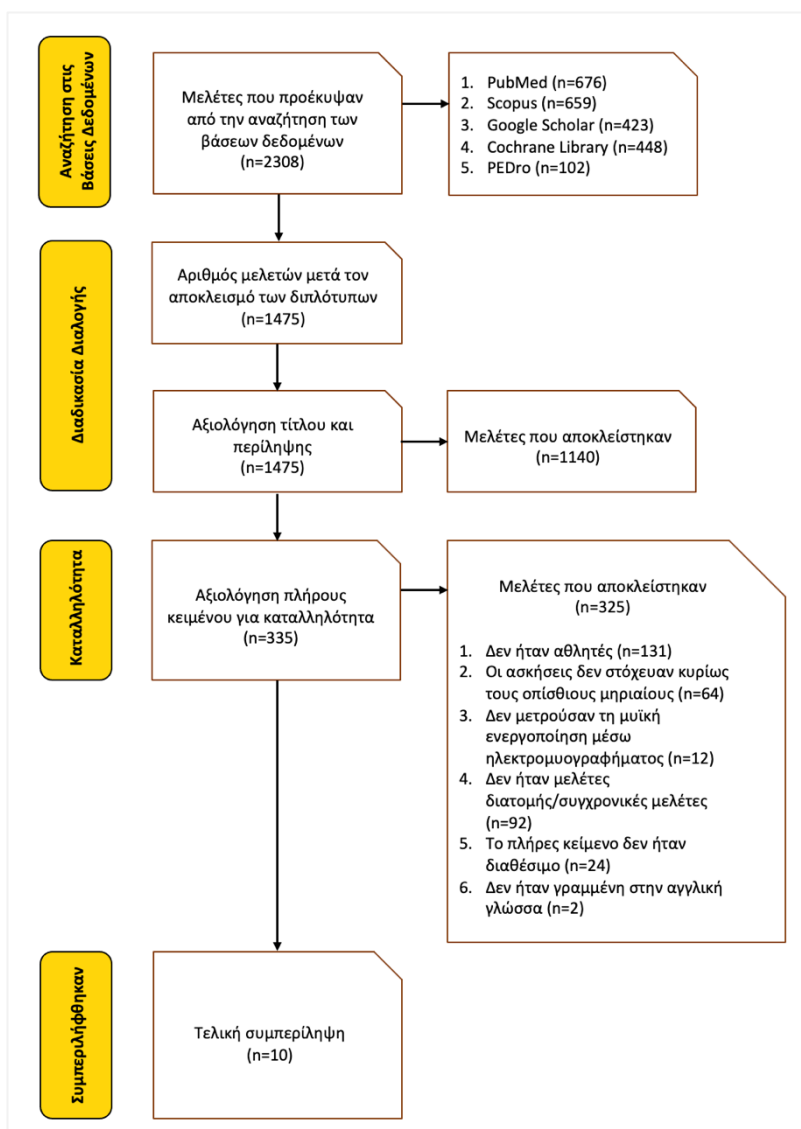
## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**



## **1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΕΛΕΤΩΝ**

Η διαδικασία επιλογής των μελετών της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης παρουσιάζεται στο διάγραμμα ροής (ΠΙΝΑΚΑΣ 1). Η στρατηγική αναζήτησης που ακολουθήθηκε είχε ως αποτέλεσμα τον εντοπισμό 2308 μελετών από τις βάσεις δεδομένων. Ύστερα από την απαλοιφή των διπλοτύπων, 1475 μελέτες συμπεριλήφθηκαν για να ξεκινήσει η διαδικασία επιλογής. Αξιολογήθηκαν ο τίτλος και η περίληψη κάθε μελέτης και αποκλείστηκαν 1140, καθώς δεν πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής και αποκλεισμού που είχαν τεθεί. 335 μελέτες επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση ολόκληρου του άρθρου. Από αυτές, 325 μελέτες αποκλείστηκαν για τους εξής λόγους: δεν συμπεριλάμβαναν αθλητικό πληθυσμό (n=131), οι ασκήσεις που εκτελούνταν δεν στόχευαν κυρίως τους οπίσθιους μηριαίους (n=64), οι μετρήσεις δεν πραγματοποιούνταν με χρήση ηλεκτρομυογραφίας (n=12), η μελέτη δεν ήταν μελέτη διατομής/συγχρονική μελέτη (n=92), το πλήρες κείμενο δεν ήταν διαθέσιμο (n=24) και η μελέτη δεν είχε δημοσιευθεί στην αγγλική γλώσσα (n=2). Τέλος, 10 μελέτες συμπεριλήφθηκαν για την ανάλυση. Η φόρμα εξαγωγής δεδομένων παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:** Διάγραμμα ροής



## **2. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**

Ο ποιοτικός έλεγχος των συμπεριλαμβανομένων μελετών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του εργαλείου αξιολόγησης Newcastle Ottawa Scale (NOS) (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4). Η παραπάνω κλίμακα βασίστηκε σε εκείνες που χρησιμοποιήθηκαν για τις συστηματικές ανασκοπήσεις των Herzog et al (2013) και των Modesti et al (2016), και προσαρμόστηκε στις ανάγκες της παρούσας ανασκόπησης. Ύστερα από την αξιολόγηση, οι διαφορές επιλύθηκαν μέσω συζήτησης μεταξύ των δύο ερευνητών και με τη βοήθεια ενός τρίτου σε περίπτωση διαφωνίας. Σύμφωνα με τους Herzog et al (2013), οι μελέτες που συγκέντρωσαν συνολικά 9-10 βαθμούς θεωρήθηκαν ότι είχαν υψηλή μεθοδολογική ποιότητα, 7-8 βαθμούς θεωρήθηκαν ότι είχαν πολύ καλή μεθοδολογική ποιότητα, 5-6 βαθμούς θεωρήθηκαν ότι είχαν ικανοποιητική

μεθοδολογική ποιότητα, και 0-4 βαθμούς θεωρήθηκαν ότι είχαν μη ικανοποιητική μεθοδολογική ποιότητα. Τα αποτελέσματα του ποιοτικού ελέγχου είναι κατηγοριοποιημένα σε 3 γενικούς τομείς: Επιλογή, Συγκρισιμότητα, Αποτελέσματα. Συνολικά, οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν παρουσίασαν διαφορετικά επίπεδα κατά την αξιολόγηση της μεθοδολογικής ποιότητας. Δύο μελέτες (McAllister et al., 2014; Hirose et al., 2021) είχαν πολύ καλή μεθοδολογική ποιότητα. Επτά μελέτες (Comfort et al., 2017; Oliver και Dougherty, 2009; Oliver και Dougherty, 2009; Zebis et al., 2013; Severini et al., 2018; Hegyi et al., 2018; Sirenko et al., 2022) είχαν ικανοποιητική μεθοδολογική ποιότητα. Τέλος, μία έρευνα, των Guerrero-Henriquez et al (2022), παρουσίασε μη ικανοποιητική μεθοδολογική ποιότητα. Η αξιολόγηση των μελετών φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.

### **3. ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ**

#### **3.1. Ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων ανά άσκηση**

Στην έρευνα των Comfort et al (2017), σκοπός των ερευνητών ήταν, η σύγκριση της μυϊκής δραστηριότητας του δικέφαλου μηριαίου κατά την εκτέλεση της ΝΗ με ραχιαία και πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην ενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου κατά την εκτέλεση της ΝΗ είτε με ραχιαία ( $128.1\% \pm 5.0\%$  MVIC, CV = 3.90%) είτε με πελματιαία κάμψη ( $124.5\% \pm 6.2\%$  MVIC, CV = 4.98%).

Οι Oliver και Dougherty (2009), διερεύνησαν αν η άσκηση RC προκαλεί σημαντική ενεργοποίηση στη μυϊκή ομάδα των οπίσθιων μηριαίων. Οι έσω οπίσθιοι μηριαίοι (ημιμυενώδης-ημιτενοντώδης) έδειξαν το υψηλότερο επίπεδο ενεργοποίησης φθάνοντας έως και το 220% MVIC, SD = 66.08, ενώ ο δικέφαλος μηριαίος παρουσίασε μέγιστη ενεργοποίηση έως και 140% MVIC, SD = 33.87.

Οι Oliver και Dougherty (2009), είχαν ως στόχο τη σύγκριση της μυϊκής ενεργοποίησης των έσω οπίσθιων μηριαίων μυών (ημιτενοντώδης-ημιμυενώδης) και του δικέφαλου μηριαίου μυός, κατά τη διάρκεια της άσκησης RC, με την ενεργοποίησή τους κατά την παραδοσιακή άσκηση PHC. Όσον αφορά τους έσω οπίσθιους μηριαίους (ημιμυενώδης-ημιτενοντώδης) παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ενεργοποίηση κατά 28.59% MVIC στην RC (περίπου 90% MVIC) σε σύγκριση με την PHC (περίπου 60% MVIC). Ο δικέφαλος μηριαίος παρουσίασε επίσης μεγαλύτερη ενεργοποίηση κατά την RC (περίπου 65% MVIC) σε σύγκριση με PHC (περίπου 60% MVIC) με διαφορά 5.86% MVIC.

Οι McAllister et al (2014), θέλησαν να προσδιορίσουν τη συμμετοχή των οπίσθιων μηριαίων κατά τη διάρκεια των ασκήσεων (GHR, GM, RDL και PLC). Τα ηλεκτρομυογραφικά δεδομένα εκφράστηκαν ως μέσοι όροι τόσο για την έκκεντρη όσο και για τη σύγκεντρη φάση της άσκησης. Οι έσω οπίσθιοι μηριαίοι και ο δικέφαλος μηριαίος παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση τους κατά τη σύγκεντρη φάση της άσκησης GHR με  $1197.2 \pm 405.3$  mV και  $387.7 \pm 133.4$  mV αντίστοιχα. Από την άλλη πλευρά, η χαμηλότερη ενεργοποίηση των έσω οπίσθιων μηριαίων παρατηρήθηκε κατά τη PLC ( $350.7 \pm 146.6$  mV), ενώ στην ίδια άσκηση παρατηρήθηκε η χαμηλότερη ενεργοποίηση και για τον δικέφαλο μηριαίο ( $93.3 \pm 37.7$  mV).

Οι Zebis et al (2013), είχαν ως στόχο να διερευνήσουν το επίπεδο ενεργοποίησης του δικέφαλου μηριαίου και του ημιτενοντώδη κατά τη διάρκεια επιλεγμένων ασκήσεων που χρησιμοποιούνται είτε για πρόληψη είτε/και για αποκατάσταση (KS, NH lowers, Supine one-leg curls, Supine pelvis lifts, RDL, HE, HEB, Seated leg curl, PLC). Οι ερευνητές εξέτασαν τα ηλεκτρομυογραφικά δεδομένα ως το ποσοστό της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής συστολής των μυών (% MVIC) και τα εξέφρασαν ως μέσους όρους ( $\pm$  SD). Ο δικέφαλος μηριαίος σημείωσε τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του στην άσκηση SuLC  $121 \pm 33\%$  MVIC, τη στιγμή που η άρθρωση του γόνατος βρισκόταν στις  $27^\circ$  κάμψης και εκείνη του ισχίου στις  $3^\circ$ . Όσον αφορά τον ημιτενοντώδη, η μεγαλύτερη ενεργοποίηση παρατηρήθηκε κατά την εκτέλεση της άσκησης KS  $115 \pm 55\%$  MVIC, με τη γωνία κάμψης του γόνατος να είναι στις  $7^\circ$  και του ισχίου στις  $72^\circ$ . Από την άλλη πλευρά, η μικρότερη ενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου παρατηρήθηκε κατά την άσκηση RDL  $56 \pm 20\%$  MVIC, με τη γωνία κάμψης του γόνατος και του ισχίου να είναι στις  $0^\circ$  και  $65^\circ$  αντίστοιχα. Όσον αφορά τον ημιτενοντώδη η χαμηλότερη ενεργοποίηση σημειώθηκε στην άσκηση HE  $67 \pm 32\%$  MVIC, με κάμψη γόνατος  $0^\circ$  και ισχίου  $15^\circ$ .

Οι Severini et al (2018) είχαν ως στόχο τη διεξαγωγή μιας κινηματικής και ηλεκτρομυογραφικής ανάλυσης του πρωτοκόλλου L, προκειμένου να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά ενεργοποίησης του δικέφαλου μηριαίου και ημιτενοντώδη μυ. Μέτρησαν ότι κατά την άσκηση Extender η ενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου ήταν χαμηλή, με τιμή  $11.69 \pm 2.73\%$ , ενώ του ημιτενοντώδη ήταν αμελητέα. Στην άσκηση Diver, οι δύο μύες παρουσίασαν παρόμοια ενεργοποίηση στο μεγαλύτερο μέρος της άσκησης, η οποία δεν ξεπερνούσε το 50%. Η μέγιστη τιμή και για τους δύο μύες φάνηκε να επιτυγχάνεται στην αρχή της σύγκεντρης φάσης της άσκησης. Κατά την έκκεντρη φάση, η ενεργοποίησή τους δεν ξεπέρασε το 30%. Παρόμοιες τιμές μετρήθηκαν στην άσκηση Glider. Η ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων αυξανόταν κατά τη διάρκεια της άσκησης και οι μύες φαίνονταν απολύτως συγχρονισμένοι. Η μέγιστη τιμή κυμαινόταν ανάμεσα στο 55-60%, στην αρχή της σύγκεντρης φάσης. Στο τέλος της έκκεντρης φάσης, η ενεργοποίηση έφτασε μέχρι περίπου το 35%.

Οι Hegyi et al (2018) κατέγραψαν την ενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου και ημιτενοντώδη μυ κατά την εκτέλεση 9 τυπικών ασκήσεων οπίσθιων μηριαίων (good morning, unilateral Romanian deadlift, cable pendulum, bent-knee bridge, 45° hip extension, prone leg curl, slide leg curl, upright hip extension conic-pulley, and straight-knee bridge). Πραγματοποίησαν μετρήσεις ξεχωριστά στην έκκεντρη και σύγκεντρη σύσπαση. Για κάθε μυ μετρήθηκε η ενεργοποίηση σε τρία διαφορετικά ανατομικά τμήματα: εγγύς, μέσο και άπω. Όσον αφορά τον δικέφαλο μηριαίο, η μεγαλύτερη ενεργοποίηση παρατηρήθηκε στην άσκηση SB στο μέσο του μυός τόσο στην έκκεντρη (54% MVIC) όσο και στη σύγκεντρη σύσπαση (83% MVIC). Ο ημιτενοντώδης παρουσίασε τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση στην ίδια άσκηση κατά τη σύγκεντρη σύσπασή του (85% MVIC) στο εγγύς σημείο του. Κατά την έκκεντρη σύσπαση, η μεγαλύτερη ενεργοποίηση μετρήθηκε στην άσκηση SLC στο εγγύς σημείου του μυός (51% MVIC).

Οι Hirose et al (2021) θέλησαν να διερευνήσουν τη δραστηριότητα του δικέφαλου μηριαίου σε σύγκριση με εκείνη του ημιτενοντώδη και ημιϋμενώδη μυών σε διάφορες γωνίες κάμψης του γόνατος κατά την εκτέλεση της παραδοσιακής NH και της NH σε επικλινή επιφάνεια. Παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές ενεργοποίησης στην άσκηση NH, οι οποίες άγγιζαν το 90% για τον ημιτενοντώδη, 80% για τον ημιϋμενώδη και 71.3% για τον δικέφαλο μηριαίο. Κατά την άσκηση ICL50, οι τιμές ήταν χαμηλότερες, με τον ημιτενοντώδη να ενεργοποιείται στο 37%, τον ημιϋμενώδη στο 39% και τον δικέφαλο μηριαίο στο 36%. Η ενεργοποίηση στην άσκηση ICL30 ήταν για τον ημιτενοντώδη 63.6%, για τον ημιϋμενώδη 65% και για τον δικέφαλο μηριαίο 63.5%. Στην άσκηση ICH50, η ενεργοποίηση του ημιτενοντώδη ήταν 34%, του ημιϋμενώδη 40% και του δικέφαλου μηριαίου 45%. Τέλος, κατά την άσκηση ICH30 παρατηρήθηκε υψηλή ενεργοποίηση, με τιμές 68% για τον ημιτενοντώδη, 70% για τον ημιϋμενώδη και 74.5% για τον δικέφαλο μηριαίο.

Στη μελέτη τους οι Sirenko et al (2022) θέλησαν να τεκμηριώσουν τους παράγοντες που βελτιστοποιούν τη φυσική ικανότητα έμπειρων ποδοσφαιριστών. Μέτρησαν την ενεργοποίηση στο δεξί και στο αριστερό κάτω άκρο ξεχωριστά κατά την κάμψη του γόνατος από πρηνή θέση. Για το δεξί κάτω άκρο, βρέθηκε πως η μέγιστη τιμή ενεργοποίησης επιτυγχάνεται στον ημιϋμενώδη περίπου στα 8200  $\mu\text{V}$ , για τον ημιτενοντώδη περίπου στα 8000  $\mu\text{V}$  και για τον δικέφαλο μηριαίο περίπου στα 8100  $\mu\text{V}$ , με τις τιμές να παρατηρούνται και για τους τρεις μύες σε γωνία 140° του γόνατος (40° από θέση πλήρους έκτασης). Για το αριστερό κάτω άκρο, βρέθηκε πως η μέγιστη τιμή ενεργοποίησης επιτυγχάνεται στον ημιϋμενώδη περίπου στα 8500  $\mu\text{V}$  και περίπου στα 7500  $\mu\text{V}$  για τον ημιτενοντώδη και για τον δικέφαλο μηριαίο, με τις τιμές να παρατηρούνται και για τους τρεις μύες στην ίδια γωνία με το αντίθετο κάτω άκρο.

Οι Guerrero-Henriquez et al (2022) αξιολόγησαν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των οπίσθιων μηριαίων κατά την έκκεντρη σύσπαση των οπίσθιων μηριαίων υπό διαφορετικές παραμέτρους σχετικοποίησης. Αξιολόγησαν την ενεργοποίηση στη διάρκεια 5 επαναλήψεων της άσκησης NH, κατά τις οποίες μετρήθηκε η μυϊκή ενεργοποίηση σε 3 εύρη τροχιάς (R1: 0%–33%, R2: 33%–66% και R3: 66%–100%). Η μεγαλύτερη ενεργοποίηση (περίπου 84%) παρουσιάστηκε στον ημιτενοντώδη μυ και κυρίως κατά το R1 της 2<sup>ης</sup> επανάληψης. Όσον αφορά τον δικέφαλο μηριαίο, η μεγαλύτερη ενεργοποίηση (περίπου 76%) παρατηρήθηκε, για το δεξί κάτω άκρο, στο R1 της 5<sup>ης</sup> επανάληψης, και για το αριστερό κάτω άκρο, στο R1 της 2<sup>ης</sup> επανάληψης. Σε όλες τις επαναλήψεις παρατηρήθηκε φθίνουσα πορεία της ενεργοποίησης καθώς αυξανόταν το εύρος κίνησης (R1 → R3).

Ο πίνακας με την ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων μυών για κάθε μελέτη παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.

### 3.2. Καταγραφή πρόσθετων μυών

Στη μελέτη των Comfort et al (2017) παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στα ηλεκτρομυογραφικά δεδομένα της έσω κεφαλής του γαστροκνημίου μυός. Η ενεργοποίηση της κατά την εκτέλεση του NH με ραχιαία κάμψη ήταν  $83.5\% \pm 4.8\%$  MVIC, CV = 5.75%, ενώ με πελματιαία κάμψη ήταν  $82.1\% \pm 3.9\%$  MVIC, CV = 4.75%.

Στην έρευνα των Oliver και Dougherty (2009), η RC εκτός των οπίσθιων μηριαίων, οδήγησε σε αξιοσημείωτη ενεργοποίηση του μείζονος γλουτιαίου ίση με 100% MVIC κατά τη σύγκεντρη σύσπασή του. Από την άλλη πλευρά ο μέσος γλουτιαίος παρουσίασε μέγιστη ενεργοποίηση, στη σύγκεντρη φάση της άσκησης ίση με 66.67% MVIC. Να σημειωθεί πως η υψηλότερη ενεργοποίηση των γλουτιαίων μυών παρατηρήθηκε από το σημείο 90° των ισχίων έως το σημείο κάμψης των γονάτων πέραν των 90°.

Στην έρευνα των Oliver και Dougherty (2009), αξιολογήθηκε ακόμη η ενεργοποίηση του Μεγάλου και μέσου γλουτιαίου μυ. Ο πρώτος παρουσίασε μεγαλύτερη ενεργοποίηση κατά την RC (περίπου 40% MVIC) σε σύγκριση με την PHC (περίπου 35% MVIC) κατά 5.45% MVIC. Ο μέσος γλουτιαίος κατά την RC ενεργοποιήθηκε περισσότερο (περίπου 30% MVIC) σε σύγκριση με την PHC (περίπου 25% MVIC) κατά 3.17% MVIC. Οι παραπάνω ενεργοποιήσεις των μυών παρατηρήθηκαν κατά τη σύγκεντρη σύσπαση τους.

Οι McAllister et al (2014), αξιολόγησαν επίσης τη δραστηριότητα του μέσου γλουτιαίου, του ορθοτήρα του κορμού και της έσω κεφαλής του γαστροκνημίου μυός. Ο ορθοτήρας του κορμού παρουσίασε τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του κατά τη σύγκεντρη σύσπαση της GHR ( $432.0 \pm 162.0$  mV) και τη μικρότερη κατά τη GM ( $216.6 \pm 164.8$  mV). Η

έσω κεφαλή του γαστροκνημίου ενεργοποιήθηκε περισσότερο κατά τη σύγκεντρη φάση του RDL ( $285.5 \pm 119.4$  mV) και λιγότερο στην ίδια φάση της GM (70 mV). Τέλος, ο μέσος γλουτιαίος παρουσίασε τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του κατά τη GHR ( $220.7 \pm 110.9$  mV) ενώ τη μικρότερη κατά τη GM ( $43.1 \pm 64.1$  mV) με τις δύο τιμές να σημειώνονται στη σύγκεντρη φάση των ασκήσεων.

Οι Severini et al (2018) αξιολόγησαν, επίσης, τη μυϊκή ενεργοποίηση του ορθού μηριαίου και του μείζονος γλουτιαίου. Κατά την EXT, ο μείζων γλουτιαίος, όπως και ο ημιτενοντώδης, ενεργοποιούταν ελάχιστα. Ο ορθός μηριαίος παρουσίασε τη μέγιστη τιμή ενεργοποίησής του ( $23.53 \pm 4.87\%$ ) κατά σύγκεντρη συστολή του. Στη DV άσκηση, ενεργοποίηση  $83.79 \pm 12.81\%$  παρατηρήθηκε στον μείζων γλουτιαίο, η οποία καταγράφηκε περίπου στο σημείο μέγιστης κάμψης του ισχίου. Η ενεργοποίηση του ορθού μηριαίου σε αυτή την άσκηση ήταν αμελητέα. Τέλος, στη GL, ο μείζων γλουτιαίος παρουσίασε παρόμοιο μοτίβο ενεργοποίηση με τους οπίσθιους μηριαίους, αλλά σε χαμηλότερες τιμές, με μέγιστη τιμή περίπου 28% (περίπου στο 18% της έκκεντρης φάσης των οπίσθιων μηριαίων). Ο ορθός μηριαίος διατηρούσε μία ενεργοποίηση της τάξεως του 10% ( $10.43 \pm 0.86\%$ ).

Στη μελέτη των Hirose et al (2021) μετρήθηκε επίσης η ενεργοποίηση των μείζων γλουτιαίου, ορθοτήρα του κορμού και ορθού κοιλιακού. Καταγράφηκαν υψηλότερες τιμές ενεργοποίησης στον ορθοτήρα του κορμού σε όλες τις ασκήσεις. Στην άσκηση NH, η ενεργοποίηση ήταν 76% για τον ορθοτήρα του κορμού, 10% για τον μείζων γλουτιαίο και 12% για τον ορθό κοιλιακό. Κατά την άσκηση ICL50, παρατηρήθηκαν χαμηλότερες τιμές, με τον ορθοτήρα του κορμού να ενεργοποιείται κατά 32%, τον μείζων γλουτιαίο κατά 8% και τον ορθό κοιλιακό κατά 3%. Η ενεργοποίηση στην άσκηση ICL30 ήταν για τον ορθοτήρα του κορμού 60% και 9% για τον μείζων γλουτιαίο και τον ορθό κοιλιακό. Στην άσκηση ICH50, η ενεργοποίηση του ορθοτήρα του κορμού ήταν 30%, του μείζων γλουτιαίου 8% και του ορθού κοιλιακού 2%, η χαμηλότερη τιμή που καταγράφηκε σε όλες τις ασκήσεις. Τέλος, κατά την άσκηση ICH30 παρατηρήθηκε ενεργοποίηση με τιμές 60% για τον ορθοτήρα του κορμού, 10% για τον μείζων γλουτιαίο και 7% για τον ορθό κοιλιακό.

Ο πίνακας με την ενεργοποίηση των πρόσθετων μυών για κάθε μελέτη παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7.

### **3.3. Τρόπος καταγραφής και παρουσίασης μυϊκής ενεργοποίησης**

Στις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν διάφορους τρόπους παρουσίασης της μυϊκής ενεργοποίησης (διαγράμματα, πίνακες, γραφήματα). Πιο συγκεκριμένα, οι μελέτες (McAllister et al., 2014; Comfort et al., 2017; Hegyi et al., 2018;

Hirose et al., 2021), παρουσιάζουν αριθμητικά τη μυϊκή ενεργοποίηση και παράλληλα την απεικονίζουν σε γράφημα. Οι μελέτες των Oliver και Dougherty (2009) και Zebis et al (2013) χρησιμοποιούν πίνακες για την παρουσίαση της μυϊκής ενεργοποίησης εκτός από την ανάλυσή της στο κείμενο. Αντιθέτως, οι μελέτες των Guerrero-Henriquez et al (2022) και των Sirenko et al (2022) παρουσιάζουν τη μυϊκή ενεργοποίηση αποκλειστικά μέσω γραφημάτων. Η μελέτη των Oliver και Dougherty (2009) παραθέτει την ενεργοποίηση των μυών σε πίνακα και σε γράφημα. Τέλος, οι Severini et al (2018) πέρα από την ανάλυση της μυϊκής ενεργοποίησης στο κείμενο δεν χρησιμοποιούν κάποια άλλη μέθοδο παρουσίασής της. Η γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων των μελετών των Guerrero-Henriquez et al (2022) και των Sirenko et al (2022) παρουσιάζεται στα ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 8 και 9.

### **3.4. Παραλλαγές ασκήσεων**

Οι Comfort et al (2017) παρουσίασαν δύο παραλλαγές της άσκησης NH, τοποθετώντας το άκρο πόδι είτε σε ραχιαία είτε σε πελματιαία κάμψη. Οι Hirose et al (2021) πραγματοποίησαν την ίδια άσκηση σε επικλινή επιφάνεια και παρουσίασαν 4 διαφορετικές παραλλαγές της άσκησης, αλλάζοντας τόσο την κλίση της επιφάνειας ( $50^\circ$  ή  $40^\circ$ ), όσο και τη γωνία κάμψης των γονάτων ( $30^\circ$  ή  $50^\circ$  από τη θέση πλήρους έκτασης).

Στη μελέτη τους οι Zebis et al (2013) αξιολόγησαν 3 παραλλαγές: τη SuLC, τη SLC και την PLC. Οι Hegyi et al (2018) την PLC και τη slide leg curl.

### **3.5. Περιγραφή ασκήσεων**

Στη μελέτη των Comfort et al (2017) αξιολογήθηκε η άσκηση NH σε συνδυασμό με ραχιαία ή πελματιαία κάμψη των ποδοκνημικών αρθρώσεων. Οι Hegyi et al (2018) αξιολόγησαν 9 ασκήσεις οπίσθιων μηριαίων: GM, unilateral RDL, cable pendulum, bent-knee bridge,  $45^\circ$  hip extension, PLC, slide leg curl, upright hip extension conic-pulley και straight-knee bridge. Και στις δυο μελέτες γίνεται αναφορά στις ασκήσεις που πραγματοποιήθηκαν χωρίς περιγραφή της διαδικασίας εκτέλεσής τους.

Στη μελέτη των Oliver και Dougherty (2009), αξιολογήθηκε η ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων κατά την άσκηση RC. Η άσκηση παρουσιάζεται επαρκώς και σε συνδυασμό με τις εικόνες που παραθέτουν οι συγγραφείς, είναι απόλυτα κατανοητή. Αρχικά, όλες οι αρθρώσεις ήταν σε έκταση. Απαιτούνταν κάμψη  $90^\circ$  στα ισχία και τα γόνατα ταυτόχρονα, με έντονη σύσπαση των οπίσθιων μηριαίων για να επιτευχθεί πλήρης κάμψη στα γόνατα. Οι αθλητές εκτελούσαν 5 επαναλήψεις της άσκησης, χωρίς ξεκούραση μεταξύ επαναλήψεων.



Κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων, οι αθλητές καθοδηγούνταν μέσω προφορικών οδηγιών για τη διατήρηση της σωστής θέσης του σώματος.

Στη μελέτη των Oliver και Dougherty (2009), οι αθλητές εκτέλεσαν 5 επαναλήψεις της άσκησης hamstring curl σε πρηνή θέση. Οι ασκούμενοι βρίσκονταν σε πρηνή θέση με τα ισχία ελαφρώς σε κάμψη, περίπου 20-30°. Ύστερα, εκτελούσαν κάμψη των γονάτων ενεργοποιώντας τους οπίσθιους μηριαίους μύες. Οι αθλητές εκτελούσαν 5 επαναλήψεις της άσκησης, χωρίς ξεκούραση μεταξύ επαναλήψεων. Κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων, οι αθλητές καθοδηγούνταν μέσω προφορικών οδηγιών για τη διατήρηση της σωστής θέσης του σώματος.

Οι McAllister et al (2014) μέτρησαν την ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων σε 4 ασκήσεις: leg curl, GHR, GM και RDL. Οι ασκήσεις αυτές περιγράφονται επαρκώς, χωρίς όμως οπτική βοήθεια μέσω εικόνων (εκτός από την GHR). Η άσκηση leg curl, πραγματοποιούνταν σε ένα τροποποιημένο μηχάνημα, σχεδιασμένο γι' αυτήν την άσκηση με τη δυνατότητα αύξησης της αντίστασης προσθέτοντας δίσκους βαρών. Ο ασκούμενος τοποθετούνταν στο μηχάνημα έτσι ώστε ο άξονας στροφής του μοχλοβραχίονα να είναι στο κέντρο της άρθρωσης του γόνατος. Το απαιτούμενο εύρος τροχιάς, από την αρχική θέση μέχρι ο μοχλοβραχίονας να ακουμπήσει την οπίσθια επιφάνεια των κάτω άκρων, είχε οριστεί στις 110°. Στην άσκηση GHR, ο αθλητής κρατούσε το επιπλέον φορτίο αντίστασης μπροστά στο στήθος του, με το κέντρο του βάρους να είναι ευθυγραμμισμένο με την ξιφοειδή απόφυση. Το εύρος τροχιάς ήταν προκαθορισμένο μέχρι τις 90° κάμψης του γόνατος, διατηρώντας το ισχίο σε ουδέτερη θέση (0°) καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης. Η άσκηση GM ξεκινούσε από 180° έκτασης ισχίου (όρθια θέση) με μία ολυμπιακή μπάρα (20kg) να είναι τοποθετημένη στην άνω μοίρα του τραπεζοειδή μυ. Εκτελούνταν έκκεντρη κάμψη του ισχίου έως ότου ο κορμός να είναι παράλληλος με το έδαφος (περίπου 90° κάμψης των ισχίων). Η άσκηση ολοκληρωνόταν με σύγκεντρη συστολή των εκτεινόντων μυών των ισχίων μέχρι ο αθλητής να επανέλθει στην αρχική όρθια θέση. Τέλος, η άσκηση RDL πραγματοποιούνταν με τη χρήση ολυμπιακής μπάρας, την οποία οι αθλητές κρατούσαν στην πρόσθια επιφάνεια των μηρών, με τα αντιβράχια σε πρηνισμό. Η εκτέλεση της άσκησης ήταν ίδια με τη GM, με μόνη διαφορά τη θέση της μπάρας.

Στη μελέτη τους οι Zebis et al (2013) περιέγραψαν αναλυτικά και με κατανοητό τρόπο τις ασκήσεις που συμπεριέλαβαν. Η άσκηση KS πραγματοποιούνταν με ένα kettlebell βάρους 12 ή 16 κιλών, ανάλογα με το επίπεδο της δύναμης του κάθε αθλητή (20RM). Ο αθλητής στεκόταν μπροστά από το kettlebell με τα κάτω άκρα ανοιχτά στο πλάτος των ώμων. Διατηρώντας τη σπονδυλική στήλη σε ουδέτερη θέση, ο ασκούμενος έκαμπτε τα ισχία και τα γόνατα και έπιανε με τα δύο χέρια το kettlebell. Σε αυτή τη φάση, ο κορμός ήταν παράλληλος με το έδαφος και τα γόνατα ελαφρώς σε κάμψη (περίπου 10-15°). Ο αθλητής έφερνε με δύναμη

το kettlebell προς τα πίσω, ανάμεσα στα κάτω άκρα. Στη συνέχεια άλλαξε την κατεύθυνση της κίνησης και με μεγάλη ταχύτητα και εκρηκτική έκταση των ισχίων, έφερε το kettlebell μπροστά του στο επίπεδο του στήθους του, όπου τα ισχία και τα γόνατα ήταν σε έκταση και ο αθλητής σε όρθια θέση. Η άσκηση NH εκτελούνταν πάνω σε στρώμα γυμναστικής και με τη συμβολή ενός βοηθού, ο οποίος κρατούσε σταθερά τα κάτω άκρα στις ποδοκνημικές. Ο αθλητής άφηνε το σώμα του να πέσει προς τα μπροστά με αργή ταχύτητα, αντιστεκόμενος στην πτώση με τη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος. Κατά την άσκηση SuLC, ο ασκούμενος ξεκινούσε σε ύπτια θέση με τα άνω άκρα δίπλα από το σώμα του και με τα ισχία σε έκταση και τη λεκάνη ανυψωμένη από το έδαφος. Το ένα κάτω άκρο ήταν σε πλήρη έκταση. Το κάτω άκρο που πραγματοποιούσε την άσκηση ακουμπούσε στο έδαφος πάνω σε ένα μικρό χαλί το οποίο ολίσθαινε με ευκολία. Ο αθλητής ολίσθαινε το κάτω άκρο μπροστά και πίσω κάμπτοντας και εκτείνοντας ισχία και γόνατα. Στην άσκηση supine pelvis lifts, ο ασκούμενος ξεκινούσε σε ύπτια θέση με τα άνω άκρα δίπλα από το σώμα του. Το γόνατο του ασκούμενου κάτω άκρου ήταν σε κάμψη με το άκρο πόδι να ακουμπάει στο έδαφος. Το άλλο κάτω άκρο ήταν λυγισμένο και πάνω από το ασκούμενο (σταυροπόδι). Τα ισχία ανυψώνονταν από το έδαφος έως ότου τα γόνατα, τα ισχία και οι ώμοι να ευθυγραμμιστούν. Κατά την άσκηση RDL ο ασκούμενος στεκόταν κοντά στην μπάρα (αντίσταση ανάλογη με 12RM) με τα κάτω άκρα παράλληλα και ανοιχτά στο πλάτος των ώμων. Διατηρώντας τον κορμό ευθειασμένο, με κάμψη των ισχίων και ελαφριά κάμψη των γονάτων (περίπου 10-15°) ο αθλητής έπιανε την μπάρα. Η μπάρα ανυψωνόταν εκτείνοντας τα ισχία και τα γόνατα μέχρι ο αθλητής να έρθει σε όρθια θέση. Στην άσκηση HE, ο αθλητής περιγράφεται σε πρηνή θέση με τα κάτω άκρα σταθεροποιημένα σε ένα τραπέζι και με τα ισχία και τον κορμό εκτός τραπεζιού. Το σώμα πέφτει ελεγχόμενα μπροστά έως ότου ο ασκούμενος να αισθανθεί τους οπίσθιους μηριαίους να διατείνονται. Στο σημείο αυτό, το σώμα ανυψώνεται μέχρι τα ισχία να εκταθούν πλήρως. Ο κορμός παραμένει ευθειασμένος καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης. Στην seated leg curl έγινε χρήση του Biodex Medical isokinetic dynamometer (System 3 Pro, Brookhaven R&D Plaza), στο οποίο ο αθλητής βρισκόταν σε καθιστή θέση με κάμψη 80° στα ισχία του. Με την οπίσθια επιφάνεια της γαστροκνημίας του, έσπρωχνε τον βραχίονα του δυναμόμετρου πραγματοποιώντας μέγιστη ισομετρική σύσπαση (60°/s). Το εύρος της κίνησης ήταν 80°, ξεκινώντας από 10° κάμψης γόνατος έως 90°. Στην άσκηση HEB, η εκτέλεση ήταν η ίδια με την άσκηση HE, με τη διαφορά ότι ο ασκούμενος κρατούσε μία μπάρα 13.3 κιλών για επιπλέον αντίσταση. Τέλος, για την PLC έγινε επίσης χρήση του ίδιου δυναμόμετρου, όμως χωρίς κάμψη στην άρθρωση του ισχίου. Η άσκηση ξεκινά με τον αθλητή να βρίσκεται σε πρηνή θέση. Με την οπίσθια επιφάνεια της γαστροκνημίας του, σπρώχνει τον βραχίονα του

δυναμόμετρου πραγματοποιώντας μέγιστη ισομετρική σύσπαση (60°/s). Το εύρος της κίνησης είναι 80°, ξεκινώντας από 10° κάμψης γόνατος έως 90°.

Οι Severini et al (2018) περιέγραψαν αναλυτικά της ασκήσεων που αξιολόγησαν, με παράλληλη χρήση οπτικού υλικού. Κατά την EXT, ο αθλητής ήταν σε ύπτια θέση με το δεξί κάτω άκρο σε κάμψη 90°, το οποίο διατηρούσε σε αυτή τη θέση με τη βοήθεια των χεριών του. Εκτελούνταν αργή έκταση του γόνατος μέχρι το σημείο μέγιστης δυνατής έκτασης. Στην άσκηση DV, ο ασκούμενος εκτελεί μία προσομοίωση βουτιάς. Στεκόταν στο δεξί πόδι, με το αριστερό γόνατο σε κάμψη περίπου 90° και το αριστερό κάτω άκρο ανυψωμένο. Στη συνέχεια, έκαμπτε το αριστερό ισχίο και τέντωνε τα άνω άκρα μπροστά. Ο αθλητής προσπαθούσε να πετύχει μέγιστη έκταση του ανυψωμένου ισχίου διατηρώντας επίπεδη τη λεκάνη του. Το δεξί γόνατο, διατηρούνταν σε ελαφρά κάμψη περίπου 10°. Στη GL άσκηση, ο ασκούμενος στεκόταν σε μία λεία ξύλινη πλατφόρμα, κρατώντας μία μπάρα υποστήριξης στα αριστερά του. Η άσκηση ξεκινά με τον αθλητή σε όρθια θέση με τα κάτω άκρα ελαφρώς ανοιχτά. Κρατώντας την μπάρα, το αριστερό κάτω άκρο γλιστρούσε προς τα πίσω. Δόθηκε η οδηγία να εφαρμόζει όλο το βάρος του στην πτέρνα του δεξιού κάτω άκρου. Η άσκηση σταματούσε στο σημείο που ο ασκούμενος αδυνατούσε να συνεχίσει την προς τα πίσω κίνηση. Η επαναφορά στην αρχική θέση πραγματοποιούνταν με τη βοήθεια και των δύο άνω άκρων.

Οι Hirose et al (2021) περιγράφουν αναλυτικά τις ασκήσεις που πραγματοποιήθηκαν στη μελέτη τους. Κατά την NH, ο ασκούμενος ήταν σε γονυπετή θέση με τις ποδοκνημικές και τα ισχία σε ουδέτερη θέση και με τα γόνατα τοποθετημένα πάνω σε ένα διπλωμένο ελαστικό στρώμα στο πλάτος των ισχίων. Ο ερευνητής κρατούσε σταθερά τις ποδοκνημικές του αθλητή, ενώ ταυτόχρονα πίεζε τα γόνατά του στην πελματιαία επιφάνεια των άκρων ποδιών. Ο αθλητής έφερνε το σώμα του όσο μπροστά μπορούσε ενώ διατηρούσε τα άνω άκρα του σταυρωμένα στο στήθος του. Παρέμενε σε αυτή τη θέση για 5 δευτερόλεπτα. Δεν αναφέρονται λεπτομέρειες για τον τρόπο επαναφοράς του αθλητή στην αρχική θέση. Στις ICL και ICH, ο ασκούμενος βρισκόταν σε γονυπετή θέση σε μία επικλινή πλατφόρμα και διατηρώντας τον κορμό του στο κατακόρυφο επίπεδο, με τα δάχτυλα και των δύο ποδιών τοποθετημένα περίπου 10 εκατοστά έξω από την πλατφόρμα. Τα δύο γόνατα βρίσκονταν στην ευθεία των αρθρώσεων των ισχίων, τα ισχία σε ουδέτερη θέση και τα άνω άκρα σταυρωμένα στο στήθος. Ένας ερευνητής σταθεροποιούσε τον ασκούμενο κρατώντας τις ποδοκνημικές και πιέζοντας την επιφάνεια σταθεροποίησης του άκρου ποδιού στην πελματιαία επιφάνεια του ασκούμενου. Άλλος ερευνητής τοποθέτησε το σταθερό μέρος ενός χειροκίνητου γωνιομέτρου κατά μήκος της περόνης (νοητή γραμμή που ενώνει το έξω σφυρό με την κεφαλή της περόνης), το οποίο ήταν καθορισμένο στις 130° (50° κάμψης γόνατος) ή στις 150° (30° κάμψης γόνατος). Ύστερα, ο αθλητής έφερνε το σώμα του μπροστά έως ότου οι μηροί έφταναν το κινούμενο μέρος.

Παρέμενε σε αυτή τη θέση για 5 δευτερόλεπτα. Δεν αναφέρονται λεπτομέρειες για τον τρόπο επαναφοράς του αθλητή στην αρχική θέση.

Στη μελέτη τους οι Sirenko et al (2022) δεν περιγράφουν επαρκώς την άσκηση που αξιολογήθηκε. Οι αθλητές εκτέλεσαν κάμψη γόνατος από πρηνή θέση. Η άσκηση πραγματοποιούνταν για 5 δευτερόλεπτα με μέγιστη προσπάθεια του ασκούμενου. Τα ισχία διατηρούνταν σε θέση 35° κάμψης και έγιναν μετρήσεις σε γωνίες της άρθρωσης του γόνατος (180°, 165°, 145° και 125°). Οι ασκήσεις πραγματοποιούνταν σε ειδικό πάγκο για τη συγκεκριμένη άσκηση.

Οι Guerrero-Henriquez et al (2022) μέτρησαν την ενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου και του ημιτενοντώδη κατά την άσκηση NH. Η περιγραφή της διαδικασίας δεν ήταν επαρκής. Οι αθλητές αρχικά παρακολούθησαν την ορθή εκτέλεση της άσκησης σε βίντεο. Η άσκηση πραγματοποιούνταν σε έναν πάγκο EN-Tree (Enraf-Nonius), ο οποίος διαθέτει ένα σύστημα σταθεροποίησης των κάτω άκρων κατά τη διάρκεια της άσκησης. Επίσης, έγινε χρήση μετρονόμου για τον έλεγχο της πτώσης του σώματος κατά την άσκηση, με ρυθμό 30 χτύπους ανά λεπτό, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί πως η συνολική διάρκεια της άσκησης θα είναι τουλάχιστον 3 δευτερόλεπτα. Οι αθλητές εκτελούσαν 5 επαναλήψεις, με ενδιάμεσο διάλειμμα 2 λεπτών για να αποφευχθεί η μυϊκή κόπωση.

### **3.6. Πληθυσμός (τύπος αθλήματος, συχνότητα, αθλητικό επίπεδο)**

Οι Comfort et al (2017) συμπεριέλαβαν ένα δείγμα το οποίο αποτελούνταν από 15 άνδρες αθλητές κολεγιακών ομάδων ποδοσφαίρου ή ράγκμπι. Οι αθλητές είχαν τουλάχιστον 2 χρόνια εμπειρίας συμμετοχής σε συχνή προπόνηση αντίστασης ( $\geq 3$  φορές/εβδομάδα), συμπεριλαμβανομένης της άσκησης NH.

Στις δύο μελέτες των Oliver και Dougherty (2009) συμμετείχαν 8 ενδοκολεγιακές αθλήτριες οι οποίες αγωνίζονταν στην πρώτη κατηγορία των κολεγιακών πρωταθλημάτων, χωρίς να αναφέρεται σε ποιο άθλημα. Η συχνότητα με την οποία αθλούνταν δεν περιγράφεται στη μελέτη.

Οι McAllister et al (2014) είχαν δείγμα 12 άτομα ασκούμενα με βάρη, με εμπειρία  $8.6 \pm 5.5$  χρόνων. Δεν αναφέρονται λεπτομέρειες για τη συχνότητα των προπονήσεων των συμμετεχόντων.

Στη μελέτη τους οι Zebis et al (2013) περιείχαν δείγμα 16 γυναικών, οι οποίες αγωνίζονταν σε υψηλό επίπεδο στο χάντμπολ ( $n=8$ ) ή στο ποδόσφαιρο ( $n=8$ ), με μέση συχνότητα προπονήσεων  $4.7 \pm 0.7$  φορές/εβδομάδα. Οι αθλήτριες είχαν εμπειρία  $15.6 \pm 4.1$  χρόνων στο άθλημά τους και  $5.4 \pm 2.4$  χρόνων σε συχνή προπόνηση ενδυνάμωσης.

Οι Severini et al (2018) συμπεριέλαβαν στη μελέτη τους 11 ενεργά άτομα (6 άνδρες και 5 γυναίκες) τα οποία συμμετείχαν συχνά σε αθλητικές δραστηριότητες στίβου, ράγκμπι κορδέλας (tag rugby) και Ιρλανδέζικου χόκεϊ (hurling). Οι 5 αγωνίζονταν σε αγωνιστικό επίπεδο, ενώ οι 6 για ψυχαγωγικούς λόγους. Η συχνότητα και η εμπειρία τους δεν αναφέρονται.

Οι Hegyi et al (2018) συμπεριέλαβαν 19 άνδρες ερασιτέχνες αθλητές από αθλήματα με υψηλό κίνδυνο τραυματισμού (9 ποδοσφαιριστές, 6 παίκτες γαελικού ποδοσφαίρου και 4 παίκτες ράγκμπι). Οι αθλητές ήταν εξοικειωμένοι με την εκτέλεση ασκήσεων των οπίσθιων μηριαίων. Η μελέτη διενεργήθηκε στο μέσο της αθλητικής σεζόν. Δεν αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με τη συχνότητα και την εμπειρία των συμμετεχόντων στο άθλημά τους.

Οι Hirose et al (2021) στη μελέτη τους είχαν ως δείγμα 30 ερασιτέχνες άνδρες αθλητές, οι οποίοι ασκούσαν τουλάχιστον 2 φορές/εβδομάδα σε προπόνηση ενδυνάμωσης. Στη μελέτη δεν περιέχονται πληροφορίες όσον αφορά το άθλημα και την εμπειρία των συμμετεχόντων.

Η μελέτη των Sirenko et al (2022) πραγματοποιήθηκε πάνω σε 20 έμπειρους αθλητές ποδοσφαίρου, με εμπειρία μεγαλύτερη των 10 χρόνων. Δεν αναγράφεται η συχνότητα άθλησης των συμμετεχόντων.

Οι Guerrero-Henriquez et al (2022) συμπεριέλαβαν 9 αθλητές από πανεπιστημιακή ομάδα ράγκμπι. Οι αθλητές εκτελούσαν το ασκησιολόγιο 3 φορές/εβδομάδα και είχαν 1 ανταγωνιστικό αγώνα κάθε εβδομάδα. Δεν αναγράφεται η συχνότητα άθλησης των συμμετεχόντων.

## **4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ**

### **4.1. Σχετικοποίηση**

Από το σύνολο των 10 ερευνών που συμπεριλήφθηκαν, οι 9 κάνουν περιγραφή της διαδικασίας σχετικοποίησης των ηλεκτρομυογραφικών δεδομένων (Oliver και Dougherty, 2009; Oliver και Dougherty, 2009; Zebis et al., 2013; McAllister et al., 2014; Comfort et al., 2017; Hegyi et al., 2018; Severini et al., 2018; Hirose et al., 2021; Guerrero-Henriquez et al., 2022), ενώ 1 δεν αναφέρει τίποτα σχετικό με την παραπάνω διαδικασία (Sirenko et al., 2022).

Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνά τους οι Comfort et al (2017), πραγματοποίησαν 3 χειροκίνητες μυϊκές δοκιμασίες για τον υπολογισμό της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής συστολής των μυών (MVIC) όπως περιγράφεται από τους Oliver και Dougherty (2009). Οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν για συνολικά 5 δευτερόλεπτα για κάθε μυϊκή ομάδα, με το

πρώτο και τελευταίο δευτερόλεπτο κάθε δοκιμής να αφαιρούνται από τα δεδομένα προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν διακυμάνσεις της μυϊκής δύναμης που μπορεί να εμφανιστούν στην αρχή ή στο τέλος της δοκιμής. Κάθε δοκιμασία εκτελέστηκε με την άρθρωση του γόνατος σε κάμψη 45° και το ισχίο σε έκταση για να αντιπροσωπεύει το μέσο εύρος κίνησης της NH. Η ποδοκνημική άρθρωση βρισκόταν σε ουδέτερη θέση. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης το άκρο έπρεπε να παραμένει σταθερό με τη βοήθεια του ερευνητή και ενός ιμάντα. Μεταξύ των καταγεγραμμένων τιμών παρατηρήθηκε διαφορά μικρότερη του 2%, ωστόσο, οι μέγιστες τιμές ηλεκτρομυογραφίας χρησιμοποιήθηκαν για τη σχετικοποίηση των δεδομένων.

Σε δυο μελέτες των Oliver και Dougherty (2009), πραγματοποιήθηκαν, επίσης, 3 χειροκίνητες μυϊκές δοκιμασίες MVIC όπως περιγράφεται από τους Kendall et al (1993). Οι δοκιμασίες εκτελέστηκαν από έναν πιστοποιημένο προπονητή και είχαν διάρκεια 5 δευτερολέπτων για κάθε μυϊκή ομάδα. Τα πρώτα και τελευταία δευτερόλεπτα κάθε δοκιμής αφαιρέθηκαν από τα δεδομένα προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν διακυμάνσεις της μυϊκής δύναμης που μπορεί να εμφανιστούν στην αρχή ή στο τέλος της δοκιμής. Οι παραπάνω δοκιμές παρείχαν μια βασική μέτρηση η οποία αποτέλεσε σημείο σύγκρισης των ηλεκτρομυογραφικών δεδομένων.

Στη μελέτη των Zebis et al (2013), την ημέρα της δοκιμής, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 3 μέγιστες εκούσιες ισομετρικές μυϊκές συσπάσεις (MVCs) των οπίσθιων μηριαίων με προφορική ενθάρρυνση. Για την σχετικοποίηση, χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή από τις 3 προσπάθειες.

Στην έρευνα των Severini et al (2018), οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 3 επαναλήψεις μιας σειράς μέγιστων εκούσιων συστολών (MVCs) (έκταση-κάμψη γόνατος και έκταση του ισχίου).

Στην έρευνα των Hegyi et al (2018), την ημέρα των κύριων δοκιμών, οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν μέγιστες εκούσιες ισομετρικές μυϊκές συσπάσεις (MVICs) κάμψης γόνατος και έκτασης ισχίου για τους σκοπούς σχετικοποίησης των ηλεκτρομυογραφικών δεδομένων. Οι συσπάσεις εκτελέστηκαν σε ένα δυναμόμετρο όπου οι συμμετέχοντες ήταν τοποθετημένοι σε πρηνή θέση με τη σπονδυλική στήλη και ισχίο σε ουδέτερη θέση. Για την επίτευξη της μέγιστης ενεργοποίησης των καμπτήρων του γόνατος, ο βραχίονας του δυναμόμετρου ήταν σταθεροποιημένος περίπου 5 εκατοστά πάνω από το έξω σφυρό του υπό εξέταση άκρου. Όσον αφορά τις MVICs των εκτεινόντων μυών του ισχίου, ο βραχίονας του δυναμόμετρου βρισκόταν πάνω από την άρθρωση του γόνατος, ενώ ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να διατηρήσουν το γόνατο σε 20° κάμψης, θέση η οποία επιβεβαιωνόταν πριν από κάθε εκτέλεση με τη χρήση γωνιομέτρου. Για τη μέγιστη ενεργοποίηση τόσο των καμπτήρων μυών του γόνατος όσο και

των εκτεινόντων μυών του ισχίου πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις, ακολουθούμενες από μια τρίτη αν η μέγιστη ροπή παρουσίαζε διαφορά μεγαλύτερη του >5% μεταξύ των δύο πρώτων.

Στην έρευνα των Hirose et al (2021), οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν δύο μέγιστες εκούσιες ισομετρικές μυϊκές συσπάσεις (MVICs) 5 δευτερολέπτων με τη χρήση ενός δυναμόμετρου χειρός. Η καταγραφή των μέγιστων τιμών των ηλεκτρομυογραφικών δεδομένων για τη διαδικασία της σχετικοποίησης, περιλάμβανε μέγιστες συσπάσεις των καμπτήρων του γόνατος, των εκτεινόντων ισχίου και κορμού καθώς και την άσκηση sit up, μέσω της άσκησης PLC, όπου η γωνία κάμψης του γόνατος ήταν ρυθμισμένη στις 30°, 60° και 90°.

Στην έρευνα των Guerrero-Henriquez et al (2022) το πρωτόκολλο καταγραφής των μέγιστων εκούσιων ισομετρικών μυϊκών συσπάσεων, περιλάμβανε τους συμμετέχοντες τοποθετημένους σε πρηνή θέση σε κλινικό τραπέζι με την άρθρωση του γόνατος να διατηρείται σε κάμψη 90° με τη χρήση ψηφιακού γωνιομέτρου. Δόθηκε η οδηγία να πραγματοποιηθεί κάμψη του γόνατος για 5 δευτερόλεπτα, ενώ ο αξιολογητής ασκούσε αντίσταση σε αυτή τη θέση χρησιμοποιώντας τη ψηφιακή καταγραφή του γωνιομέτρου ως ανατροφοδότηση. Η διαδικασία επαναλήφθηκε 3 φορές, με 1 λεπτό ανάπαυσης μεταξύ των σετ. Από το παραπάνω πρωτόκολλο, εξήχθησαν δύο τιμές για τη σχετικοποίηση των σημάτων ηλεκτρομυογραφίας. Η πρώτη (mMVIC) αφορούσε την υψηλότερη τιμή εκ των τριών προσπαθειών MVIC κι η δεύτερη (aMVIC) η οποία αφορούσε το μέσο όρο των τριών mMVIC που επιλέχθηκαν, προκειμένου να δημιουργηθεί μια ενιαία τιμή.

Στην έρευνα των McAllister et al (2014), το ερευνητικό πρωτόκολλο περιλάμβανε την πραγματοποίηση των ασκήσεων με αντίσταση ίση με το 85% του 1 RM των συμμετεχόντων. Στην πρώτη συνεδρία, οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν στο 1 RM τους στις ασκήσεις GHR και GM, έχοντας 10 λεπτά ξεκούρασης μεταξύ των ασκήσεων. Στη δεύτερη συνεδρία, εξετάστηκε το 1 RM στις ασκήσεις PLC και RDL με αντίστοιχο χρόνο ανάπαυσης μεταξύ των ασκήσεων.

Η έρευνα των Sirenko et al (2022) δεν ανέφερε κάποια διαδικασία σχετικοποίησης των ηλεκτρομυογραφικών δεδομένων.

## **4.2. Προετοιμασία δέρματος**

Σε όλες τις μελέτες οι ερευνητές ακολούθησαν διαδικασία προετοιμασίας τους δέρματος για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων η οποία περιλάμβανε την αποτρίχωση του δέρματος, τη λείανση και τον καθαρισμό του με οινόπνευμα. Ωστόσο, μερικές εξ αυτών ανέφεραν παραπάνω λεπτομέρειες, όπως στην έρευνα των McAllister et al (2014), όπου για τη λείανση του δέρματος χρησιμοποιήθηκε λεπτό γυαλόχαρτο και σε εκείνη των Zebis et al (2013)

όπου η αποτρίχωση πραγματοποιήθηκε με ξυράφι χειρός. Να σημειωθεί, ότι στην έρευνα των Hegyi et al (2018), αναφερόταν ότι πραγματοποιήθηκε η προετοιμασία του δέρματος χωρίς όμως συγκεκριμένα βήματα.

### 4.3. Τοποθέτηση ηλεκτροδίων

Σε τρεις μελέτες (Zebis et al., 2013; McAllister et al., 2014; Severini et al., 2018) και οι ερευνητές ακολούθησαν τις οδηγίες SENIAM για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, όπως έχουν παρουσιαστεί από τους Hermens et al (1999), Hermens et al (2000) και Merletti και Hermens (2000).

Τέσσερις έρευνες (Oliver και Dougherty, 2009; Oliver και Dougherty, 2009; Zebis et al., 2013; Comfort et al., 2017) αναφέρουν πως τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στη γαστέρα των μυών που αξιολογήθηκαν, με απόσταση 2 (Zebis et al., 2013; Comfort et al., 2017) και 2,5 εκατοστών (Oliver και Dougherty, 2009; Oliver και Dougherty, 2009) μεταξύ τους.

Οι Comfort et al (2017) τοποθέτησαν τα ηλεκτρόδια στο μέσο της μυϊκής γαστέρας του δικέφαλου μηριαίου και ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς στον αστράγαλο.

Στις δύο μελέτες τους, οι Oliver και Dougherty (2009) ακολούθησαν τη μέθοδο των Basmajian και De Luca (“Muscle Alive, Their Functions Revealed by Electromyography” - 1985).

Οι Hegyi et al (2018) τοποθέτησαν τα ηλεκτρόδια για τον δικέφαλο μηριαίου στο μέσο της νοητής γραμμής που ενώνει το ισχιακό κύρτωμα με τον ιγνυακό βόθρο, ενώ για τον ημιτενοντώδη 1 εκατοστό άπω από την έκφυση του μυός. Ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς τοποθετήθηκε στον ετερόπλευρο καρπό.

Οι Hirose et al (2021) και οι Guerrero-Henriquez et al (2022) ακολούθησαν παρόμοια λογική για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, τοποθετώντας τά στο μέσο της νοητής γραμμής που ενώνει το ισχιακό κύρτωμα με τον έξω κνημιαίο κόνδυλο για τον δικέφαλο μηριαίο και τον έσω κνημιαίο κόνδυλο για τον ημιτενοντώδη. Δεν αναφέρονται παραπάνω πληροφορίες για τον ημιϋμενώδη μυ.

Οι Sirenko et al (2022) τοποθέτησαν τα ηλεκτρόδια στην περιοχή του κινητικού σημείου των μυών, πάνω στη μυϊκή γαστέρα. Το ηλεκτρόδιο αναφοράς τοποθετήθηκε στην εγγύς περιοχή του τένοντα των μυών. Το ηλεκτρόδιο γείωσης τοποθετήθηκε στο άπω τριτημόριο του ετερόπλευρου κάτω άκρου.

Οι Comfort et al (2017) αξιολόγησαν την ενεργοποίηση του έσω γαστροκνημίου, τοποθετώντας ένα ηλεκτρόδιο στο μέσο της γαστέρας του μυός. Η τοποθέτηση του μείζων γλουτιαίου μυός στη μελέτη των Hirose et al (2021) έγινε στο μέσο της απόστασης μεταξύ του



ιερού οστού και του μείζων τροχαντήρα. Για τον ορθοτήρα του κορμού, σε απόσταση ίση με δύο δάχτυλα προς τα έξω της ακανθώδους απόφυσης του 1<sup>ου</sup> οσφυϊκού σπονδύλου και για τον ορθό κοιλιακό, 2 εκατοστά προς τα έξω από τη μεσότητα του ομφαλού. Σημειώνεται πως τα σημεία τοποθέτησης επιβεβαιώθηκαν ύστερα από ψηλάφηση των μυών από δύο εξειδικευμένα μέλη του υγειονομικού προσωπικού και εξασφαλίζοντας πως το σήμα τους ηλεκτρομυογραφήματος ήταν σε κάθε περίπτωση καθαρό.

#### **4.4. Παρεμβολή (crosstalk)**

Λόγω της ανατομίας της περιοχής όπου βρίσκονται οι οπίσθιοι μηριαίοι και των χαρακτηριστικών της μεθόδου της ηλεκτρομυογραφίας, αναμένεται το φαινόμενο της παρεμβολής να είναι έντονο. Από τις έρευνες που μελετήθηκαν, μόνο δύο αναφέρονται στην παρεμβολή (McAllister et al., 2014; Hegyi et al., 2018). Σε αυτές τις περιπτώσεις αναγνωρίζεται ο κίνδυνος αλλοίωσης των αποτελεσμάτων και αναφέρεται πως τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν όσο το δυνατόν πιο απομακρυσμένα το ένα με το άλλο ώστε να μειωθεί η επίδραση του φαινομένου αυτού.

## **ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Ο σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης ήταν να παρουσιάσει την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των οπίσθιων μηριαίων μυών σε αθλητικό πληθυσμό κατά την εκτέλεση ασκήσεων των οπίσθιων μηριαίων. Συνολικά συμπεριλήφθηκαν 10 μελέτες διατομής/συγχρονικές μελέτες όπου αξιολογήθηκε δείγμα 148 αθλητών, από 7 διαφορετικά αθλήματα. Ο συνολικός αριθμός των ασκήσεων που συμπεριλήφθηκαν ήταν 39, συμπεριλαμβανομένων των διάφορων παραλλαγών τους. Η ανασκόπηση αυτή περιορίστηκε σε ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων, χωρίς να πραγματοποιηθεί μετά-ανάλυση, λόγω της έντονης ετερογένειας που παρουσιάζουν οι συμπεριλαμβανόμενες μελέτες, κυρίως όσον αφορά στον τρόπο σχετικοποίησης, καταγραφής και παρουσίασης της μυϊκής ενεργοποίησης και στο δείγμα της κάθε μελέτης.

Στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση ο πληθυσμός που συμπεριλήφθηκε ήταν άτομα που αθλούνται. Η πλειοψηφία των μελετών δεν παρέχει πληροφορίες για τη συχνότητα άθλησης (McAllister et al., 2014; Hegyi et al., 2018; Severini et al., 2018; Guerrero-Henriquez et al., 2022; Sirenko et al., 2022) και την εμπειρία άθλησης των συμμετεχόντων (Oliver και Dougherty, 2009; Oliver και Dougherty, 2009; Hegyi et al., 2018; Severini et al., 2018; Hirose

et al., 2021; Guerrero-Henriquez et al., 2022). Αρκετές μελέτες παραλείπουν να παραθέσουν το είδος του αθλήματος που αγωνίζονται οι συμμετέχοντες (Oliver και Dougherty, 2009; Oliver και Dougherty, 2009; Hirose et al., 2021). Μία μελέτη δεν αναφέρει το αγωνιστικό επίπεδο των αθλητών (McAllister et al., 2014). Αντίθετα, έχει φανεί από τη βιβλιογραφία πως το αγωνιστικό επίπεδο σχετίζεται άμεσα με τη μυϊκή δύναμη και ενεργοποίηση (Trevino et al., 2015; El-Ashker et al., 2019). Επίσης, προτείνεται πως όσο μεγαλύτερη είναι η εμπειρία και το αθλητικό επίπεδο ενός ατόμου, τόσο περισσότερες μυϊκές ίνες επιστρατεύονται σε σύγκριση με ένα όχι τόσο προπονημένο άτομο (Gabriel et al., 2006).

Η μεγαλύτερη ενεργοποίηση από όλες τις ασκήσεις που αξιολογήθηκαν παρατηρήθηκε στην άσκηση razor hamstring curl στη μελέτη των Oliver και Dougherty (2009), τόσο για τον δικέφαλο μηριαίο όσο και για τους έσω οπίσθιους μηριαίους μύες, με ποσοστό ενεργοποίησης 140% και 220% MVIC αντίστοιχα. Η άσκηση NH είναι μία από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες ασκήσεις για τους οπίσθιους μηριαίους μύες. Όπως φαίνεται, η συχνή χρήση της είναι δικαιολογημένη, καθώς ενεργοποιεί τους μύες σε μεγάλο βαθμό, με 71.3% (Hirose et al., 2021) και 133.1% MVIC (Comfort et al., 2017) για τον δικέφαλο μηριαίο και με 80% (Hirose et al., 2021) και 92% MVC (Zebis et al., 2013) για τους έσω οπίσθιους μηριαίους μύες. Επίσης υψηλές τιμές ενεργοποίησης παρατηρήθηκαν στην άσκηση prone leg curl, η οποία ήταν η άσκηση που μελετήθηκε περισσότερο από όλες τις ασκήσεις. Για τον δικέφαλο μηριαίο οι τιμές είναι 60% (Oliver και Dougherty, 2009) και 92% MVC (Zebis et al., 2013) και για τους έσω οπίσθιους μηριαίους μύες από περίπου 60% (Oliver και Dougherty, 2009) και 85% MVC (Zebis et al., 2013). Έντονη μυϊκή ενεργοποίηση παρουσιάστηκε και σε άλλες ασκήσεις, όπως η supine one-leg curl (121% MVIC για τον δικέφαλο μηριαίο και 98% MVIC για τον ημιτενοντώδη), η seated leg curl (106% MVIC για τον δικέφαλο μηριαίο και 91% MVIC για τον ημιτενοντώδη), η HEB (105% MVIC για τον δικέφαλο μηριαίο και 92% MVIC για τον ημιτενοντώδη) και η άσκηση kettlebell swings (93% MVIC για τον δικέφαλο μηριαίο και 115% MVIC για τον ημιτενοντώδη), οι οποίες αξιολογήθηκαν από τους Zebis et al (2013). Οι ασκήσεις αυτές πρέπει να μελετηθούν περισσότερο, ώστε τα αποτελέσματα αυτά να επαληθευτούν σε μεγαλύτερο δείγμα. Οι μικρότερες τιμές ενεργοποίησης παρατηρήθηκαν στις ασκήσεις που περιλαμβάνει το Askling L-Protocol, με την άσκηση EXT να ενεργοποιεί τον δικέφαλο μηριαίο κατά  $11.69 \pm 2.73\%$  MVIC και τον ημιτενοντώδη σχεδόν καθόλου (Severini et al., 2018). Επίσης, μικρές τιμές ενεργοποίησης σημειώθηκαν κατά την γνωστή άσκηση good morning, με τιμές 32% MVIC για τον δικέφαλο μηριαίο και 31% MVIC για τον ημιτενοντώδη (Hegyí et al., 2018).

Σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στον αριθμό ανδρών και γυναικών που έλαβαν μέρος στις μελέτες. Συνολικά συμπεριλήφθηκαν 82 άνδρες και 37 γυναίκες, ενώ σε δύο μελέτες

δεν έγινε αναφορά στο φύλο των συμμετεχόντων (Guerrero-Henriquez et al., 2022; Sirenko et al., 2022). Σε 4 από τις μελέτες συμμετείχαν μόνο άνδρες, σε 3 μόνο γυναίκες και σε 1 άτομα και των δύο φύλων. Όπως έχει παρατηρηθεί, ο ανδρικός πληθυσμός εμφανίζει με αρκετά μεγαλύτερη συχνότητα τραυματισμούς στους οπίσθιους μηριαίους μύες (Erickson και Sherry, 2017), οδηγώντας εύλογα τους ερευνητές σε διενέργεια περισσότερων μελετών στον ανδρικό πληθυσμό, κάτι που δεν παρατηρήθηκε να υπάρχει σε ικανοποιητικό βαθμό στις συμπεριλαμβανόμενες μελέτες της παρούσας ανασκόπησης.

Όσον αφορά στη μέθοδο παρουσίασης της μυϊκής δραστηριότητας, αυτή παρουσιάζει επίσης μεγάλη ετερογένεια. Σε τρεις μελέτες (Oliver και Dougherty, 2009; Guerrero-Henriquez et al., 2022; Sirenko et al., 2022) οι ηλεκτρομυογραφικές μετρήσεις της μυϊκής ενεργοποίησης παρουσιάζονται μόνο σε μορφή διαγράμματος, γραφήματος ή πίνακα, δυσκολεύοντας με αυτόν τον τρόπο τον αναγνώστη να οδηγηθεί σε σαφή συμπεράσματα ως προς το ποσοστό της μυϊκής ενεργοποίησης των υπό εξέταση μυών. Σε μία μελέτη οι μετρήσεις παρουσιάστηκαν μόνο σε μορφή κειμένου, παρόλο που έχει δοθεί αρκετή έμφαση στην οπτικοποίηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων ως ένας χρήσιμος τρόπος παρουσίασης αυτών (Severini et al., 2018). Πιο ολοκληρωμένες μορφές παρουσίασης των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκαν σε 6 μελέτες (Oliver και Dougherty, 2009; Zebis et al., 2013; McAllister et al., 2014; Comfort et al., 2017, Hegyi et al., 2018; Hirose et al., 2021), όπου οι συγγραφείς παραθέτουν τις μετρήσεις σε μορφή κειμένου και γραφήματος ή πίνακα. Στις περισσότερες μελέτες (Oliver και Dougherty, 2009; Oliver και Dougherty, 2009; Comfort et al., 2017; Hegyi et al., 2018; Hirose et al., 2021; Guerrero-Henriquez et al., 2022) η μυϊκή ενεργοποίηση εκφράζεται ως ποσοστό της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής συστολής (MVIC) ή της μέγιστης εκούσιας συστολής (MVC) (Zebis et al., 2013; Severini et al., 2018), κάνοντας εύκολη και κατανοητή τη διαδικασία σύγκρισης μεταξύ των ασκήσεων της ίδιας αλλά και των υπόλοιπων μελετών καθώς και τη συσχέτιση των μετρήσεων με τα αποτελέσματα της σχετικοποίησης. Αντιθέτως, δύο μελέτες εκφράζουν τη μυϊκή ενεργοποίηση σε V (Voltage) (McAllister et al., 2014; Sirenko et al., 2022), δυσκολεύοντας με τον τρόπο αυτόν τη σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των μελετών.

Η άσκηση prone leg curl αξιολογήθηκε σε 5 μελέτες (Oliver και Dougherty, 2009; Zebis et al., 2013; McAllister et al., 2014; Hegyi et al., 2018; Sirenko et al., 2022). Τα αποτελέσματα παρατίθενται ως ποσοστό MVIC ή MVC σε όλες εκτός από δύο μελέτες που αναφέρουν τα αποτελέσματα σε τιμές τάσης (mV και  $\mu$ V) (McAllister et al., 2014; Sirenko et al., 2022). Κατά την εκτέλεση της άσκησης, οι Oliver και Dougherty (2009) μέτρησαν την ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων χαμηλότερη, περίπου 60% MVIC και για τους τρεις μύες, σε σχέση με τους Zebis et al (2013) και τους Hegyi et al (2018), των οποίων οι μετρήσεις για τον δικέφαλο μηριαίο και τον ημιτενοντώδη κυμαίνονται από 79% MVIC (Hegyi et al., 2018) έως 92% MVC

(Zebis et al., 2013). Σε δύο μελέτες έγινε καταγραφή της ενεργοποίησης των μείζων και ελάσσων γλουτιαίων μυών (Oliver και Dougherty, 2009) και των ελάσσων γλουτιαίου, γαστροκνημίου και ορθοτήρα του κορμού μυών (McAllister et al., 2014). Η σύγκριση δεν είναι δυνατή λόγω ετερογένειας στην παρουσίαση των μετρήσεων. Δύο μελέτες αξιολόγησαν την άσκηση good morning (McAllister et al., 2014; Hegyi et al., 2018). Οι μετρήσεις, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, παρουσιάζονται με διαφορετικό τρόπο, δυσκολεύοντας τη μεταξύ τους σύγκριση. Η άσκηση NH αξιολογήθηκε σε 4 (Zebis et al., 2013; Comfort et al., 2017; Hirose et al., 2021; Guerrero-Henriquez et al., 2022) από τις συμπεριλαμβανόμενες μελέτες. Εκείνη των Comfort et al (2017) αξιολόγησε δύο παραλλαγές όπου η άσκηση πραγματοποιούνταν είτε με ραχιαία είτε με πελματιαία κάμψη. Στη σύγκριση της ενεργοποίησης του δικέφαλου μηριαίου αλλά και του γαστροκνημίου δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο παραλλαγών. Ωστόσο, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, οι τραυματισμοί των οπίσθιων μηριαίων τείνουν να συμβαίνουν στην τελική φάση αιώρησης κατά το τρέξιμο που η ποδοκνημική βρίσκεται σε θέση ραχιαίας κάμψης (Comfort et al., 2017), συνεπώς μπορεί να είναι προτιμότερο για τους αθλητές να πραγματοποιούν το Nordic curl με την ποδοκνημική σε ραχιαία κάμψη. Στην έρευνα των Zebis et al (2013), η NH ενεργοποίησε σημαντικά τόσο τον δικέφαλο μηριαίο (105% MVC) όσο και τον ημιτενοντώδη μυ (92% MVC) γεγονός που αποδεικνύει πως και οι δύο μύες ήταν εξίσου στοχευμένοι κατά την εκτέλεση της άσκησης. Αντιθέτως, σε εκείνη των Hirose et al (2021), παρατηρήθηκε αρκετά μικρότερη ενεργοποίηση για τον δικέφαλο μηριαίο στην ίδια άσκηση (71.3% MVIC), ενώ για τον ημιτενοντώδη η ενεργοποίηση ήταν παρόμοια (90% MVIC). Η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι ερευνητές εξέτασαν μόνο την έξω κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου με αποτέλεσμα να μην παρουσιάζετε ολοκληρωμένη εικόνα στον αναγνώστη. Τέλος, οι Guerrero-Henriquez et al (2022), εξέτασαν, επίσης, την άσκηση NH όπου και κατέγραψαν τον μέσο όρο των μεγίστων της κάθε επανάληψης. Η μεγαλύτερη ενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου ήταν 76% MVIC ενώ του ημιτενοντώδη ήταν 84%. Διαπιστώνεται λοιπόν, ότι οι παραπάνω έρευνες συμφωνούν ως προς την ενεργοποίηση του ημιτενοντώδη μυ, ωστόσο υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις σχετικά με εκείνη του δικέφαλου μηριαίου. Η άσκηση RDL αξιολογήθηκε σε 3 μελέτες (Zebis et al., 2013; McAllister et al., 2014; Hegyi et al., 2018). Αρχικά οι McAllister et al (2014) εξέφρασαν τα ηλεκτρομυογραφικά δεδομένα σε κλίμακα mV, το οποίο καθιστούσε αδύνατη τη σύγκριση τους με εκείνα άλλων μελετών. Στην έρευνα των Zebis et al (2012), κατά το RDL ο δικέφαλος μηριαίος ενεργοποιήθηκε σε ποσοστό 56% MVC ενώ ο ημιτενοντώδης σε ποσοστό 73% MVC. Παρόμοια ενεργοποίηση κατά το RDL σημείωσε ο δικέφαλος μηριαίος (45% MVIC) στην έρευνα των Hegyi et al (2018). Από την άλλη πλευρά η ενεργοποίηση του ημιτενοντώδη ήταν σημαντικά χαμηλότερη με ποσοστό 47%

MVIC. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην εκτέλεση της άσκησης, καθώς πραγματοποιήθηκε σε μονοποδική στήριξη σε αντίθεση με την μελέτη των Zebis et al (2013) όπου πραγματοποιήθηκε διποδικά.

Στις ηλεκτρομυογραφικές μελέτες είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται διαδικασία σχετικοποίησης των δεδομένων (Merletti, 2000). Πριν την έναρξη της διαδικασίας, απαιτείται κατάλληλη εκπαίδευση των συμμετεχόντων ώστε να επιτευχθεί η καταγραφή της μέγιστης μυϊκής ενεργοποίησης και έτσι να αποφευχθεί εσφαλμένη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Είναι χρήσιμο μελέτες οι οποίες περιλαμβάνουν την παραπάνω διαδικασία να αναφέρουν πληροφορίες όπως η γωνία και το εύρος κίνησης των αρθρώσεων, το μήκος των μυών, την ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης, καθώς και το μέγεθος του εφαρμοζόμενου φορτίου (Merletti, 2000). Όλες οι μελέτες της παρούσας ανασκόπησης ακολούθησαν και κατέγραψαν τη διαδικασία σχετικοποίησης των δεδομένων εκτός από μία (Sirenko et al., 2022), η οποία δεν έκανε καμία σχετική αναφορά. Στην έρευνα των Comfort et al (2017), για τη διαδικασία της σχετικοποίησης, αναφέρεται πως πραγματοποιήθηκαν 3 χειροκίνητες μυϊκές δοκιμασίες MVIC βάσει των μελετών των Oliver και Dougherty (2009) και γίνεται περιγραφή των παραπάνω δοκιμών καταγράφοντας αρκετά από τα απαιτούμενα στοιχεία. Αντιθέτως, στις μελέτες των Oliver και Dougherty (2009) αναφέρεται πως πραγματοποιήθηκαν επίσης 3 χειροκίνητες μυϊκές δοκιμές MVIC παραπέμποντας στη μελέτη των Kendall et al (1993), ωστόσο δεν γίνεται καμία περιγραφή των παραπάνω δοκιμών. Οι McAllister et al (2014) ακολούθησαν, επίσης, διαδικασία σχετικοποίησης περιγράφοντας λεπτομερώς τα βήματα της. Ωστόσο, τα σχετικοποιημένα δεδομένα εκφράστηκαν ως μέσοι όροι σε mV, γεγονός που καθιστά αρκετά δύσκολη τη σύγκρισή τους με εκείνα άλλων μελετών. Στην έρευνα των Zebis et al (2013), πραγματοποιήθηκε η διαδικασία σχετικοποίησης, χωρίς όμως να περιγράφονται αρκετές από τις απαιτούμενες πληροφορίες, όπως το αν συμπεριλήφθηκε εξοικείωση των συμμετεχόντων για τη δοκιμή MVC, γεγονός που αναδεικνύει την πιθανότητα λανθασμένων μετρήσεων στην περίπτωση που κάποιος δεν ήταν εξοικειωμένος με τέτοιου είδους δοκιμές. Οι Severini et al (2018), αναφέρουν για τη διαδικασία σχετικοποίησης τις ασκήσεις που εκτελέστηκαν ωστόσο δεν παραθέτουν σημαντικές πληροφορίες όπως, το αν εξοικειώθηκαν οι συμμετέχοντες με τις δοκιμές MVC και τις γωνίες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι ασκήσεις, επομένως δεν μπορούν να βγουν σαφή συμπεράσματα ακόμα και για τα αποτελέσματα ηλεκτρομυογραφίας της μελέτης. Οι Hegyi et al (2018) και Hirose et al (2021), πραγματοποίησαν επίσης σχετικοποίηση των δεδομένων, αναφέροντας αρκετές λεπτομέρειες της διαδικασίας όπως η εξοικείωση των συμμετεχόντων και οι ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν, βοηθώντας έτσι τον αναγνώστη να βγάλει χρήσιμα ερευνητικά και κλινικά συμπεράσματα. Τέλος, οι Guerrero-Henriquez et al (2022), καταγράφουν τα βήματα της σχετικοποίησης που ακολούθησαν, τα

οποία βασίστηκαν στη δοκιμή των Stratford και Balsor (1994), δίνοντας μία σαφή εικόνα της διαδικασίας.

Στην πλειοψηφία των μελετών δεν χρησιμοποιούνταν εξωτερική αντίσταση κατά την εκτέλεση των ασκήσεων (Oliver και Dougherty, 2009; Comfort et al., 2017; Severini et al., 2018; Hirose et al., 2021; Guerrero-Henriquez et al., 2022). Σε μία μελέτη, οι ασκούμενοι εκτελούσαν τις ασκήσεις σε ένταση 1RM (McAllister et al., 2014). Στις υπόλοιπες μελέτες η ένταση αντιστοιχούσε στο 12RM (Zebis et al., 2013; Hegyi et al., 2018), ενώ σε μία τα kettlebell swings πραγματοποιούνταν με ένα kettlebell των 12 ή 16 κιλών (Zebis et al., 2013). Οι διαφορές αυτές οδηγούν τον αναγνώστη σε δυσκολία στη σύγκριση μεταξύ των μελετών και στην κατανόηση των αποτελεσμάτων. Σε μελλοντικές μελέτες είναι προτιμότερο να υπάρχει ίδιος μεθοδολογικός σχεδιασμός ώστε να αποφευχθούν τέτοιου είδους ασυνέπειες.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση, μελετήθηκε η ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων σε αθλητές κατά την εκτέλεση ασκήσεων που στοχεύουν τους μύες αυτούς. Από αυτούς, εκείνοι οι οποίοι έχουν μελετηθεί περισσότερο είναι ο δικέφαλος μηριαίος και ο ημιτενοντώδης, με τον ημιϋμενώδη να μην αξιολογείται σε αρκετές μελέτες. Παρατηρείται πως η μέθοδος συλλογής και η παρουσίαση των ηλεκτρομυογραφικών δεδομένων διέφερε σημαντικά στις περισσότερες μελέτες. Επιπλέον, η παροχή πληροφοριών για το δείγμα που συμπεριλήφθηκε σε κάθε μελέτη ήταν ελλιπής. Επομένως, προτείνεται σε μελλοντικές μελέτες που χρησιμοποιούν την ηλεκτρομυογραφία ως μέσο αξιολόγησης της μυϊκής ενεργοποίησης να ακολουθούν συγκεκριμένη μεθοδολογία, ώστε να διευκολύνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των μελετών. Οι μελέτες θα πρέπει να αναφέρουν λεπτομερώς το άθλημα, τη συχνότητα άθλησης και την εμπειρία των αθλητών. Χρειάζεται να παρατίθενται τα αποτελέσματα των σύγκεντρων και των έκκεντρων συσπάσεων ξεχωριστά, καθώς παρατηρείται σημαντική διαφορά στη μυϊκή ενεργοποίηση μεταξύ των δύο φάσεων. Σημαντικοί παράγοντες στην ηλεκτρομυογραφία είναι η διαδικασία της σχετικοποίησης, η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων και ο τρόπος παρουσίασης των δεδομένων. Οι διαδικασίες αυτές θα πρέπει να γίνονται υπό συγκεκριμένες συνθήκες και κατευθυντήριες γραμμές και να αναλύονται ενδελεχώς από τους συγγραφείς. Συνολικά, οι περισσότερες μελέτες που συμπεριλήφθηκαν παρουσιάζουν ικανοποιητική μεθοδολογική ποιότητα, σύμφωνα με το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε, με μόλις δύο μελέτες να έχουν πολύ καλή μεθοδολογική ποιότητα, γεγονός που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα της ανασκόπησης.

## ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ/ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Askling, C.M. *et al.* (2007) ‘Acute First-Time Hamstring Strains during Slow-Speed Stretching: Clinical, Magnetic Resonance Imaging, and Recovery Characteristics’, *The American Journal of Sports Medicine*, 35(10), pp. 1716–1724. Available at: <https://doi.org/10.1177/0363546507303563>.

Askling, C.M. *et al.* (2014) ‘Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols’, *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), pp. 532–539. Available at: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093214>.

Bourne, M.N. *et al.* (2017) ‘Impact of exercise selection on hamstring muscle activation’, *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), pp. 1021–1028. Available at: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095739>.

Comfort, P. *et al.* (2017) ‘Lack of Effect of Ankle Position During the Nordic Curl on Muscle Activity of the Biceps Femoris and Medial Gastrocnemius’, 26(3).

Downes, M.J. *et al.* (2016) ‘Development of a critical appraisal tool to assess the quality of cross-sectional studies (AXIS)’, *BMJ Open*, 6(12), p. e011458. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011458>.

Ekstrand, J., Hägglund, M. and Waldén, M. (2011) ‘Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer)’, *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), pp. 1226–1232. Available at: <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>.

El-Ashker, S. *et al.* (2019) ‘Effects of Neuromuscular Fatigue on Eccentric Strength and Electromechanical Delay of the Knee Flexors: The Role of Training Status’, *Frontiers in Physiology*, 10, p. 782. Available at: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00782>.

Enoka, R.M. and Duchateau, J. (2015) ‘Inappropriate interpretation of surface EMG signals and muscle fiber characteristics impedes understanding of the control of neuromuscular function’, *Journal of Applied Physiology*, 119(12), pp. 1516–1518. Available at: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00280.2015>.

Erickson, L.N. and Sherry, M.A. (2017) ‘Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury’, *Journal of Sport and Health Science*, 6(3), pp. 262–270. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>.

Freeman, B.W. *et al.* (2019) ‘The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes’, *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(7). Available at: <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08703-0>.

Gabriel, D.A., Kamen, G. and Frost, G. (2006) ‘Neural Adaptations to Resistive Exercise: Mechanisms and Recommendations for Training Practices’, *Sports Medicine*, 36(2), pp. 133–149. Available at: <https://doi.org/10.2165/00007256-200636020-00004>.

Guerrero-Henriquez, J., Tapia, C. and Vargas-Matamala, M. (2022) ‘Variability in Normalization Methods of Surface Electromyography Signals in Eccentric Hamstring Contraction’, *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(8), pp. 1083–1088. Available at: <https://doi.org/10.1123/jsr.2022-0076>.

Hartling, L. *et al.* (2013) ‘Testing the Newcastle Ottawa Scale showed low reliability between individual reviewers’, *Journal of Clinical Epidemiology*, 66(9), pp. 982–993. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2013.03.003>.

Hegyí, A. *et al.* (2019) ‘High-density electromyography activity in various hamstring exercises’, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(1), pp. 34–43. Available at: <https://doi.org/10.1111/sms.13303>.

Hermens, H.J. *et al.* (2000) ‘Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures’, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), pp. 361–374. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4).

Hermens, HJ, Freriks, B, Merletti, R, Stegeman, D, Blok, J, Rau, G, Disselhorst-Klug, C, and Hagg, G. European Recommendations for Surface Electromyography. Enschede, the Netherlands; Roessingh Research and Development b.v., 1999.

Herzog, R., Álvarez-Pasquin, M.J., Díaz, C. *et al.* Are healthcare workers’ intentions to vaccinate related to their knowledge, beliefs and attitudes? a systematic review. *BMC Public Health* 13, 154 (2013). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-13-154>

Hirose, N., Tsuruike, M. and Higashihara, A. (2021) ‘Biceps Femoris Muscle is Activated by Performing Nordic Hamstring Exercise at a Shallow Knee Flexion Angle’, *Journal of Sports Science and Medicine*, pp. 275–283. Available at: <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.275>.

Kendall, F. (1993) *Muscles: Testing and Function Fourth (4th) Edition*.

Konrad, P. (2006) *The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography*.

Llurda-Almuzara, L. *et al.* (2021) ‘Biceps Femoris Activation during Hamstring Strength Exercises: A Systematic Review’, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), p. 8733. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph18168733>.



Lo, C.K.-L., Mertz, D. and Loeb, M. (2014) 'Newcastle-Ottawa Scale: comparing reviewers' to authors' assessments', *BMC Medical Research Methodology*, 14(1), p. 45. Available at: <https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-45>.

McAllister, M.J. *et al.* (2014) 'Muscle Activation During Various Hamstring Exercises', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), pp. 1573–1580. Available at: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000302>.

Merletti, R. (2014) 'Standards for Reporting EMG Data', *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(2), p. I–II. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(14\)00042-X](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(14)00042-X).

Merletti, R. and Hermens, H. (2000) 'Introduction to the special issue on the SENIAM European Concerted Action', *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), pp. 283–286. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00019-5).

Mjolsnes, R. *et al.* (2004) 'A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(5), pp. 311–317. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.367.x>.

Modesti, P. A., Reboldi, G., Cappuccio, F. P., Agyemang, C., Remuzzi, G., Rapi, S., Perruolo, E., Parati, G., & ESH Working Group on CV Risk in Low Resource Settings (2016). Panethnic Differences in Blood Pressure in Europe: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS one*, 11(1), e0147601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147601>

Oliver, G.D. and Dougherty, C.P. (2009) 'Comparison of Hamstring and Gluteus Muscles Electromyographic Activity while Performing the Razor Curl vs. the Traditional Prone Hamstring Curl', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), pp. 2250–2255. Available at: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b8d34b>.

Oliver, G.D. and Dougherty, C.P. (2009) 'The Razor Curl: A Functional Approach to Hamstring Training', *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), pp. 401–405. Available at: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818f08d0>.

Oremus, M. *et al.* (2012) 'Inter-rater and test–retest reliability of quality assessments by novice student raters using the Jadad and Newcastle–Ottawa Scales', *BMJ Open*, 2(4), p. e001368. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001368>.

Opar, D.A. *et al.* (2013) 'A Novel Device Using the Nordic Hamstring Exercise to Assess Eccentric Knee Flexor Strength: A Reliability and Retrospective Injury Study', *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 43(9), pp. 636–640. Available at: <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4837>.

- O'Sullivan, K. *et al.* (2008) 'The relationship between previous hamstring injury and the concentric isokinetic knee muscle strength of irish gaelic footballers', *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9(1), p. 30. Available at: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-9-30>.
- Petersen, J. *et al.* (2011) 'Preventive Effect of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries in Men's Soccer: A Cluster-Randomized Controlled Trial', *The American Journal of Sports Medicine*, 39(11), pp. 2296–2303. Available at: <https://doi.org/10.1177/0363546511419277>.
- Reaz, M.B.I., Hussain, M.S. and Mohd-Yasin, F. (2006) 'Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications', *Biological Procedures Online*, 8(1), pp. 11–35. Available at: <https://doi.org/10.1251/bpo115>.
- Severini, G. *et al.* (no date) 'Kinematic and electromyographic analysis of the Askling L-Protocol for hamstring training'.
- Sherry, M.A., Johnston, T.S. and Heiderscheit, B.C. (2015) 'Rehabilitation of Acute Hamstring Strain Injuries', *Clinics in Sports Medicine*, 34(2), pp. 263–284. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2014.12.009>.
- Sirenko, P.O. *et al.* (2022) 'Special and preventive exercises for hamstring muscles in the training process of experienced football players'.
- Stratford, P.W. and Balsor, B.E. (1994) 'A comparison of make and break tests using a hand-held dynamometer and the Kin-Com', *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 19(1), pp. 28–32. Available at: <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.19.1.28>.
- Tansel, R.B. *et al.* (2008) 'Effects of eccentric hamstring strength training on lower extremity strength of 10–12 year old male basketball players', *Isokinetics and Exercise Science*, 16(2), pp. 81–85. Available at: <https://doi.org/10.3233/IES-2008-0300>.
- Trevino, M.A. and Herda, T.J. (2015) 'The effects of training status and muscle action on muscle activation of the vastus lateralis', *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 17(4), pp. 107–114.
- Tyler, T.F. *et al.* (2017) 'Rehabilitation After Hamstring-Strain Injury Emphasizing Eccentric Strengthening at Long Muscle Lengths: Results of Long-Term Follow-Up', *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(2), pp. 131–140. Available at: <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0099>.
- Zebis, M.K. *et al.* (2013) 'Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications', *British Journal of Sports Medicine*, 47(18), pp. 1192–1198. Available at: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090281>.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Αναζητήσεις στις βάσεις δεδομένων

Βάση Δεδομένων	Όροι Αναζήτησης	Αριθμός αποτελεσμάτων
<i>PubMed</i>	hamstrings, hamstrings muscles, electromyography, EMG, exercise	n = 676
<i>Scopus</i>	hamstrings AND electromyography AND exercise	n = 659
<i>Cochrane Library</i>	((hamstrings OR hamstrings muscles OR biceps femoris OR semitendinosus OR semimembranosus OR knee flexors OR hip extensors) AND (electromyography OR EMG OR electromyographic analysis OR electromyographic activity OR muscle activation OR muscle activity) AND (exercise OR strengthening exercise OR strength training OR load* OR resistance))	n = 448
<i>Google Scholar</i>	hamstrings hamstring muscles biceps femoris semitendinosus semimembranosus knee flexors hip extensor muscles hip extension musculature hamstrings musculature muscle activation muscle activity electromyography "EMG" electromyographic analysis	n = 423
<i>PEDro</i>	hamstring* AND activ* AND exercise*	n = 102

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Κριτήρια εισαγωγής μελετών

Στοιχεία	Κριτήρια
<i>Πληθυσμός</i>	υγιείς αθλητές που εκτελούν ασκήσεις οπίσθιων μηριαίων
<i>Αποτέλεσμα</i>	μυϊκή ενεργοποίηση οπίσθιων μηριαίων μέσω ηλεκτρομυογραφήματος

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3:** Κλίμακα Newcastle Ottawa (πρωτότυπο στα αγγλικά)

*Herzog et al (2013):*

**Newcastle-Ottawa Scale adapted for cross-sectional studies****Selection:**

1. Representativeness of the sample:
  - a. Truly representative of the average in the target population. \* (all subjects or random sampling)
  - b. Somewhat representative of the average in the target group. \* (non-random sampling)
  - c. Selected group of users/convenience sample.
  - d. No description of the derivation of the included subjects.
2. Sample size:
  - a. Justified and satisfactory (including sample size calculation). \*
  - b. Not justified.
  - c. No information provided
3. Non-respondents:
  - a. Proportion of target sample recruited attains pre-specified target or basic summary of non-respondent characteristics in sampling frame recorded. \*
  - b. Unsatisfactory recruitment rate, no summary data on non-respondents.
  - c. No information provided
4. Ascertainment of the exposure (risk factor):
  - a. Vaccine records/vaccine registry/clinic registers/hospital records only. \*\*
  - b. Parental or personal recall and vaccine/hospital records. \*
  - c. Parental/personal recall only.

**Comparability:** (Maximum 2 stars)

1. Comparability of subjects in different outcome groups on the basis of design or analysis.  
Confounding factors controlled.
  - a. Data/ results adjusted for relevant predictors/risk factors/confounders e.g. age, sex, time since vaccination, etc. \*\*
  - b. Data/results not adjusted for all relevant confounders/risk factors/information not provided.

**Outcome:**

1. Assessment of outcome:
  - a. Independent blind assessment using objective validated laboratory methods. \*\*
  - b. Unblinded assessment using objective validated laboratory methods. \*\*
  - c. Used non-standard or non-validated laboratory methods with gold standard. \*
  - d. No description/non-standard laboratory methods used.
2. Statistical test:
  - a. Statistical test used to analyse the data clearly described, appropriate and measures of association presented including confidence intervals and probability level (p value). \*
  - b. Statistical test not appropriate, not described or incomplete.

Cross-sectional Studies:

Very Good Studies: 9-10 points

Good Studies: 7-8 points

Satisfactory Studies: 5-6 points

Unsatisfactory Studies: 0 to 4 points

This scale has been adapted from the Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale for cohort studies to provide quality assessment of cross sectional studies.

*Modesti et al (2016):*

**S1 Text**

**NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE**

**(Adapted for cross sectional studies)**

**Selection:** (Maximum 5 stars)

1) Representativeness of the sample:

- a) Truly representative of the average in the target population. \* (all subjects or random sampling)
- b) Somewhat representative of the average in the target population. \* (nonrandom sampling)
- c) Selected group of users.
- d) No description of the sampling strategy.

2) Sample size:

- a) Justified and satisfactory. \*
- b) Not justified.

3) Non-respondents:

- a) Comparability between respondents and non-respondents characteristics is established, and the response rate is satisfactory. \*
- b) The response rate is unsatisfactory, or the comparability between respondents and non-respondents is unsatisfactory.
- c) No description of the response rate or the characteristics of the responders and the non-responders.

4) Ascertainment of the exposure (risk factor):

- a) Validated measurement tool. \*\*
- b) Non-validated measurement tool, but the tool is available or described.\*
- c) No description of the measurement tool.

**Comparability:** (Maximum 2 stars)

1) The subjects in different outcome groups are comparable, based on the study design or analysis. Confounding factors are controlled.

- a) The study controls for the most important factor (select one). \*
- b) The study control for any additional factor. \*

**Outcome:** (Maximum 3 stars)

1) Assessment of the outcome:

- a) Independent blind assessment. \*\*
- b) Record linkage. \*\*
- c) Self report. \*
- d) No description.

2) Statistical test:

- a) The statistical test used to analyze the data is clearly described and appropriate, and the measurement of the association is presented, including confidence intervals and the probability level (p value). \*
- b) The statistical test is not appropriate, not described or incomplete.

This scale has been adapted from the Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale for cohort studies to perform a quality assessment of cross-sectional studies for the systematic review, “Are Healthcare Workers’ Intentions to Vaccinate Related to their Knowledge, Beliefs and Attitudes? A Systematic Review”.

We have not selected one factor that is the most important for comparability, because the variables are not the same in each study. Thus, the principal factor should be identified for each study.

In our scale, we have specifically assigned one star for self-reported outcomes, because our study measures the intention to vaccinate. Two stars are given to the studies that assess the outcome with independent blind observers or with vaccination records, because these methods measure the practice of vaccination, which is the result of true intention.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4:** Κλίμακα Newcastle Ottawa (μεταφρασμένη)

**Newcastle-Ottawa Scale adapted for cross-sectional studies**

**Επιλογή:** (Μέγιστο 5 αστέρια)

**1) Αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος:**

- a) Πραγματικά αντιπροσωπευτικό του μέσου όρου του πληθυσμού-στόχου. \* (όλο το δείγμα ή τυχαία δειγματοληψία)

β) Μερικώς αντιπροσωπευτικό του μέσου όρου του πληθυσμού-στόχου. \* (μη τυχαία δειγματοληψία)

γ) Επιλεγμένο δείγμα.

δ) Καμία περιγραφή της στρατηγικής δειγματοληψίας.

## **2) Μέγεθος δείγματος:**

α) Δικαιολογημένο και ικανοποιητικό. \*

β) Μη δικαιολογημένο

## **3) Μη ανταποκρινόμενοι:**

α) Ικανοποιητική συγκρισιμότητα μεταξύ των χαρακτηριστικών των ανταποκρινόμενων και των μη ανταποκρινόμενων, και το ποσοστό ανταπόκρισης είναι ικανοποιητικό. \*

β) Το ποσοστό ανταπόκρισης δεν είναι ικανοποιητικό, ή η συγκρισιμότητα μεταξύ των ανταποκρινόμενων και των μη ανταποκρινόμενων δεν είναι ικανοποιητική.

γ) Καμία περιγραφή του ποσοστού ανταπόκρισης ή των χαρακτηριστικών των ανταποκρινόμενων και των μη ανταποκρινόμενων.

## **4) Προσδιορισμός της έκθεσης (παράγοντας κινδύνου):**

α) Επικυρωμένο εργαλείο μέτρησης. \*\*

β) Μη επικυρωμένο εργαλείο μέτρησης, αλλά το εργαλείο είναι διαθέσιμο ή περιγράφεται. \*

γ) Δεν υπάρχει περιγραφή του εργαλείου μέτρησης.

## **Συγκρισιμότητα: (Μέγιστο 2 αστέρια)**

1) Το δείγμα σε διαφορετικές ομάδες έκβασης είναι συγκρίσιμο, βάσει του είδους μελέτης ή την ανάλυση. Οι συγχυτικοί παράγοντες ελέγχονται.

α) Η μελέτη ελέγχει τον πιο σημαντικό παράγοντα (επιλέξτε έναν). \*

β) Η μελέτη ελέγχει κάθε επιπλέον παράγοντα. \*

## **Αποτέλεσμα: (Μέγιστο 3 αστέρια)**

### **1) Αξιολόγηση του αποτελέσματος:**

α) Ανεξάρτητη τυφλή αξιολόγηση. \*\*

β) Σύνδεση αρχείων. \*\*

γ) Αυτοαναφορά. \*



δ) Δεν υπάρχει περιγραφή.

## 2) Στατιστικός έλεγχος:

α) Το στατιστικό τεστ που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων είναι κατάλληλο και περιγράφεται με σαφήνεια, και η μέτρηση της συσχέτισης περιγράφεται, συμπεριλαμβανομένων των διαστημάτων εμπιστοσύνης και του επιπέδου σημαντικότητας (τιμή p). \*

β) Το στατιστικό τεστ δεν είναι κατάλληλο, δεν περιγράφεται ή είναι ελλιπές.

Αξιολόγηση κάθε μελέτης με την κλίμακα Newcastle Ottawa:

	Επιλογή				Συγκρισιμότητα	Αποτέλεσμα		Αριθμός αστεριών
	<i>Αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος</i>	<i>Μέγεθος δείγματος</i>	<i>Μη ανταποκρινόμενοι</i>	<i>Προσδιορισμός της έκθεσης (παράγοντας κινδύνου)</i>	<i>Οι συγχυτικοί παράγοντες ελέγχονται</i>	<i>Αξιολόγηση του αποτελέσματος</i>	<i>Στατιστικός έλεγχος</i>	
<i>Comfort et al (2017)</i>	<b>A (*)</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>A (**)</b>	<b>B</b>	<b>B (**)</b>	<b>A (*)</b>	<b>6</b>
<i>Oliver και Dougherty (2009)</i>	<b>A (*)</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>A (**)</b>	<b>B</b>	<b>B (**)</b>	<b>B</b>	<b>5</b>
<i>Oliver και Dougherty (2009)</i>	<b>A (*)</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>A (**)</b>	<b>B</b>	<b>B (**)</b>	<b>A (*)</b>	<b>6</b>
<i>McAllister et</i>	<b>A (*)</b>	<b>B</b>	<b>Γ</b>	<b>A (**)</b>	<b>A (**)</b>	<b>B (**)</b>	<b>A (*)</b>	<b>8</b>

<i>al</i> (2014)								
<i>Zebis et al</i> (2013)	A (*)	A (*)	Γ	Γ	B	B (**)	A (*)	5
<i>Severini et al</i> (2018)	A (*)	B	Γ	A (**)	B	B (**)	A (*)	6
<i>Hegy et al</i> (2018)	A (*)	B	Γ	A (**)	B	B (**)	A (*)	6
<i>Hirose et al</i> (2021)	A (*)	B	Γ	A (**)	A (**)	B (**)	A (*)	8
<i>Sirenko et al</i> (2022)	A (*)	B	Γ	A (**)	B	B (**)	B	5
<i>Guerrero-Henriquez et al</i> (2022)	A (*)	B	Γ	Γ	B	B (**)	A (*)	4

#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5: Φόρμα εξαγωγής δεδομένων

Συγγραφείς	Χρονολογία	Πηγή	Τίτλος	Μέγεθος δείγματος	Τύπος πληθυσμού
Oliver και Dougherty (2009)	2009	Journal of Strength and Conditioning Research	The razor curl: a functional approach to hamstring training	8	διασυλλογικοί αθλητές

Oliver και Dougherty (2009)	2009	Journal of Strength and Conditioning Research	Comparison of hamstring and gluteus muscles electromyographic activity while performing the razor curl vs. the traditional prone hamstring curl.	8	διασυλλογικοί αθλητές
Zebis et al (2013)	2012	Journal of Sports Medicine	Kettlebell swing targets semitendinosus and supine leg curl targets biceps femoris: an EMG study with rehabilitation implications	16	είτε ελίτ παίκτες χάντμπολ (n=8) είτε ελίτ ποδοσφαιριστές (n=8)
McAllister et al (2014)	2014	Journal of Strength and Conditioning Research	Muscle activation during various hamstring exercises	12	προπονημένοι με βάρη
Comfort et al (2017)	2017	Journal of Sport Rehabilitation	Lack of Effect of Ankle Position During the Nordic Curl on Muscle Activity of the Biceps Femoris and Medial Gastrocnemius	15	αθλητές ομαδικών αθλημάτων κολεγίου
Hegyí et al (2018)	2018	The Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	High-density electromyography activity in various hamstring exercises	19	νεαροί ερασιτέχνες αθλητές

Severini et al (2018)	2018	The Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	Kinematic and electromyographic analysis of the Askling L-Protocol for hamstring training	11	σωματικά ενεργοί που ασχολούνται τακτικά με μια αθλητική δραστηριότητα (στίβος, rugby ή hurling), 5 από αυτούς σε ανταγωνιστικό επίπεδο και 6 από αυτούς σε ψυχαγωγικό επίπεδο
Hirose et al (2021)	2021	Journal of Sports Science and Medicine	Biceps Femoris Muscle is Activated by Performing Nordic Hamstring Exercise at a Shallow Knee Flexion Angle	30	ερασιτέχνες αθλητές
Guerrero-Henriquez et al (2022)	2022	Journal of Sport Rehabilitation	Variability in Normalization Methods of Surface Electromyography Signals in Eccentric Hamstring Contraction	9	παίκτες πανεπιστημιακού ράγκμπι
Sirenko et al (2022)	2022	PEDAGOGY of Physical Culture and Sports	Special and preventive exercises for hamstring muscles in the training process	20	έμπειροι ποδοσφαιριστές (>= 10 έτη εμπειρίας)

			of experienced football players		
--	--	--	------------------------------------	--	--

<b>Συγγραφείς</b>	<b>Ηλικία</b>	<b>Ύψος</b>	<b>Βάρος</b>	<b>Επικρατές άκρο</b>	<b>Φύλο</b>
Oliver και Dougherty (2009)	20.8 ± 3.9	177.8 ± 0.109 m	67.3 ± 9.9 kg	N/A	γυναίκες
Oliver και Dougherty (2009)	20.8 ± 3.9	177.8 ± 0.109 m	67.3 ± 9.9 kg	N/A	γυναίκες
Zebis et al (2013)	23 ± 3	170.2 ± 0.064 m	66.2 ± 7.4 kg	N/A	γυναίκες
McAllister et al (2014)	27.1 ± 7.7	175.4 ± 0.039 m	88.7 ± 15.9 kg	N/A	άνδρες
Comfort et al (2017)	22.6 ± 2.1	1.78 ± 0.06 m	88.75 ± 8.95 kg	καταγράφηκαν δεδομένα για κάθε άκρο	άνδρες
Hegyi et al (2018)	26.1 ± 3.2	178.3 ± 0.093 m	80.2 ± 14.1 kg	κυρίαρχο πόδι (4 αριστερά, 15 δεξιά)	άνδρες
Severini et al (2018)	22.2 ± 1.38	1.76 ± 0.08 m	69.45 ± 8.47 kg	Καταγράφηκαν δεδομένα από τους μύες του δεξιού άκρου	6 άνδρες, 5 γυναίκες
Hirose et al (2021)	21.2 ± 1.5	1.7 ± 0.041 m	65.6 ± 4.9 kg	N/A	άνδρες
Guerrero- Henriquez et al (2022)	21.50 ± 3.61	N/A	(BMI: 21.50 ± 4.95)	τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν αμφίπλευρα	N/A
Sirenko et al (2022)	18-33	N/A	N/A	N/A	N/A

Συγγραφείς	Τύπος ηλεκτροδίων	Προετοιμασία δέρματος	Διαδικασία σχετικοποίησης	Τοποθέτηση ηλεκτροδίων
Oliver και Dougherty (2009)	Διπολικά επιφανειακά ηλεκτρόδια Red-Dot	ξύρισμα, λείανση και καθαρισμός με αλκοολούχο διάλυμα	χειροκίνητες μυϊκές δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν μέσω μέγιστων ισομετρικών εκούσιων συστολών (MVICs) βάσει των Kendall et al.	πάνω στις μυϊκές γαστέρες
Oliver και Dougherty (2009)	Διπολικά επιφανειακά ηλεκτρόδια 3M Red-Dot	ξύρισμα, λείανση και καθαρισμός με αλκοολούχο διάλυμα	χειροκίνητες μυϊκές δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν μέσω μέγιστων ισομετρικών εκούσιων συστολών (MVICs) βάσει των Kendall et al.	πάνω από 4 μυϊκές γαστέρες στην κυρίαρχη πλευρά.
Zebis et al (2013)	Διπολικά επιφανειακά ηλεκτρόδια EMG	ξύρισμένο με ξυραφάκι χείρως και πλήρως καθαρισμένο με αιθανόλη	H EMG δραστηριότητα ελήφθη κατά τη διάρκεια της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής μυϊκής συστολής (MVC) για τους οπίσθιους μηριαίους σε ένα Biodex Medical ισοκινητικό δυναμόμετρο	με απόσταση 2,0 cm μεταξύ των ηλεκτροδίων στους δικέφαλο μηριαίο και ημιτενοντώδη
McAllister et al (2014)	διπολική επιφανειακή αισθητήρες Ag-AgCl	ξύρισμένο, λειασμένο με λεπτό γυαλόχαρτο και καθαρισμένο με οινόπνευμα	τα υποκείμενα εξετάστηκαν στο 1RM τους	σύμφωνα με τους Hermens et al.
Comfort et al (2017)	Αισθητήρες Ambu blue-N10A, το	ξύρισμα, λείανση και	οι χειροκίνητες μυϊκές δοκιμασίες	τοποθετήθηκαν δύο

	ηλεκτρόδιο αναφοράς (Ambu blue αισθητήρας Q10A) τοποθετήθηκε στον αστράγαλο	καθαρισμός με αλκοολούχο διάλυμα	πραγματοποιήθηκαν για τις MVIC όπως περιγράφεται από τους Oliver και Dougherty.	ηλεκτρόδια, με απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων 20 mm, στη μέση γραμμή της μυϊκής γαστέρας τόσο του BF όσο και του MG για κάθε άκρο
Hegyí et al (2018)	Συστοιχία EMG 15 καναλιών (απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων 10 mm)	‘Προετοιμ-σία δέρματος’	Κατά τη διάρκεια των MVIC, οι δυνάμεις έκτασης του ισχίου και κάμψης του γόνατος μετρήθηκαν με δυναμόμετρο	Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων τυποποιήθηκε έτσι ώστε ο διάυλος 8-9 του δικέφαλου μηριαίου
Severini et al (2018)	διπολικά ηλεκτρόδια Ag/AgCl με απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων 20 mm	ξυρισμένο και καθαρισμένο με οινόπνευμα	οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να εκτελέσουν μια σειρά δοκιμασιών για την καταγραφή του EMG κατά τη διάρκεια μέγιστων εκούσιων συστολών (MVC) των μυών-στόχων.	σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές SENIAM
Hirose et al (2021)	προενισχυμένα διπολικά επιφανειακά ασημένια ηλεκτρόδια ηλεκτρομυογραφήματος	ξύρισμα των τριχών γύρω από το σημείο του ηλεκτροδίου και σκούπισμα του δέρματος με οινόπνευμα	τα άτομα πραγματοποίησαν δύο περιόδους μέγιστης ισομετρικής συστολής (MVIC) διάρκειας 5 δευτερολέπτων.	στο μέσο της νοητής γραμμής που ενώνει το ισχιακό κύρτωμα με τον έξω κνημιαίο κόνδυλο για

				τον δικέφαλο μηριαίο και τον έσω κνημιαίο κόνδυλο για τον ημιτενοντώδη
Guerrero- Henriquez et al (2022)	Ηλεκτρόδια εξαγωνικού σχήματος επιφάνειας Ag/AgCl	ξυρισμένο και καθαρισμένο με οινόπνευμα	mMVIC, Μέσος όρος των τιμών MVIC, Μέγιστη τιμή έκκεντρης δραστηριότητας, Μέσος όρος των μέγιστων τιμών έκκεντρης δραστηριότητας	στο μέσο της νοητής γραμμής που ενώνει το ισχιακό κύρτωμα με τον έξω κνημιαίο κόνδυλο για τον δικέφαλο μηριαίο και τον έσω κνημιαίο κόνδυλο για τον ημιτενοντώδη
Sirenko et al (2022)	Ηλεκτρόδια Ag/AgCL Skintact Easitab RT34, τα οποία έχουν συγκολλητική βάση	N/A	N/A	στην περιοχή του κινητικού σημείου των μυών, πάνω στη μυϊκή γαστέρα. Το ηλεκτρόδιο αναφοράς τοποθετήθηκε στην εγγύς περιοχή του τένοντα των μυών. Το ηλεκτρόδιο γείωσης τοποθετήθηκε στο άπω



				τριτημόριο του ετερόπλευρου κάτω άκρου.
--	--	--	--	---

Συγγραφείς	Αξιολογούμενοι μύες	Αξιολογούμενες ασκήσεις	Αριθμός σετ	Επαναλήψεις	Εφαρμοζόμενο φορτίο
Oliver και Dougherty (2009)	Δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, ημιϋμενώδης, μέγας γλουτιαίος, μέσος γλουτιαίος	RC	1	5	χωρίς εφαρμογή εξωτερικού φορτίου
Oliver και Dougherty (2009)	δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, ημιϋμενώδης, μέγας γλουτιαίος, μέσος γλουτιαίος	RC, traditional PLC	1,1	5,5	N/A
Zebis et al (2013)	Δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης	NH, SuLC, SuPL, KS, RDL, HE, HEB, SLC, PLC	9 (1 για κάθε άσκηση)	3	12RM για RDL, barbell weight: 13.3 kg για HEB, 12 kg or 16 kg kettlebell
McAllister et al (2014)	δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, ημιϋμενώδης, μέσος γλουτιαίος, ορθωτήρας κορμού, έσω κεφαλή γαστροκνημίου	PLC, GM, GHR, RDL	4 (1 για κάθε άσκηση)	2	20 kg barbell GM + RDL

Comfort et al (2017)	δικέφαλος μηριαίος, και έσω κεφαλή γαστροκνημίου	NH	4	3	χωρίς εφαρμογή εξωτερικού φορτίου
Hegyí et al (2018)	δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης	GM, RDL, CP, BB, 45HE, PLC, SLC, UHC, SB	9 (1 για κάθε άσκηση)	6	12RM
Severini et al (2018)	δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, ορθός μηριαίος, μέγας γλουτιαίος	Askling L- Protocol, DV, EXT, GL	6 (2 για κάθε άσκηση)	5	χωρίς εφαρμογή εξωτερικού φορτίου
Hirose et al (2021)	δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, μέγας γλουτιαίος, ορθωτήρας κορμού, ορθός κοιλιακός	NH, NH 50°	6	2 NH, 1 ICL50, 1 ICH50, 1 ICL30 and 1 ICH30	χωρίς εφαρμογή εξωτερικού φορτίου
Guerrero-Henriquez et al (2022)	δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης	NH	1	5	χωρίς εφαρμογή εξωτερικού φορτίου
Sirenko et al (2022)	δικέφαλος μηριαίος, ημιτενοντώδης, ημιϋμενώδης	Κάμψη γόνατος σε πρηνή θέση (180°, 165°, 145°, 125°)	N/A	N/A	N/A

Συγγραφείς	Περιγραφή ασκήσεων
Oliver και Dougherty (2009)	<b><u>RC</u></b> : από θέση έκτασης όλων των αρθρώσεων, εκτελούνταν κάμψη 90° ισχία και τα γόνατα ταυτόχρονα.
Oliver και Dougherty (2009)	<b><u>RC</u></b> : από θέση έκτασης όλων των αρθρώσεων, εκτελούνταν κάμψη 90° ισχία και τα γόνατα ταυτόχρονα. <b><u>PLC</u></b> : από πρηνή θέση με τα ισχία ελαφρώς σε κάμψη, περίπου 20-30° εκτελούνταν κάμψη των γονάτων.

Zebis et al  
(2013)

**KS**: Ο αθλητής στεκόταν μπροστά από το kettlebell με τα κάτω άκρα ανοιχτά στο πλάτος των ώμων. Διατηρώντας τη σπονδυλική στήλη σε ουδέτερη θέση, ο ασκούμενος έκαμπτε τα ισχία και τα γόνατα και έπιανε με τα δύο χέρια το kettlebell. Σε αυτή τη φάση, ο κορμός ήταν παράλληλος με το έδαφος και τα γόνατα ελαφρώς σε κάμψη (περίπου 10-15°). Ο αθλητής έφερνε με δύναμη το kettlebell προς τα πίσω, ανάμεσα στα κάτω άκρα. Στη συνέχεια, με μεγάλη ταχύτητα και εκρηκτική έκταση των ισχίων, έφερνε το kettlebell μπροστά του στο επίπεδο του στήθους του, όπου τα ισχία και τα γόνατα ήταν σε έκταση και ο αθλητής σε όρθια θέση.

**NH**: Ο αθλητής άφηνε το σώμα του να πέσει προς τα μπροστά με αργή ταχύτητα, αντιστεκόμενος στην πτώση με τη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος.

**SuLC**: Από ύπτια θέση, ο αθλητής ολίσθαινε το ένα κάτω άκρο μπροστά και πίσω κάμπτοντας και εκτείνοντας ισχία και γόνατα, διατηρώντας το άλλο κάτω άκρο σε πλήρη έκταση και τη λεκάνη ανυψωμένη από το έδαφος.

Supine pelvis lifts: Από ύπτια θέση, τα ισχία ανυψώνονταν από το έδαφος έως ότου τα γόνατα, τα ισχία και οι ώμοι να ευθυγραμμιστούν. Το γόνατο του ασκούμενου κάτω άκρου ήταν σε κάμψη με το άκρο πόδι να ακουμπάει στο έδαφος. Το άλλο κάτω άκρο ήταν λυγισμένο και πάνω από το ασκούμενο (σταυροπόδι).

**RDL**: ο ασκούμενος στεκόταν κοντά στην μπάρα με τα κάτω άκρα παράλληλα και ανοιχτά στο πλάτος των ώμων. Διατηρώντας τον κορμό ευθειασμένο, με κάμψη των ισχίων και ελαφριά κάμψη των γονάτων (περίπου 10-15°) ο αθλητής έπιανε την μπάρα. Η μπάρα ανυψωνόταν εκτείνοντας τα ισχία και τα γόνατα μέχρι ο αθλητής να έρθει σε όρθια θέση.

**HE**: ο αθλητής περιγράφεται σε πρηνή θέση με τα κάτω άκρα σταθεροποιημένα σε ένα τραπέζι και με τα ισχία και τον κορμό εκτός τραπεζιού. Το σώμα πέφτει ελεγχόμενα μπροστά έως ότου ο ασκούμενος να αισθανθεί τους οπίσθιους μηριαίους να διατείνονται. Στο σημείο αυτό, το σώμα ανυψώνεται μέχρι τα ισχία να εκταθούν πλήρως. Ο κορμός παραμένει ευθειασμένος καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης.

**HEB**: ίδια εκτέλεση με HE, κρατώντας μία μπάρα

SLC: έγινε χρήση του Biodex Medical isokinetic dynamometer (System 3 Pro, Brookhaven R&D Plaza), στο οποίο ο αθλητής βρισκόταν σε καθιστή θέση με κάμψη 80° στα ισχία του. Με την οπίσθια επιφάνεια της γαστροκνημίας του,

	<p>έσπρωχνε τον βραχίονα του δυναμόμετρου πραγματοποιώντας μέγιστη ισομετρική σύσπαση (60°/s). Το εύρος της κίνησης ήταν 80°, ξεκινώντας από 10° κάμψης γόνατος έως 90°.</p> <p><b>PLC:</b> έγινε επίσης χρήση του ίδιου δυναμόμετρου, όμως χωρίς κάμψη στην άρθρωση του ισχίου. Η άσκηση ξεκινά με τον αθλητή να βρίσκεται σε πρηνή θέση. Με την οπίσθια επιφάνεια της γαστροκνημίας του, σπρώχνει τον βραχίονα του δυναμόμετρου πραγματοποιώντας μέγιστη ισομετρική σύσπαση (60°/s). Το εύρος της κίνησης είναι 80°, ξεκινώντας από 10° κάμψης γόνατος έως 90°.</p>
McAllister et al (2014)	<p><b>Leg curl:</b> εκτελούνταν 110° κάμψης γόνατος σε ένα τροποποιημένο μηχάνημα.</p> <p><b>GHR:</b> εκτελούνταν 90° κάμψης γόνατος, διατηρώντας το ισχίο σε ουδέτερη θέση (0°).</p> <p><b>GM:</b> από 180° έκτασης ισχίου (όρθια θέση) εκτελούνταν έκκεντρη κάμψη 90° των ισχίων.</p> <p><b>RDL:</b> ίδια εκτέλεση με τη GM (με μόνη διαφορά τη θέση της μπάρας).</p>
Comfort et al (2017)	Δεν περιγράφεται η εκτέλεση των ασκήσεων.
Hegyí et al (2018)	Δεν περιγράφεται η εκτέλεση των ασκήσεων.
Severini et al (2018)	<p><b>EXT:</b> ο αθλητής ήταν σε ύπτια θέση με το δεξί κάτω άκρο σε κάμψη 90°, το οποίο διατηρούσε σε αυτή τη θέση με τη βοήθεια των χεριών του. Εκτελούνταν αργή έκταση του γόνατος μέχρι το σημείο μέγιστης δυνατής έκτασης.</p> <p><b>DV:</b> ο ασκούμενος εκτελεί μία προσομοίωση βουτιάς. Στεκόταν στο δεξί πόδι, με το αριστερό γόνατο σε κάμψη περίπου 90° και το αριστερό κάτω άκρο ανυψωμένο. Από τη θέση αυτή έκαμπτε το αριστερό ισχίο και τέντωνε τα άνω άκρα μπροστά, προσπαθώντας να πετύχει μέγιστη έκταση του ανυψωμένου ισχίου διατηρώντας επίπεδη τη λεκάνη του. Το δεξί γόνατο, διατηρούνταν σε ελαφρά κάμψη περίπου 10°.</p> <p><b>GL:</b> ο ασκούμενος στεκόταν σε όρθια θέση με τα κάτω άκρα ελαφρώς ανοιχτά σε μία λεία ξύλινη πλατφόρμα, κρατώντας μία μπάρα υποστήριξης στα αριστερά του. Κρατώντας την μπάρα, το αριστερό κάτω άκρο γλιστρούσε προς τα πίσω. Δόθηκε η οδηγία να εφαρμόζει όλο το βάρος του στην πτέρνα.</p>

	του δεξιού κάτω άκρου. Η άσκηση σταματούσε στο σημείο που ο ασκούμενος αδυνατούσε να συνεχίσει την προς τα πίσω κίνηση.
Hirose et al (2021)	<p><b>NH:</b> ο ασκούμενος ήταν σε γονυπετή θέση με τις ποδοκνημικές και τα ισχία σε ουδέτερη θέση και με τα γόνατα τοποθετημένα πάνω σε ένα διπλωμένο ελαστικό στρώμα στο πλάτος των ισχίων. Ο ερευνητής κρατούσε σταθερά τις ποδοκνημικές του αθλητή, ενώ ταυτόχρονα πίεζε τα γόνατά του στην πελματιαία επιφάνεια των άκρων ποδιών. Ο αθλητής έφερνε το σώμα του όσο μπροστά μπορούσε ενώ διατηρούσε τα άνω άκρα του σταυρωμένα στο στήθος του.</p> <p><b>ICL και ICH:</b> ο ασκούμενος βρισκόταν σε γονυπετή θέση σε μία επικλινή πλατφόρμα και διατηρώντας τον κορμό του στο κατακόρυφο επίπεδο, με τα δάχτυλα και των δύο ποδιών τοποθετημένα περίπου 10 εκατοστά έξω από την πλατφόρμα. Τα δύο γόνατα βρίσκονταν στην ευθεία των αρθρώσεων των ισχίων, τα ισχία σε ουδέτερη θέση και τα άνω άκρα σταυρωμένα στο στήθος. Ένας ερευνητής σταθεροποιούσε τον ασκούμενο κρατώντας τις ποδοκνημικές και πιέζοντας την επιφάνεια σταθεροποίησης του άκρου ποδιού στην πελματιαία επιφάνεια του ασκούμενου. Άλλος ερευνητής τοποθέτησε το σταθερό μέρος ενός χειροκίνητου γωνιομέτρου κατά μήκος της περόνης (νοητή γραμμή που ενώνει το έξω σφυρό με την κεφαλή της περόνης), το οποίο ήταν καθορισμένο στις 130° (50° κάμψης γόνατος) ή στις 150° (30° κάμψης γόνατος). Ύστερα, ο αθλητής έφερνε το σώμα του μπροστά έως ότου οι μηροί έφταναν το κινούμενο μέρος.</p>
Guerrero-Henriquez et al (2022)	Δεν περιγράφεται η εκτέλεση των ασκήσεων.
Sirenko et al (2022)	<b>PLC:</b> Τα ισχία διατηρούνταν σε θέση 35° κάμψης και έγιναν μετρήσεις σε γωνίες της άρθρωσης του γόνατος (180°, 165°, 145° και 125°). Οι ασκήσεις πραγματοποιούνταν σε ειδικό πάγκο για τη συγκεκριμένη άσκηση.

#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6: Ενεργοποίηση οπίσθιων μηριαίων

Μελέτη	Άσκηση	Δικέφαλος μηριαίος	Ημιτενοντώδης	Ημιϋμενώδης
Oliver και Dougherty (2009)	Razor hamstring curl	140% MVIC	220% MVIC	220% MVIC

<i>Oliver και Dougherty (2009)</i>	<b>Razor curl functional hamstring exercise</b>	περίπου 65% MVIC	περίπου 90% MVIC	περίπου 90% MVIC
	<b>Traditional prone hamstring curl</b>	περίπου 60% MVIC	περίπου 60% MVIC	περίπου 60% MVIC
<i>Zebis et al (2013)</i>	<b>Kettlebell swings</b>	93% MVC	115% MVC	-
	<b>Nordic hamstring lowers</b>	105% MVC	92% MVC	
	<b>Supine one-leg curls</b>	121% MVC	98% MVC	
	<b>Supine pelvis lifts</b>	75% MVC	80% MVC	
	<b>Romanian deadlift</b>	56% MVC	73% MVC	
	<b>Hyperextensions off table</b>	87% MVC	67% MVC	
	<b>Hyperextensions off table with barbell</b>	105% MVC	92% MVC	
	<b>Seated leg curl</b>	106% MVC	91% MVC	
	<b>Prone leg curl</b>	92% MVC	83% MVC	
<i>McAllister et al (2014)</i>	<b>Prone leg curl</b>	93.3 ± 37.7 mV έκκεντρη, 254.1 ± 103.3 mV σύγκεντρη	350.7 ± 146.6 mV έκκεντρη, 890.0 ± 408.7 mV σύγκεντρη	890.0 ± 408.7 mV σύγκεντρη
	<b>Good morning</b>	215.9 ± 97.1 mV έκκεντρη, περίπου 300 mV σύγκεντρη	περίπου 600 mV έκκεντρη, περίπου 860 mV σύγκεντρη	περίπου 860 mV σύγκεντρη
	<b>Glute-ham raise</b>	160.7 ± 104.5 mV έκκεντρη, 387.7 ± 133.4 mV σύγκεντρη	486.6 ± 183.3 mV έκκεντρη, 1197.2 ± 405.3 mV σύγκεντρη	1197.2 ± 405.3 mV σύγκεντρη
	<b>Romanian deadlift</b>	305.1 ± 165.3 mV έκκεντρη, περίπου 360 mV σύγκεντρη	794.4 ± 370.4 mV έκκεντρη, περίπου 810 mV σύγκεντρη	περίπου 810 mV σύγκεντρη
<i>Comfort et al (2017)</i>	<b>Nordic curls με ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής</b>	128.1 ± 5.0% MVIC	-	-
	<b>Nordic curls με πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής</b>	124.5 ± 6.2% MVIC		
<i>Hegyí et al (2018)</i>	<b>Good morning</b>	~32% MVIC (σύγκεντρη)	~31% MVIC (σύγκεντρη)	-
	<b>Unilateral Romanian deadlift</b>	~43% MVIC (σύγκεντρη)	~44% MVIC (σύγκεντρη)	

	<b>Cable pendulum</b>	~52% MVIC (σύγκεντρη)	~50% MVIC (σύγκεντρη)	
	<b>Bent-knee bridge</b>	~47% MVIC (σύγκεντρη)	~59% MVIC (σύγκεντρη)	
	<b>45° hip extension</b>	~61% MVIC (σύγκεντρη)	~54% MVIC (σύγκεντρη)	
	<b>Prone leg curl</b>	~79% MVIC (σύγκεντρη)	~81% MVIC (σύγκεντρη)	
	<b>Slide leg curl</b>	~77% MVIC (σύγκεντρη)	~82% MVIC (σύγκεντρη)	
	<b>Upright hip extension conic-pulley</b>	~80% MVIC (σύγκεντρη)	~80% MVIC (σύγκεντρη)	
	<b>Straight-knee bridge</b>	83% MVIC (σύγκεντρη)	85% MVIC (σύγκεντρη)	
<i>Severini et al (2018)</i>	<b>Asking L-Protocol (3 exercises)</b>			
	<b>Extender</b>	11.69 ± 2.73% MVC	(Αμελητέα)	-
	<b>Diver</b>	<50% MVC σύγκεντρη, <30% MVC έκκεντρη,	<50% MVC σύγκεντρη, <30% MVC έκκεντρη,	
	<b>Glider</b>	55-60% MVC σύγκεντρη, περίπου 35% MVC έκκεντρη	55-60% MVC σύγκεντρη, περίπου 35% MVC έκκεντρη	
<i>Hirose et al (2021)</i>	<b>NH (isometric)</b>	71.3% MVIC	90% MVIC	80% MVIC
	<b>Inclined NH using an inclined platform set at 50o with 30o knee flexion (isometric) (ICL30)</b>	63.5% MVIC	63,6% MVIC	65% MVIC
	<b>Inclined NH using an inclined platform set at 50o with 50o knee flexion (isometric) (ICL50)</b>	36% MVIC	37% MVIC	39% MVIC
	<b>Inclined NH using an inclined platform set at 40o with 30o knee flexion (isometric) (ICH30)</b>	74.5% MVIC	68% MVIC	70% MVIC

	<b>Inclined NH using an inclined platform set at 40o with 50o knee flexion (isometric) (ICH50)</b>	45% MVIC	34% MVIC	40% MVIC
<i>Guerrero-Henriquez et al (2022)</i>	<b>NH</b>	76% MVIC	84% MVIC	-
<i>Sirenko et al (2022)</i>	<b>Knee flexion in prone position (180°)</b>	5100 $\mu$ V	5700 $\mu$ V	4500 $\mu$ V
	<b>Knee flexion in prone position (165°)</b>	6500 $\mu$ V	6400 $\mu$ V	4500 $\mu$ V
	<b>Knee flexion in prone position (145°)</b>	8000 $\mu$ V	8200 $\mu$ V	8000 $\mu$ V
	<b>Knee flexion in prone position (125°)</b>	5500 $\mu$ V	6200 $\mu$ V	4800 $\mu$ V

Μέγιστη τιμή  $\pm$  απόκλιση, MVIC: Maximal Voluntary Isometric Contraction, MVC: Maximal Voluntary Contraction, mV: millivolt,  $\mu$ V: microvolt

#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7: Ενεργοποίηση πρόσθετων μυών

<i>Μελέτη</i>	<i>Άσκηση</i>	<i>Μείζων Γλουτιαίος</i>	<i>Μέσος Γλουτιαίος</i>	<i>Γαστροκνήμιος</i>	<i>Ορθός Κοιλιακός</i>	<i>Ορθοτήρας Κορμού</i>	<i>Ορθός Μηριαίος</i>
<i>Oliver και Dougherty (2009)</i>	<b>Razor hamstring curl</b>	100% MVIC (σύγκεντρη)	66.67% MVIC (σύγκεντρη)	-	-	-	-
<i>Oliver και Dougherty (2009)</i>	<b>Razor curl functional hamstring exercise</b>	~40% MVIC	~30% MVIC	-	-	-	-
	<b>Traditional prone hamstring curl</b>	~35% MVIC	~25% MVIC	-	-	-	-
<i>McAllister et al (2014)</i>	<b>Prone leg curl</b>	-	194.1 $\pm$ 122.4 mV (σύγκεντρη)	139.7 $\pm$ 85.4 mV (σύγκεντρη)	-	~263 mV (σύγκεντρη)	-
	<b>Good morning</b>	-	43.1 $\pm$ 64.1 mV (σύγκεντρη)	~200 mV (σύγκεντρη)	-	216.6 $\pm$ 164.8 mV	-

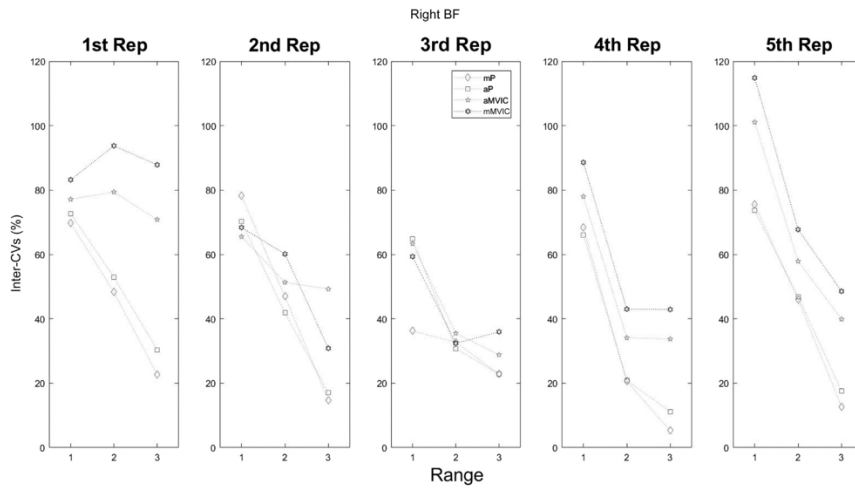


	<b>Glute-ham raise</b>		220.7 ± 110.9 mV (σύγκεντρη)	260.7 ± 149.8 mV (σύγκεντρη)		432.0 ± 162.0 mV (σύγκεντρη)	(σύγκεντρη)
	<b>Romanian deadlift</b>		~183 mV (σύγκεντρη)	285.5 ± 119.4 mV (σύγκεντρη)		217.0 ± 105.6 mV (σύγκεντρη)	
<i>Comfort et al (2017)</i>	<b>Nordic curls με ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής</b>	-	-	83.5% ± 4.8% MVIC, CV = 5.75%	-	-	-
	<b>Nordic curls με πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής</b>			82.1% ± 3.9% MVIC, CV = 4.75%			
<i>Severini et al (2018)</i>	<b>Askling L-Protocol (3 exercises)</b>						
	<b>Extender</b>	(Αμελητέα)	-	-	-	-	23.53 ± 4.87% MVC (σύγκεντρη)
	<b>Diver</b>	83.79 ± 12.81% MVC					(Αμελητέα)
	<b>Glider</b>	~28% MVC					10.43 ± 0.86% MVC
<i>Hirose et al (2021)</i>	<b>NH (isometric)</b>	10% MVIC	-	-	12% MVIC	76% MVIC	-
	<b>ICL30 (isometric)</b>	9% MVIC			9% MVIC	60% MVIC	
	<b>ICL50 (isometric)</b>	8% MVIC			3% MVIC	32% MVIC	
	<b>ICH30 (isometric)</b>	10% MVIC			7% MVIC	60% MVIC	

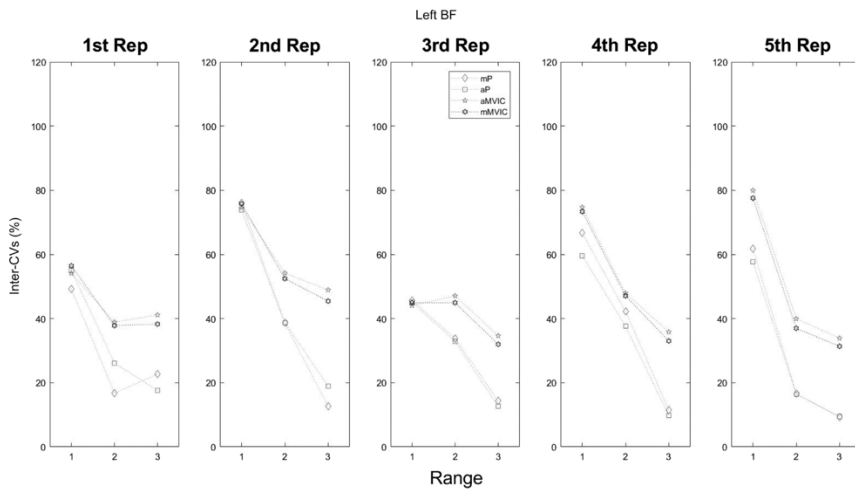
<b>ICH50 (isometric)</b>	8% MVIC			2% MVIC	30% MVIC	
------------------------------	---------	--	--	---------	-------------	--

Μέγιστη τιμή ± απόκλιση, MVIC: Maximal Voluntary Isometric Contraction, MVC: Maximal Voluntary Contraction, mV: millivolt,  $\mu$ V: microvolt

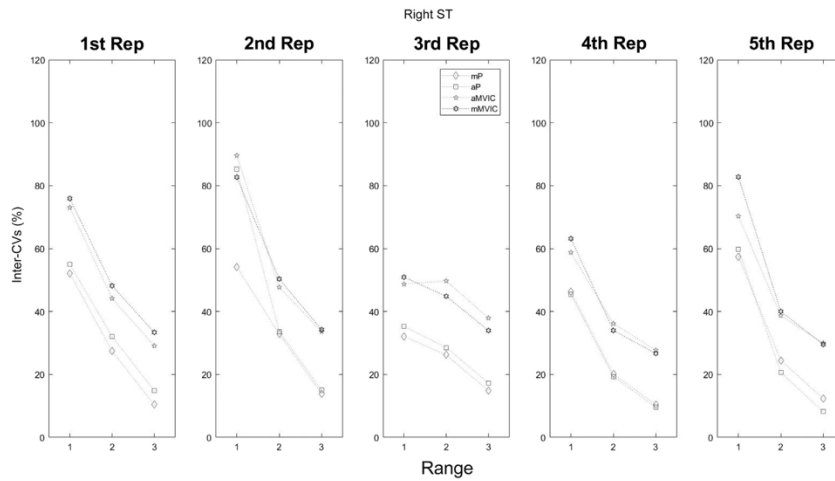
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8:** Γραφήματα απεικόνισης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (Guerrero-Henriquez et al., 2022)



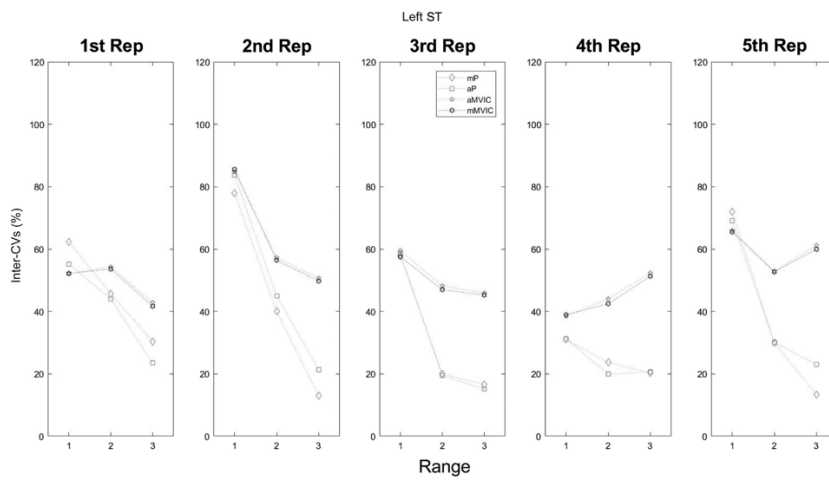
**Figure 1** — Inter-CVs by range (R1: 0%–33%, R2: 33%–66%, and R3: 66%–100%) and by Rep according to each normalization method in right BF. aMVIC indicates average of maximum voluntary isometric contraction; aP, average of maximums of each repetition; BF, biceps femoris; inter-CVs, intersubject variation coefficients; mMVIC, maximum value of maximum voluntary isometric contraction; mP, maximum of each repetition; Rep, repetition.



**Figure 2** — Inter-CVs by range (R1: 0%–33%, R2: 33%–66%, and R3: 66%–100%) and by Rep according to each normalization method in left BF. aMVIC indicates average of maximum voluntary isometric contraction; aP, average of maximums of each repetition; BF, biceps femoris; inter-CVs, intersubject variation coefficients; mMVIC, maximum value of maximum voluntary isometric contraction; mP, maximum of each repetition; Rep, repetition.

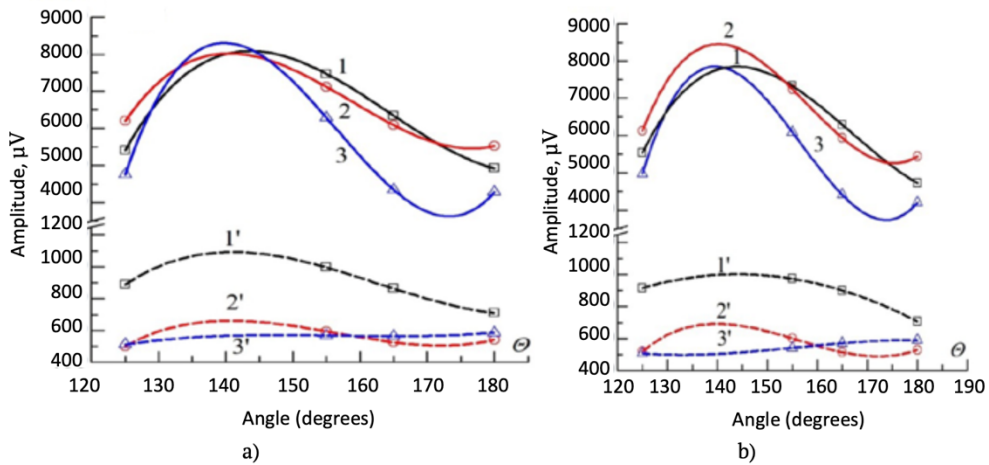


**Figure 3** — Inter-CVs by range (R1: 0%–33%, R2: 33%–66%, and R3: 66%–100%) and by Rep according to each normalization method in right ST. aMVIC indicates average of maximum voluntary isometric contraction; aP, average of maximums of each repetition; inter-CVs, intersubject variation coefficients; mMVIC, maximum value of maximum voluntary isometric contraction; mP, maximum of each repetition; Rep, repetition; ST, semitendinosus.



**Figure 4** — Inter-CVs by range (R1: 0%–33%, R2: 33%–66%, and R3: 66%–100%) and by Rep according to each normalization method in left ST. aMVIC indicates average of maximum voluntary isometric contraction; aP, average of maximums of each repetition; inter-CVs, intersubject variation coefficients; mMVIC, maximum value of maximum voluntary isometric contraction; mP, maximum of each repetition; Rep, repetition; ST, semitendinosus.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9:** Γράφημα απεικόνισης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (Sirenko et al., 2022)



**Figure 5.** Regression dependence with experimental points of the maximum (continuous lines) and mean (dashed lines) amplitude of myograms for the right (a) and left extremity (b): 1, 1' – m. biceps femoris; 2, 2' – m. semitendinosus; 3, 3' – m. Semimebranosu; vertical axis X ( $\mu\text{V}$ ), horizontal axis Y (angle) [15]