



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικοθεραπείας

Πτυχιακή Εργασία με Θέμα:

**«Δοκιμαστική εφαρμογή και πιλοτική διερεύνηση της επίδρασης της
κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος στην ιδιοδεκτική αντίληψη της
ταχύτητας της άρθρωσης»**

Φοιτήτρια: Τσουτζίδου Ελένη

Εισηγητής: Κελλάρη Ανθή, Υποψήφια Διδάκτωρ, Ακαδημαϊκή Υπότροφος

Λαμία, 2024



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικοθεραπείας

Πτυχιακή Εργασία με Θέμα:

**«Δοκιμαστική εφαρμογή και πιλοτική διερεύνηση της επίδρασης της
κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος στην ιδιοδεκτική αντίληψη της
ταχύτητας της άρθρωσης»**

Φοιτήτρια: Τσουτζίδου Ελένη

Εισηγητής: Κελλάρη Ανθή, Υποψήφια Διδάκτωρ, Ακαδημαϊκή Υπότροφος

Λαμία, 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Η ιδιοδεκτικότητα είναι ένας πολύ σύνθετος όρος και είναι εξαιρετικά σημαντική στον πρόδρομο και ανάδρομο κινητικό έλεγχο που έχει άμεση σχέση με την ευστάθεια, τον συντονισμό και την ακρίβεια κίνησης. Μέχρι τώρα, οι υπάρχουσες μελέτες δείχνουν ότι πιθανόν η κόπωση να επηρεάζει τη ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης, όμως η επίδρασή της στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας δεν έχει διερευνηθεί.

ΣΚΟΠΟΣ: Σκοπό της έρευνας αποτελούσε η δοκιμαστική εφαρμογή και η πιλοτική διερεύνηση της επίδρασης της κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας της άρθρωσης.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Στην μελέτη μας πήραν μέρος συνολικά 12 υγιείς εθελοντές και βασικό όργανο μέτρησης αποτελούσε το ισοκινητικό δυναμόμετρο. Το πρώτο μέρος των μετρήσεων αποτελούσε η παθητική επίδειξη μιας συγκεκριμένης γωνιακής ταχύτητας (20°/sec) ενώ το δεύτερο περιλάμβανε την ενεργητική αναπαραγωγή της, χωρίς να έχει προηγηθεί κόπωση. Έπειτα, γινόταν εκτέλεση του πρωτοκόλλου κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος. Τέλος, πραγματοποιήθηκε ξανά παθητική επίδειξη της ίδιας ταχύτητας και ενεργητική αναπαραγωγή αυτής υπό συνθήκες κόπωσης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των δύο συνθηκών, πριν και μετά την πρόκληση της κόπωσης τόσο κατά την έκταση (Mean_bef = 22.19, Mean_after = 23.45, $p=0.937$) όσο και κατά την κάμψη του γόνατος (Mean_bef = 21.29, Mean_after = 21.87, $p=0.638$).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Η δοκιμαστική εφαρμογή του πρωτοκόλλου έδειξε ότι το παρόν πρωτόκολλο δεν παρουσιάζει ελλείψεις. Τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας κίνησης του γόνατος πριν και μετά την κόπωση των οπίσθιων μηριαίων. Ωστόσο, χρειάζεται μελέτη σε μεγαλύτερο δείγμα όπου θα εφαρμοστεί το πρωτόκολλο ολοκληρωμένα καθώς υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα.

Ευρετήριο (λέξεις κλειδιά):

ιδιοδεκτική αντίληψη, ιδιοδεκτικότητα, κόπωση, μυϊκή άτρακτος, οπίσθιοι μηριαίοι, ταχύτητα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την εισηγήτριά μου κα Κελλάρη Ανθή, Υποψήφια Διδάκτορα, για τη συμβολή της στην εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας, καθώς και για την καθοδήγηση που μου προσέφερε και τον χρόνο που διέθεσε δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Στο ίδιο πλαίσιο ευγνωμοσύνης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κανελλόπουλο Ασημάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή, καθώς και όλους τους υπόλοιπους καθηγητές, για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν καθ' όλη την διάρκεια της ακαδημαϊκής μου πορείας, οι οποίες αποτελούν τα θεμέλια για την μετέπειτα επαγγελματική μου σταδιοδρομία.

Ταυτόχρονα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις αγαπημένες μου φίλες και συμφοιτήτριες, Νικηφόρου Μαρία και Κατσαμάγκα Άννα, για την πολύτιμη συνεισφορά τους στις μετρήσεις και την διαρκή παρουσία τους στο πλευρό μου.

Οφείλω, επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους εθελοντές, χωρίς τη συμμετοχή των οποίων η ολοκλήρωση της ερευνητικής εργασίας μου θα ήταν αδύνατη.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου για την οικονομική τους υποστήριξη, καθώς και για την ηθική υποστήριξη σε όλο το διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	3
2.1. Ορισμός.....	3
2.2. Ρόλος	5
2.3. Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς	6
2.3.1. Μυϊκή Άτρακτος	6
2.3.2. Τενόντιο όργανο Golgi	9
2.3.3. Αρθρικοί Υποδοχείς	10
2.3.4. Δερματικοί υποδοχείς.....	11
2.4 Ανιούσα νευρική οδός.....	12
2.4.1 Οδός Ραχιαίας Στήλης - Έσω Λημνίσκου	12
2.4.2 Νωτιοπαρεγκεφαλική οδός	14
3. ΚΟΠΩΣΗ	15
3.1. Ορισμός.....	15
3.2. Ταξινόμηση	15
3.3. Κεντρική κόπωση	16
3.4. Περιφερική Κόπωση.....	18
4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	21
4.1. Κόπωση και ιδιοδεκτικότητα.....	21
4.2. Κόπωση και ιδιοδεκτικότητα στην άρθρωση του γόνατος	23
4.3. Κόπωση και αίσθηση της ταχύτητας.....	26
4.3.1. Ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας.....	26
4.3.2. Κόπωση και ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας.....	36
5. ΣΚΟΠΟΣ.....	37
5.1 Ερευνητικές Υποθέσεις.....	37
6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	38
6.1 Ερευνητικός Σχεδιασμός και Δείγμα	38
6.2 Εξοπλισμός.....	38
6.3 Διαδικασία μετρήσεων	39
6.3.1 Πρωτόκολλο αξιολόγησης της ιδιοδεκτικής αντίληψης της αρθρικής γωνιακής ταχύτητας του γόνατος.....	39
6.3.2 Πρωτόκολλο Κόπωσης.....	40
6.4 Στατιστική Ανάλυση.....	42
7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	43
8 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	47

9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	49
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	50
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	55

Αριθμός Λέξεων: 13.414

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Πίνακας Συντομογραφιών	
AA	Ενεργητικά/Ενεργητικά
ATP	Τριφωσφορική αδενοσίνη
AVRT	Τεστ αναπαραγωγής γωνιακής ταχύτητας
DPS	Δυναμική αίσθηση ταχύτητας
ICC	Αξιοπιστία
JPS	Αίσθηση θέσης της άρθρωσης
ΚΝΣ	Κεντρικό Νευρικό Σύστημα
ΠΧΣ	Πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος
PA	Παθητικά/Ενεργητικά
PP	Παθητικά/Παθητικά
ROM	Εύρος κίνησης
SCV	Αίσθηση αλλαγής ταχύτητας
SOF	Αίσθηση δύναμης
SOM	Κιναισθησία
SS	Ημipaθητικά/Ημipaθητικά

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Το πολυπαραγοντικό αισθητηριακό σύστημα.....σελ.	4
Εικόνα 2.2 Δομή και νεύρωση μυϊκής ατράκτου.....σελ.	8
Εικόνα 2.3 Το μυοτατικό αντανακλαστικό.....σελ.	8
Εικόνα 2.4 Δομή και νεύρωση τενόντιου οργάνου Golgi.....σελ.	9
Εικόνα 2.5 Το αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό.....σελ.	10
Εικόνα 2.6 Μηχανοϋποδοχείς στην άρθρωση του γόνατος.....σελ.	11
Εικόνα 2.7 Κατανομή μηχανοϋποχέων στο λείο δέρμα.....σελ.	12
Εικόνα 3.1 Νευρωνική πορεία των προσαγωγών ινών της ομάδας III και IV.....σελ.	18
Εικόνα 6.1 Το ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex system 3 pro.....σελ.	39
Εικόνα 7.1 Ιστόγραμμα 1.....σελ.	43
Εικόνα 7.2 Ιστόγραμμα 2.....σελ.	44
Εικόνα 7.3 Ιστόγραμμα 3.....σελ.	44
Εικόνα 7.4 Ιστόγραμμα 4.....σελ.	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 7.1. Ηλικία και BMI των συμμετεχόντων με τις τυπικές τους αποκλίσεις.....σελ.	43
Πίνακας 7.2 Σύγκριση του μέσου όρου του απόλυτου λάθους από την ταχύτητα στόχο πριν και μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου της κόπωσης κατά την έκταση και κάμψη του γόνατος.....σελ.	45
Πίνακας 7.3 Οι μέσοι όροι της ταχύτητας αναπαραγωγής και οι μέσοι όροι του απόλυτου λάθους από την ταχύτητα στόχο κατά την έκταση και κάμψη του γόνατος, πριν και μετά την κόπωση.....σελ.	45-46

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έννοια της ιδιοδεκτικότητας είναι πολύπλοκη και παραγοντική. Έχει φανεί ότι η ιδιοδεκτικότητα είναι πολύ σημαντική για την ισορροπία, τον συντονισμό των κινήσεων, την σταθεροποίηση των αρθρώσεων και την αποφυγή τραυματισμών (Hillier et al 2015, Bragonzoni et al 2019). Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη πολυάριθμων και διάσπαρτων ιδιοϋποδοχέων σε ολόκληρο το σώμα, που παρέχουν διαρκώς πληροφορίες στο ΚΝΣ για τη θέση των μελών στο χώρο και την κίνηση του σώματος συνολικά ώστε να επιτευχθεί σωστός κινητικός σχεδιασμός και να αποσταλούν οι κατάλληλες κινητικές εντολές προς του μύες για την παραγωγή της επιθυμητής κίνησης (Bagaianu et al 2017). Η μυϊκή άτρακτος αποτελεί τον σημαντικότερο ιδιοδεκτικό υποδοχέα. Παρότι βρίσκεται μέσα στον μυ, δεν συμμετέχει στην μυϊκή συστολή αλλά ενεργοποιείται κυρίως κατά τη διάταση του μυός, στέλνοντας πληροφορίες για το μυϊκό μήκος και την ταχύτητα κίνησης (Henry & Baudry 2019). Άλλος ένας σημαντικός ιδιοϋποδοχέας, που συμπληρώνει το ρόλο της μυϊκής ατράκτου, είναι το τενόντιο όργανο Golgi, που βρίσκεται στους τένοντες των μυών και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη μυϊκή ισχύ. Η ενεργοποίηση του συγκεκριμένου υποδοχέα είναι έντονη και ταχεία κατά την ενεργητική κίνηση, σε αντίθεση με την παθητική που απαιτείται πολύ μεγαλύτερη τάση (Maas et al 2022, Oliver et al 2021). Επιπλέον, υπάρχουν και άλλοι αρθρικοί και δερματικοί υποδοχείς που ενισχύουν την ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση.

Η ιδιοδεκτικότητα χωρίζεται σε 4 ξεχωριστές υποκατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής: αίσθηση της θέσης της άρθρωσης, κιναισθησία, αίσθηση δύναμης και αίσθηση αλλαγής ταχύτητας (Ager et al 2020). Ενώ οι τρεις πρώτες κατηγορίες έχουν μελετηθεί εκτενώς, η μελέτη γύρω από την ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας παραμένει περιορισμένη. Μόνο 8 μελέτες βρέθηκαν κατά την ανασκόπηση της αρθρογραφίας, μεταξύ των οποίων υπήρχε μεγάλη ανομοιογένεια, όσον αφορά την μεθοδολογία και τον ερευνητικό σχεδιασμό. Το γεγονός αυτό, οδήγησε στην αδυναμία συγκέντρωσης των δεδομένων σε μια μετα-ανάλυση και εξαγωγής αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Ένα σημαντικός παράγοντας αλλοίωσης της ιδιοδεκτικότητας φαίνεται να είναι η κόπωση. Η κόπωση έχει πολλές εκφάνσεις. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να είναι μυϊκή (τοπική) ή καρδιοαναπνευστική (γενική), κεντρική ή περιφερική, χαμηλής ή υψηλής συχνότητας κ.α. Το κάθε είδος κόπωσης μπορεί να έχει διαφορετική επίδραση στο ιδιοδεκτικό σύστημα, γι' αυτό είναι σημαντική η μελέτη κάθε είδους κόπωσης ξεχωριστά. Οι περισσότερες μελέτες που

εξετάζουν κόπωση, αναφέρονται συνήθως σε γενική κόπωση και όχι εστιασμένη σε κάποια συγκεκριμένη μυϊκή ομάδα. Αυτό επιτείνει την ανάγκη διεξαγωγής περαιτέρω ερευνών που να διερευνούν πως η τοπική μυϊκή κόπωση μπορεί ή όχι να επηρεάσει την ιδιοδεκτική αντίληψη.

Αξίζει ακόμα να σημειωθεί, πως δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία μελέτη που να εξετάζει την επίδραση της κόπωσης στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας. Επομένως, βασικό στόχο της παρούσας μελέτης αποτελούσε η δημιουργία ενός νέου πιλοτικού πρωτοκόλλου τοπικής κόπωσης, ώστε να κοπώνεται στοχευμένα μόνο μία μυϊκή ομάδα, και συγκεκριμένα οι οπίσθιοι μηριαίοι, που εμφανίζουν αντίσταση στην κόπωση και γι' αυτό δεν υπάρχει κανένα παρόμοιο πρωτόκολλο λόγω μεγάλης δυσκολίας. Επίσης, μέσω αυτής της μελέτης, είναι η πρώτη φορά που συνδυάζονται τα πρωτόκολλα της κόπωσης και της ταχύτητας, με στόχο την μελέτη της επίδρασης της κόπωσης των οπίσθιων μηριαίων στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας κίνησης στην άρθρωση του γόνατος.

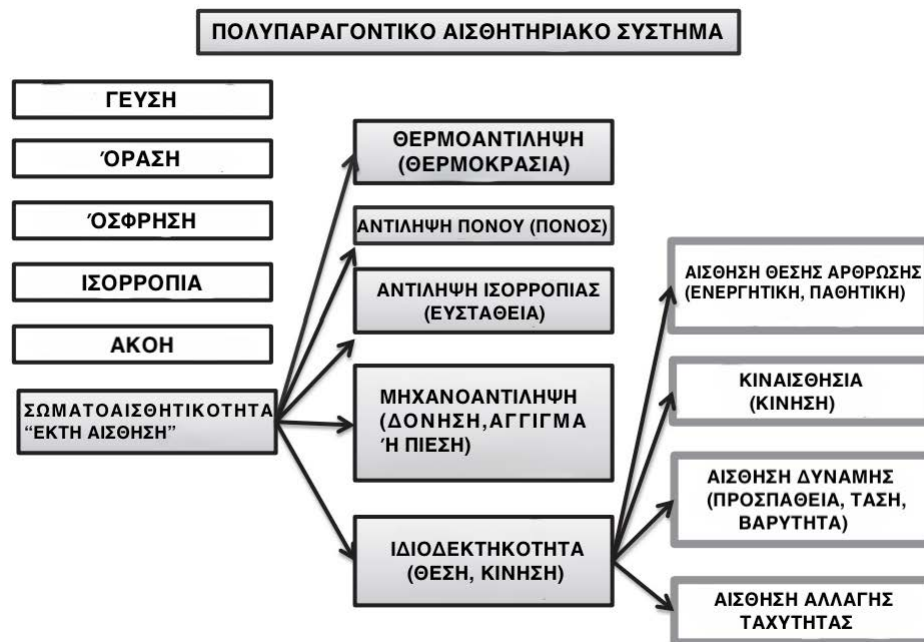
2. ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

2.1. Ορισμός

Αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας αποτελεί η κίνηση, για την εκτέλεση της οποίας απαιτείται ο κινητικός έλεγχος. Ωστόσο, η ύπαρξη κινητικού ελέγχου δεν υφίσταται χωρίς την ύπαρξη της ιδιοδεκτικότητας, που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση συντονισμού δτών κινήσεων, ισορροπίας, αρθρικής σταθεροποίησης και αποφυγής τραυματικών γεγονότων (Hillier et al 2015, Bragonzoni et al 2019). Το 1906, ο Charles Sherrington ήταν ο πρώτος επιστήμονας που επινόησε τον όρο ιδιοδεκτικότητα και σύμφωνα με τον αρχικό ορισμό που απέδωσε, η ιδιοδεκτικότητα είναι «η αντίληψή μας για την κίνηση της άρθρωσης και η τοποθέτηση στο χώρο απουσία οπτικής ανατροφοδότησης» (Sherrington 1906 cited in Ager et al 2017). Η ιδιοδεκτικότητα αποτελεί μέρος της σωματοαισθητικότητας, δηλαδή της 6^{ης} αίσθησης, μαζί με την αντίληψη θερμότητας, πόνου, ισορροπίας και μηχανικών ερεθισμάτων (Εικόνα 2.1).

Η ιδιοδεκτικότητα χωρίζεται σε 4 κατηγορίες:

1. Αίσθηση θέσης της άρθρωσης (Joint Position Sense - JPS): είναι η ικανότητα του ατόμου να αναπαράξει μία γωνία που του έχει υποδειχτεί από το μηχάνημα. Η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε ενεργητικά είτε παθητικά (Ager et al 2020).
2. Κιναισθησία (Sense of Movement - SOM): είναι η δυναμική αίσθηση της κίνησης, δηλαδή η ικανότητα αντίληψης οποιασδήποτε ενεργητικής ή παθητικής μεταβολής της θέσης της άρθρωσης (Ager et al 2020, Bragonzoni et al 2019).
3. Αίσθηση δύναμης (Sense of Force - SOF): είναι η ικανότητα αντίληψης της δύναμης που εφαρμόζεται γύρω από μία άρθρωση καθώς και η παραγωγή ελεγχόμενης δύναμης (Ager et al 2020).
4. Αίσθηση αλλαγής ταχύτητας (Sense of Change in Velocity - SCV): είναι η ικανότητα να αντιλαμβάνεται το άτομο πόσο μετατοπίστηκε το άκρο γύρω από την άρθρωση (Ager et al 2020).



Εικόνα 2.1 Το πολυπαραγοντικό αισθητηριακό σύστημα (Μεταφρασμένη, από Ager et al 2020)

Από όλες αυτές τις κατηγορίες, οι αισθήσεις της θέσης, της κίνησης και της δύναμης έχουν μελετηθεί εκτενέστερα, ενώ οι μελέτες για την αίσθηση της ταχύτητας παραμένουν περιορισμένες. Σε αυτές τις λίγες μελέτες, τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της, περιλάμβαναν κάποια από τις παρακάτω δοκιμασίες:

1. Αναπαραγωγή μιας ταχύτητας στόχου
2. Αναπαραγωγή μιας θέσης κατά τη διάρκεια κίνησης σε διάφορες ταχύτητες
3. Διάκριση μίας ταχύτητας μεταξύ διαφορετικών ταχυτήτων (Dynamic Position Sense – DPJ) (Westlake et al 2007)

Στις δοκιμασίες αναπαραγωγής, ο εξεταζόμενος καλείται να αναπαράξει μια ταχύτητα ενεργητικά ενώ πρώτα του έχει γίνει επίδειξη είτε ενεργητικά (Active/Active – AA) είτε παθητικά (Passive/Active – PA). Προσπαθεί, δηλαδή, να αντιγράψει την κίνηση που του επιδείχτηκε προηγουμένως με την ίδια ταχύτητα.

Όσον αφορά τις δοκιμασίες διάκρισης, όλα γίνονται παθητικά (Passive/Passive – PP) ή ημιπαθητικά (Semipassive/Semipassive – SS), όπου οι δοκιμαζόμενοι κρατάνε αντίσταση

σταθερής ροπής με οπτική ανατροφοδότηση. Κατά την εκτέλεσή τους, οι δοκιμαζόμενοι προσπαθούν να διακρίνουν αν μια ταχύτητα είναι ταχύτερη ή πιο αργή από μία προηγούμενη (Lonn et al 2001).

2.2. Ρόλος

Η ύπαρξη της ιδιοδεκτικότητας στην καθημερινή ζωή είναι καίριας σημασίας. Αρχικά, θα πρέπει να τονιστεί η άρρηκτη σχέση της ικανότητας αντίληψης ιδιοδεκτικών πληροφοριών με τον κινητικό έλεγχο. Μέσω της ιδιοδεκτικής πληροφόρησης, παρέχεται στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) μια οργανωμένη και πλήρης εικόνα του σώματος, μαζί με όλες τις ιδιότητες που αυτό περιλαμβάνει και ως αποτέλεσμα επιτυγχάνεται ο ορθός κινητικός σχεδιασμός και η αποστολή τελικών εντολών προς το μυς για την εκτέλεση ελεγχόμενης κίνησης (Bagaiianu et al 2017). Έτσι, παίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της ισορροπίας, που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή εκτέλεση καθημερινών δραστηριοτήτων όπως το περπάτημα, το ανέβασμα σκαλοπατιών και η αποφυγή εμποδίων (Sadeghi et al 2017).

Ειδικότερα στην όρθια θέση, έχει παρατηρηθεί ότι λόγω των πολυάριθμων αρθρώσεων και των διαρκών ταλαντώσεων, οι συνεχείς ιδιοδεκτικές εισροές, συγκεκριμένα γύρω από την άρθρωση της ποδοκνημικής, εξασφαλίζουν την διατήρησή της και την αποφυγή πτώσεων (Henry & Baudry 2019). Η στρατηγική της ποδοκνημικής αποτελεί λειτουργία άπω ιδιοδεκτικότητας και ενεργοποιείται σε ισορροπιστικές διαταραχές μικρού εύρους, ενώ για μεγαλύτερες αποσταθεροποιητικές δυνάμεις υπεύθυνος είναι ο μηχανισμός του ισχίου, που βρίσκεται πλησιέστερα στον κορμό (Sakai et al 2022). Η σημαντικότητά της αυξάνεται ακόμα περισσότερο σε μεγαλύτερες ηλικίες αφού ο κίνδυνος πτώσεων είναι μεγάλος, αποτελώντας κύρια αιτία θανάτου στους ηλικιωμένους και μεγιστοποιώντας το κόστος της υγειονομικής περίθαλψης (Ferlinc et al 2019).

Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της ιδιοδεκτικότητας και του αθλητισμού. Η ιδιοδεκτική οξύτητα έχει ως απότοκο βελτιωμένες αθλητικές επιδόσεις, ιδιαίτερα σε αθλήματα που απαιτούν στόχο και ακρίβεια. Ταυτόχρονα, υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ιδιοδεκτικότητας και των αθλητικών τραυματισμών καθώς η ύπαρξη ιδιοδεκτικής αντίληψης καθιστά ευκολότερη την πρόληψη και αποκατάσταση τους (Horváth et al 2023). Για παράδειγμα, στον τραυματισμό του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου, ο οποίος είναι πολύ συχνός στους αθλητές και συμβαίνει σε απειροελάχιστο χρόνο μετά την επαφή με το

έδαφος, το μυοσκελετικό σύστημα δεν θα προλάβει να αντιδράσει σε τόσο μικρό χρόνο χωρίς την ταχεία ιδιοδεκτική πληροφόρηση. Οι πληροφορίες αυτές, λοιπόν, φτάνουν στο ΚΝΣ σε λιγότερο χρόνο προετοιμάζοντας τους μύες των κάτω άκρων ώστε να αντέξουν τις υψηλές δυνάμεις της πρόσκρουσης με το έδαφος (Nagai et al 2018).

Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι το ιδιοδεκτικό σύστημα συμβάλλει στην ανάπτυξη και την εύρυθμη λειτουργία του μυοσκελετικού συστήματος, ενώ η απορρύθμισή του μπορεί να οδηγήσει σε διάφορες κακώσεις και παθολογίες του σκελετού (Bornstein et al 2023). Οι Kröger και Watkins (2021) σε πρόσφατη έρευνα υποστήριξαν ότι μέσω των ιδιοϋποδοχέων, όχι μόνο ελέγχεται δυναμικά η ευθυγράμμιση της σπονδυλικής στήλης, αλλά αποτρέπεται και η παραμόρφωσή της, που μπορεί σταδιακά να προκαλέσει εφηβική ιδιοπαθή σκολίωση. Όπως προαναφέρθηκε, ο ρόλος της ιδιοδεκτικότητας επεκτείνεται και σε μυοσκελετικές κακώσεις, όπως τα κατάγματα. Τα ιδιοδεκτικά σήματα στέλνονται αμέσως μετά τον τραυματισμό, λόγω αλλαγής του μυϊκού τόνου και του μήκους των μυών που περιβάλλουν το σημείο του κατάγματος, ευθυγραμμίζοντας τα θραύσματα και φέρνοντας το οστό σε κατάλληλη θέση για επούλωση (Blecher et al 2018).

Οι ιδιοϋποδοχείς, ενεργοποιούνται και στέλνουν σήματα τόσο σε συνειδητό όσο και σε ασυνείδητο επίπεδο. Ο συνειδητός ρόλος της είναι να επιτρέπει την αντίληψη της θέσης όλων των αρθρώσεων καθώς και των κινήσεων του σώματος. Επιτρέπει, δηλαδή, στον εγκέφαλο να αντιλαμβάνεται ανά πάσα στιγμή που βρίσκονται τα άκρα και πώς κινούνται στο χώρο. Ασυνείδητα, παρέχει προστατευτικό ρόλο μπλοκάροντας υπέρμετρες κινήσεις των αρθρώσεων μέσω των αντανακλαστικών, του ελέγχου του μυϊκού τόνου και της στάσης (Ferlinc et al 2019). Επίσης, όλες οι ιδιοδεκτικές προσαγωγές ώσεις κατευθύνονται προς το ΚΝΣ αλλά καταλήγουν σε διαφορετικό επίπεδο, αναλόγως αν είναι συνειδητές ή μη. Οι πρώτες οδηγούνται στον εγκεφαλικό φλοιό και υπόκεινται σε φλοιώδη επεξεργασία, ενώ οι ασυνείδητες μεταφέρονται στην παρεγκεφαλίδα (Otsuka et al 2022).

2.3. Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς

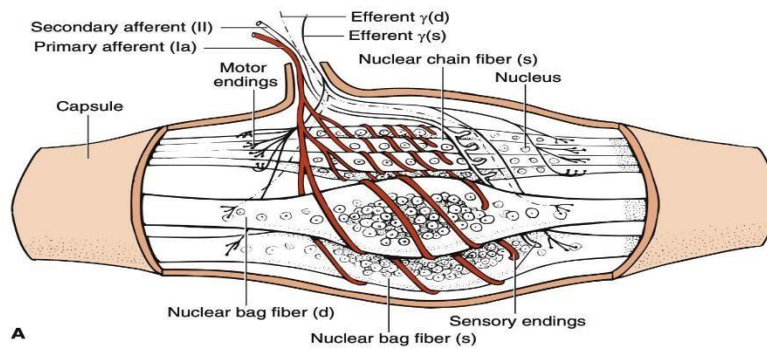
2.3.1. Μυϊκή Άτρακτος

Η μυϊκή άτρακτος αποτελεί τον σημαντικότερο ιδιοδεκτικό υποδοχέα του ανθρώπινου σώματος. Αποτελείται από εξειδικευμένες μυϊκές ίνες που περιβάλλονται από μία κάψα

ατρακτοειδούς σχήματος και γι' αυτό ονομάζονται ενδοφλέβιες. Βρίσκονται μέσα σε κάθε μυ παράλληλα με τις εξωκαψικές συσταλτές μυϊκές ίνες και περιέχουν πυρήνες, οι οποίοι κατανέμονται διαφορετικά σε κάθε ίνα και καθορίζουν το είδος της (Kröger & Watkins 2021). Αν οι πυρήνες είναι πολυάριθμοι, σφαιρικοί και βρίσκονται μόνο στο κέντρο της ενδοκαψικής μυϊκής ίνας, τότε αυτή ονομάζεται ίνα πυρηνικού σάκου. Οι ίνες πυρηνικής αλυσίδας αποτελούν την δεύτερη κατηγορία και περιέχουν μόνο μια σειρά πυρήνων (Shumway-Cook & Woollacott 2012, p. 74).

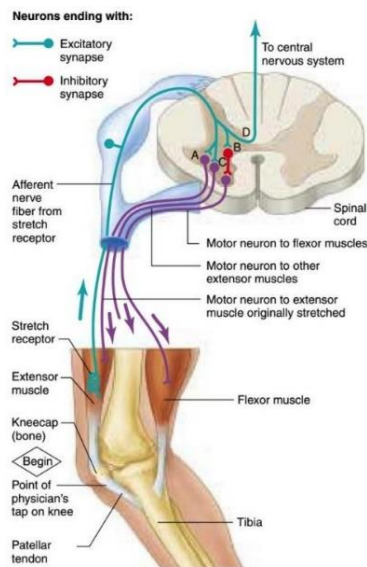
Η νεύρωση των μυϊκών ιών εντός της ατράκτου γίνεται από αισθητικούς προσαγωγούς νευρώνες ομάδας Ia και II καθώς και από γάμμα-κινητικούς απαγωγούς νευρώνες. Τα κεντρικά τμήματα όλων των μυϊκών ιών που περιέχονται μέσα στην άτρακτο, νευρώνονται από πρωτογενείς Ia νευρώνες που είναι τυλιγμένοι γύρω από αυτά, ενώ τα περιφερικά άκρα νευρώνονται τόσο από δευτερογενείς II όσο και από γάμμα νευρώνες, με εξαίρεση τις ίνες του σάκου 1 που δεν φέρουν περιφερική αισθητική νεύρωση (Εικόνα 2.2). Κοινό χαρακτηριστικό των δύο τύπων προσαγωγών νευρώνων αποτελεί η ενεργοποίησή τους αποκλειστικά και μόνο

κατά τη διάταση των μυϊκών ιών και η μεταφορά πληροφοριών σχετικά με αλλαγές του μυϊκού μήκους, ενώ αλλαγές στην ταχύτητα κίνησης μεταφέρουν μόνο οι Ia αισθητικές απολήξεις (Henry & Baudry 2019). Όσο πιο γρήγορα και όσο περισσότερο αυξάνεται το μήκος του μυός, τόσο αυξάνονται και τα ιδιοδεκτικά ερεθίσματα που στέλνονται προς το ΚΝΣ μέσω των προαναφερθέντων νευρώνων (Vander et al 2011, p. 462). Αντιθέτως, οι γάμμα κινητικοί νευρώνες ενεργοποιούνται κατά τη συστολή του μυός, όπου οι διατακτικοί αισθητήρες αδρανοποιούνται, και προκαλούν αργή χάλαση ή συστολή των ενδοκαψικών μυϊκών ιών περιφερικά με αποτέλεσμα να διατηρείται η τάση στο κέντρο της ατράκτου ακόμα και όταν ο μυς βραχύνεται. Ως αποτέλεσμα, η διέγερση της μυϊκής ατράκτου στέλνει κεντρομόλες εντολές, οι οποίες με τη σειρά τους θα ενεργοποιήσουν τους α κινητικούς νευρώνες που νευρώνουν τις συσταλτές μυϊκές ίνες και θα αυτορυθμίσουν τη δυναμική μυϊκή δράση (Colón et al 2017). Αυτή η συνενεργοποίηση των άλφα και γάμμα κινητικών νευρώνων είναι αρκετά συχνή αφού διεγείρονται από γειτονικούς διάμεσους νευρώνες και από κοινές εντολές του εγκεφάλου, εξασφαλίζοντας τη διαρκή επίγνωση του μήκους των μυών κατά την εκτέλεση κινήσεων και την προσαρμογή σε αυτές (Vander et al 2011, p. 465).



Εικόνα 2.2 Δομή και νεύρωση μυϊκής ατράκτου (από Shumway- Cook & Woollacott 2012)

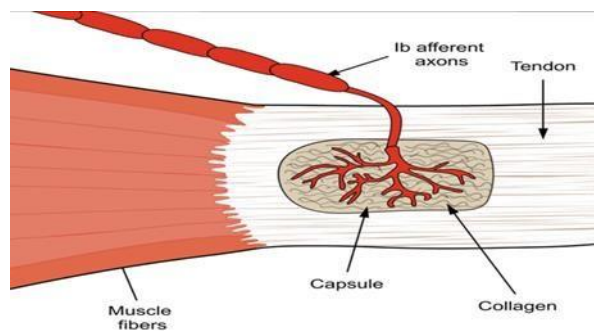
Η νευρική οδός των κεντρομόλων ερεθισμάτων της μυϊκής ατράκτου αποτελεί το μυοτατικό αντανακλαστικό (Εικόνα 2.3). Μόλις η μυϊκή άτρακτος διαταθεί, οι αισθητικές ίνες Ia και II μεταφέρουν τις ώσεις στον νωτιαίο μυελό, αφού πρώτα αυτές διέρχονται από τα οπίσθια κέρατα, όπου κείνται τα σώματα των αισθητικών νευρών. Τα ερεθίσματα που προέρχονται από τις Ia ίνες οδηγούνται απευθείας σε άλφα κινητικούς νευρώνες των πρόσθιων κερμάτων, ενώ τα ερεθίσματα των II ινών μεταβιβάζονται μέσω διάμεσων νευρώνων. Οι άλφα κινητικοί νευρώνες με τη σειρά τους, στέλνουν φυγόκεντρες εντολές συστολής τόσο στον πρωταρχικό μυ όσο και σε συναγωνιστές του, και εντολές αναχαίτησης προς τους ετερόπλευρους ανταγωνιστές μύες (Λογοθέτης και Μυλωνάς 2016 σελ. 152-153).



Εικόνα 2.3 Το μυοτατικό αντανακλαστικό (από Vander et al 2011)

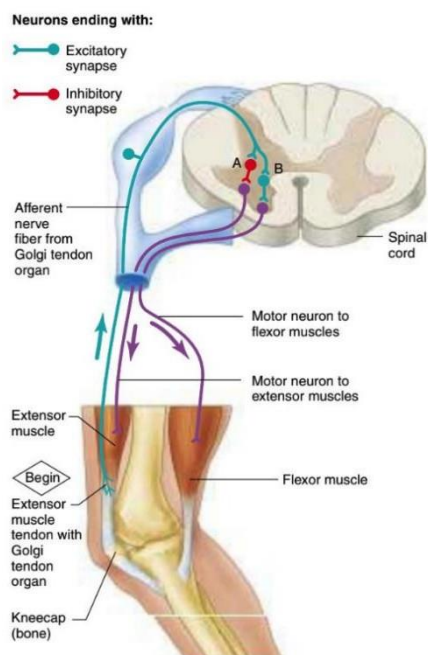
2.3.2. Τενόντιο όργανο Golgi

Ένας ακόμα σημαντικός υποδοχέας, που συμπληρώνει τον ρόλο της μυϊκής ατράκτου, είναι το τενόντιο όργανο Golgi. Βρίσκεται στη μυοτενόντια ένωση κάθε μυός και νευρώνεται από προσαγωγές αισθητικές ίνες Ib (Εικόνα 2.4). Όταν ο τένοντας διατείνεται, είτε από παθητική διάταση του μυός είτε από ενεργητική συστολή, οι διάχυτες απολήξεις των ινών στον τένοντα, που είναι κάθετες σε αυτόν, ενεργοποιούνται και ξεκινά η αποστολή πληροφοριών προς τον νωτιαίο μυελό σχετικά με τη μυϊκή ισχύ (Maas et al 2022). Η ενεργοποίησή τους είναι μέγιστη κατά την σύσπαση των μυϊκών ινών, ακόμα και όταν αυτή είναι δυναμική με παραγωγή κίνησης, μεταδίδοντας σήματα ταχέων αλλαγών της δύναμης του μυός. Το ίδιο δεν συμβαίνει κατά την παθητική διάταση, όπου απαιτείται μεγάλη τάση ώστε να πυροδοτηθούν (Oliver et al 2021).



Εικόνα 2.4 Δομή και νεύρωση τενόντιου οργάνου Golgi (από Blumer et al 2024).

Το αντανακλαστικό που παράγεται μέσω της δράσης του τενόντιου οργάνου Golgi είναι ακριβώς αντίθετο με αυτό της μυϊκής ατράκτου και γι' αυτό ονομάζεται αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό (Εικόνα 2.5). Οι ίνες Ib εισέρχονται στο νωτιαίο μυελό και δημιουργούν συνάψεις με διάμεσους νευρώνες, οι οποίοι στη συνέχεια μεταφέρουν ανασταλτικές ώσεις στους άλφα κινητικούς νευρώνες του συστελλόμενου μυός, με αποτέλεσμα να επέλθει χάλαση. Ταυτόχρονα, προκαλούν σύσπαση των ανταγωνιστών μυών μέσω διέγερσης των άλφα κινητικών νευρώνων τους (Mulroney & Myers 2010, pp. 96-97).

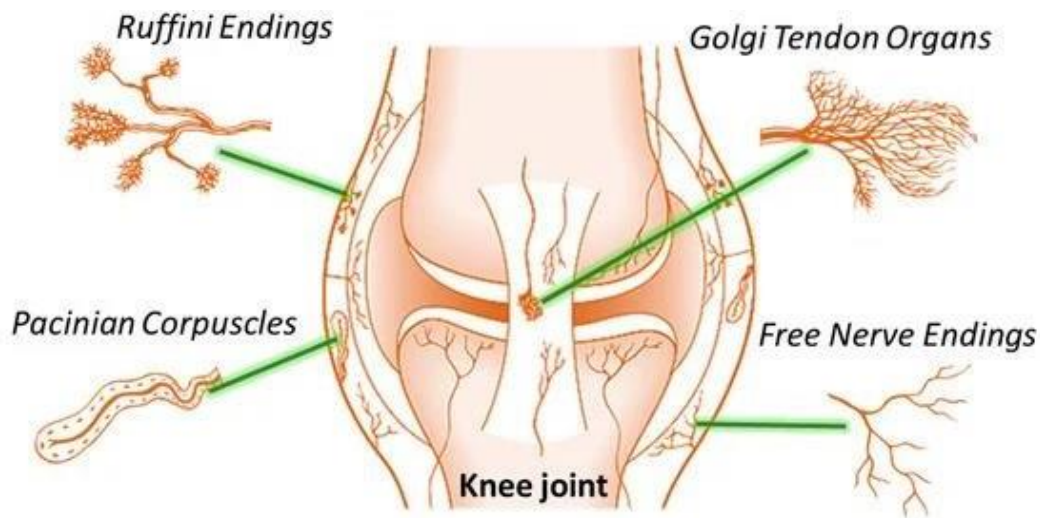


Εικόνα 2.5 Το αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό (από Vander et al 2011).

2.3.3. Αρθρικοί Υποδοχείς

Οι Salamanna et al (2023), αναφέρουν ότι μέσα στην άρθρωση, υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι υποδοχέων που είναι υπεύθυνοι για την ανίχνευση μηχανικών μεταβολών, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Ελεύθερες νευρικές απολήξεις: Μεταφέρουν πληροφορίες σχετικά με μηχανικές μεταβολές εντός της άρθρωσης, όπως η μετατόπιση και η αύξηση πίεσης.
- Απολήξεις Ruffini: Είναι νευρικές απολήξεις, που δεν είναι ελεύθερες, ερεθίζονται με αργή, συνεχόμενη διάταση και παρέχουν ενημέρωση σχετικά με τη θέση της άρθρωσης.
- Απολήξεις Pacini: Αντιλαμβάνονται αλλαγές στην ενδαρθρική πίεση και ανιχνεύουν ταχύτατα υψίσυχνους κραδασμούς.
- Τενόντια Όργανα Golgi: Πέρα από την ύπαρξή τους στους τένοντες, όπως έχει προαναφερθεί, τα όργανα αυτά βρίσκονται τόσο στον αρθρικό θύλακα και υμένα όσο και σε συνδέσμους και είναι υπεύθυνα για την αισθητηριακή ανατροφοδότηση σχετικά με τις δυνάμεις και την τάση που ασκούνται στην άρθρωση (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6 Μηχανοϋποδοχείς στην άρθρωση του γόνατος (από Salammana et al 2023)

Παλιότερα επικρατούσε η άποψη ότι οι αρθρικοί μηχανοϋποδοχείς ενεργοποιούνται μόνο όταν η άρθρωση έρχεται σε ακραίες γωνιακές θέσεις, προστατεύοντάς την από υπέρμετρες κινήσεις. Ωστόσο, έχει βρεθεί ότι μπορεί να υπάρχει ενεργοποίηση ορισμένων υποδοχέων και σε ενδιάμεσα εύρη, με επακόλουθη αποστολή προσαγωγών ερεθισμάτων προς τον εγκέφαλο. Το ΚΝΣ χρησιμοποιεί την αρθρική πληροφόρηση για να καθορίζει ανά πάσα στιγμή την ακριβή τοποθεσία της άρθρωσης και κατ' επέκταση την αντίληψη ολόκληρου του σώματος (Shumway-Cook & Woollacott 2012, p. 78).

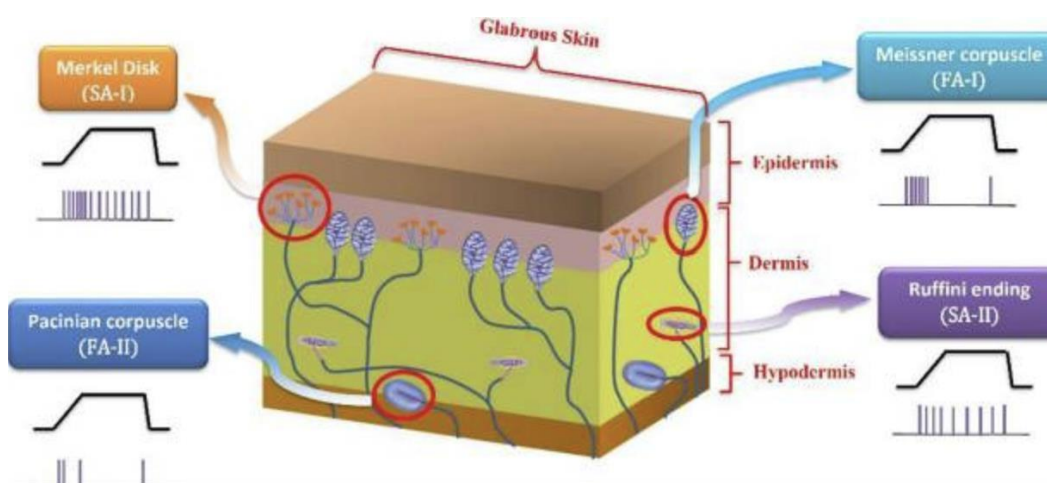
2.3.4. Δερματικοί υποδοχείς

Υπάρχουν, επίσης, μηχανοϋποδοχείς που βρίσκονται διάχυτοι μέσα στο δέρμα και διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τις απολήξεις τους σε αυτό και την ταχύτητα μετάδοσης ώσεων από την περιφέρεια. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι υποδοχέων:

- Δίσκοι Merkel: Βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του δέρματος, κυρίως στα άκρα των δακτύλων, στα χείλη και στα εξωτερικά γεννητικά όργανα, και είναι πληροφοριοδότες λεπτής αφής.
- Απολήξεις Ruffini: Βρίσκονται εν τω βάθει στο δέρμα, κυρίως στο χέρι, και παρέχουν ενημέρωση για την παραμόρφωση του δέρματος όταν βρίσκεται υπό τάση.

- Σωμάτια Meissner: Υπάρχουν σε λείο και άτριχο δέρμα, όπως οι παλάμες και τα πόδια και μεταδίδουν ώσεις δόνησης και κίνησης, συμβάλλοντας στον καλύτερο χειρισμό αντικειμένων.
- Σωμάτια Pacinian: Εντοπίζονται στον υποδόριο ιστό και ο ρόλος τους είναι κοινός με αυτόν των σωμάτων Meissner (Cobo et al 2021, Iheanacho & Vellipuram 2023).

Οι δύο πρώτοι υποδοχείς χαρακτηρίζονται ως υποδοχείς αργής προσαρμογής και ενεργοποιούνται όταν αντιλαμβάνονται ερέθισμα συνεχούς πίεσης σε σταθερό σημείο ενώ οι δύο τελευταίοι αποτελούν τους υποδοχείς ταχείας προσαρμογής που ανταποκρίνονται σε πιο δυναμικά ερεθίσματα όπως η άσκηση δυνάμεων σε ορισμένο χρόνο και η εφαρμογή δόνησης (Salimi-Nezhad et al 2018) (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7 Κατανομή μηχανοϋποχέων στο λείο δέρμα (από Salimi-Nezhad et al 2018)

2.4 Ανιούσα νευρική οδός

Οι μηχανοϋποδοχείς που αναλύθηκαν παραπάνω, δέχονται το ερέθισμα και στη συνέχεια το μετατρέπουν σε δυναμικό ενεργείας και το στέλνουν προς το ΚΝΣ. Η μεταφορά της ιδιοδεκτικής πληροφορίας, τόσο προς το νωτιαίο μυελό όσο και σε ανώτερα κέντρα, όπως ο εγκέφαλος και η παρεγκεφαλίδα, γίνεται μέσω μιας οδού που θα αναλυθεί παρακάτω.

2.4.1 Οδός Ραχιαίας Στήλης - Έσω Αημιίσκου

Η μεταγωγή των ώσεων γίνεται μέσω των προσαγωγών ιών που συγκλίνουν σε δεσμίδες, σχηματίζοντας τα νεύρα. Τα κυτταρικά σώματα όλων των αισθητικών νευρώνων βρίσκονται συγκεντρωμένα στα γάγγλια της ραχιαίας ρίζας. Οι νευρώνες αυτοί ονομάζονται

πρωτογενείς νευρώνες. Κεντρικά, φέρουν προσαγωγό άξονα, ο οποίος διακλαδίζεται κατά την είσοδό του στον νωτιαίο μυελό μέσω της ραχιαίας ρίζας, σε ίνες που θα παραμείνουν στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού και θα εισέλθουν στο ραχιαίο κέρασ του, όπου και θα κάνουν συνάψεις με άλφα και διάμεσους κινητικούς νευρώνες, δηλαδή θα συμμετέχουν στην αντανακλαστική δραστηριότητα, καθώς και σε ανιούσες ίνες που αποστέλλονται προς τον εγκέφαλο μέσω της ραχιαίας στήλης (Delhay et al 2018). Κάθε ραχιαία στήλη αποτελείται από δύο δεμάτια: το ισχνό και το σφηνοειδές. Το πρώτο, περιέχει νευρώνες από το κάτω τμήμα του σώματος και πιο συγκεκριμένο από το επίπεδο Θ7 και κάτω. Βρίσκεται εσωτερικά του σφηνοειδούς δεματίου, που παρέχει πληροφορίες από τα άνω άκρα. Τα δύο δεμάτια πορεύονται μαζί μέχρι το επίπεδο του προμήκη μυελού, όπου κάνουν συνάψεις με νευρώνες δεύτερης τάξης που βρίσκονται στους αντίστοιχους πυρήνες. Στο επίπεδο αυτό, οι ίνες και από τους δύο πυρήνες, διασχίζουν τον νωτιαίο μυελό και έρχονται πρόσθια, στη μέση γραμμή της αντίθετης πλευράς. Εκεί ενώνονται και σχηματίζουν τον έσω λημνίσκο, με τις πρόσθιες και τις οπίσθιες ίνες να προέρχονται από τον ισχνό και τον σφηνοειδή πυρήνα, αντίστοιχα. Ο έσω λημνίσκος συνεχίζει την ανοδική πορεία έως τον θάλαμο. Αυτό είναι το σημείο σύναψης με τους νευρώνες τρίτης τάξεως στον κοιλιακό οπισθοπλάγιο πυρήνα. Οι άξονες των νευρώνων εξέρχονται από τον θάλαμο πλευρικά και αφού πρώτα περάσουν μέσα από την έσω κάψα, καταλήγουν στον σωματοαισθητικό φλοιό του εγκεφάλου (Al-Chalabi et al 2023).

Όπως προαναφέρθηκε, ο κάθε πυρήνας δέχεται πληροφορίες από συγκεκριμένα μέρη του σώματος, γεγονός που φανερώνει πως οι ανερχόμενες ίνες των ραχιαίων στηλών έχουν αυστηρή σωματοτοπική κατανομή. Αυτό δεν εμφανίζεται μόνο στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού αλλά επεκτείνεται και στον θάλαμο και στον εγκεφαλικό φλοιό. Ο πρωτοταγής σωματοαισθητικός φλοιός βρίσκεται στη μετακεντρική έλικα του βρεγματικού λοβού και δέχεται αισθητηριακή πληροφόρηση από το αντίθετη πλευρά του σώματος. Οι περιοχές του φλοιού που καταλαμβάνει κάθε σωματικό τμήμα είναι συγκεκριμένες και ανάλογες με τη συχνότητα χρήσης αυτού του τμήματος. Για παράδειγμα, ο κορμός καταλαμβάνει μικρή επιφάνεια του φλοιού, σε αντίθεση με τα άνω άκρα και τη γλώσσα που αντιστοιχίζονται με πολύ μεγαλύτερες περιοχές. Πέραν του πρωτοταγούς σωματοαισθητικού φλοιού, υπάρχουν και δυο συμπληρωματικές περιοχές, η αισθητική αντιπροσωπευτική περιοχή και ο δευτεροταγής σωματοαισθητικός φλοιός, που συμπληρώνουν τη διαδικασία επεξεργασίας αισθητηριακών πληροφοριών (Barrett et al 2011, pp. 206-207).

2.4.2 Νωτιοπαρεγκεφαλιδική οδός

Οι κεντρομόλες αισθητικές ίνες από τις μυϊκές ατράκτους και τα τενόντια όργανα Golgi δημιουργούν διακλαδώσεις που δεν συνάπτονται με κινητικούς ή διάμεσους νευρώνες, αλλά σχηματίζουν συνάψεις με νευρώνες δεύτερης τάξης που εδράζονται στη ραχιαία φαιά ουσία του νωτιαίου μυελού και μεταβιβάζουν τα ερεθίσματα στην παρεγκεφαλίδα, μέσω οδών που διαφέρουν για τα άνω και τα κάτω άκρα. Για τα κάτω άκρα και τον κορμό, υπάρχουν δύο διαφορετικές ανιούσες οδοί με ξεχωριστό ρόλο. Και οι δύο, καταλήγουν στον πυρήνα, ή αλλιώς στήλη, Clarke στην οσφυϊκή μοίρα, από όπου προβάλλουν και σχηματίζουν το κοιλιακό και το ραχιαίο νωτιοπαρεγκεφαλιδικό δεμάτιο. Το τελευταίο ανιχνεύεται στην οπίσθια πλάγια πλευρά του νωτιαίου μυελού, διέρχεται από το κάτω παρεγκεφαλιδικό σκέλος και καταλήγει στον σκώληκα της ίδιας πλευράς, στον περιβάλλοντα φλοιό και σε εν τω βάθει πυρήνες της παρεγκεφαλίδας. Ο ρόλος της είναι η παροχή ιδιοδεκτικής ανατροφοδότησης. Το κοιλιακό νωτιοπαρεγκεφαλιδικό δεμάτιο είναι κυρίως υπεύθυνο για τον κινητικό έλεγχο κατά την διάρκεια κινήσεων. Δέχεται δυναμικά ερεθίσματα και τα μεταβιβάζει στην παρεγκεφαλίδα, επιτρέποντας της να εκτελέσει με αποτελεσματικότητα τον ρόλο της, που είναι ο συντονισμός της κίνησης μέσω άσκησης ελέγχου σε κατιόντα συστήματα.

Για τα άνω άκρα και την αυχενική μοίρα, οι ραχιαίες στήλες που μεταφέρουν τις αισθητικές πληροφορίες, δημιουργούν νέες συνάψεις με νευρώνες δεύτερης τάξης που βρίσκονται στον σφηνοειδή πυρήνα. Από εκεί, συνεχίζουν προς εν τω βάθει πυρήνες που αποτελούν τον τελικό προορισμό, αφού προηγηθεί η είσοδός τους στην παρεγκεφαλίδα μέσω του κάτω παρεγκεφαλιδικού σκέλους (Nichols-Larsen et al 2017, pp. 55-56).

3. ΚΟΠΩΣΗ

3.1. Ορισμός

Ο όρος “κόπωση” είναι ευρύς και έχει τροποποιηθεί πολλές φορές στο πέρασμα των χρόνων λόγω δυσκολίας προσδιορισμού της. Ο επικρατέστερος, πλέον, ορισμός αντιστοιχεί σε «μείωση της ικανότητας του μυός να παράγει δύναμη ή ισχύ λόγω άσκησης, ανεξάρτητα από το αν η δραστηριότητα μπορεί να διατηρηθεί ή όχι». Με άλλα λόγια, η εκτέλεση μιας εργασίας δεν διακόπτεται απαραίτητα, παρ’ όλο που η έναρξη συνεχούς δραστηριότητας συνεπάγεται την έναρξη κόπωσης. Ωστόσο, ορισμένες φορές, οι βλάβες που προκαλούνται από την κόπωση μπορεί να στερήσουν τελικά από το άτομο την ικανότητα να συνεχίσει την εργασία. Για το λόγο αυτό, προτείνεται διάκριση της κόπωσης από την αποτυχία εργασίας (Barry & Enoka 2007).

3.2. Ταξινόμηση

Η κόπωση είναι ένας πολύ ευρύς όρος, με αποτέλεσμα να χωρίζεται σε πολλές και διαφορετικές υποκατηγορίες. Αρχικά η κόπωση μπορεί να χωριστεί σε μυϊκή (τοπική) ή καρδιοαναπνευστική (γενική). Η μυϊκή κόπωση εμφανίζεται στους σκελετικούς μύες, ύστερα από εκτέλεση συνεχούς στατικής ή επανειλημμένης δυναμικής συστολής με απότοκο της ελάττωση της μυϊκής δύναμης. Η αντίδραση αυτή, είναι αναμενόμενη και παροδική και μπορεί να οφείλεται είτε στον ίδιο τον μηχανισμό συστολής, αυτού καθ’ αυτού, είτε σε προστατευτικές εντολές αναχαίτισης που προέρχονται από το ΚΝΣ. Η καρδιοαναπνευστική κόπωση προκαλείται από δραστηριότητες μεγάλης διάρκειας που εξαντλούν τον οργανισμό και δυσχεραίνουν την απορρόφηση του οξυγόνου από τους ιστούς (Kisner et al 2019, p.170). Επίσης, μια ξεχωριστή κατηγορία αποτελεί η γνωστική κόπωση που οφείλεται σε έντονη επιβάρυνση της εγκεφαλικής λειτουργίας λόγω αδιάκοπης γνωστικής ή/και σωματικής λειτουργίας. Έχει σημαντικές επιπτώσεις στην απόδοση και στην ψυχολογία του ατόμου, ωστόσο μπορεί ακόμα και ένα μικρό διάλειμμα να συμβάλλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπισή της (Cutsem et al 2022).

Άλλη μια διάκριση της κόπωσης γίνεται ανάλογα με το είδος της άσκησης που την προκαλεί. Ο κάματος υψηλής συχνότητας που προκαλείται από έντονη άσκηση μικρού χρόνου, οφείλεται σε απώλεια της ικανότητας του σαρκοπλασματικού δικτύου να απελευθερώσει ασβέστιο λόγω παρεμπόδισης της μετάδοσης του δυναμικού ενεργείας διαμέσου των T σωληναρίων, που οφείλεται σε αυξημένη συγκέντρωση ιόντων καλίου από προηγούμενα

δυναμικά. Ως αποτέλεσμα εκπολώνεται η μεμβράνη και καθίσταται αδύνατο να προκληθούν νέα δυναμικά ενεργείας στα T σωληνάκια. Αντιθέτως, ο κάματος χαμηλής συχνότητας, που συνδέεται με ήπιες ασκήσεις μεγάλης διάρκειας, φαίνεται να πηγάζει από τη συσσώρευση γαλακτικού οξέος και ελάττωση του γλυκογόνου στους μύες. Στην πρώτη περίπτωση, οι κοπωμένοι μύες φαίνεται να αναρρώνουν και να επανέρχονται γρήγορα, ενώ στην δεύτερη απαιτείται πολύ μεγαλύτερη περίοδος ανάπαυσης, έως και 24 ώρες, για την πλήρη επαναφορά του μυός (Vander et al 2011).

Επιπρόσθετα, η κόπωση μπορεί να χωριστεί σε κεντρική ή περιφερική, ανάλογα με τους μηχανισμούς που την προκαλούν, λόγω μεταβολής τους κατά την διάρκεια της άσκησης. Στους κεντρικούς μηχανισμούς εντάσσονται διάφορα μοτίβα ενεργοποίησης, κινητικοί νευρώνες, ενδονευρώνες στον νωτιαίο μυελό και κεντρομόλες πληροφορίες, και οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτούς επηρεάζει την εκούσια ενεργοποίηση των μυών. Επομένως η κεντρική κόπωση οφείλεται σε παράγοντες του ΚΝΣ και του περιφερικού νευρικού συστήματος. Στους περιφερικούς μηχανισμούς περιλαμβάνονται ενδοκυτταρικές και μεταβολικές διεργασίες, η αιματική ροή προς τους μύες, η μεταφορά νευροδιαβιβαστών και ασβεστίου και οποιαδήποτε άλλη χημική διεργασία μπορεί να επηρεάσει τη μυϊκή ικανότητα συστολής. Άρα η περιφερική κόπωση παρατηρείται στο επίπεδο του μυός και πιο συγκεκριμένα στο σημείο της νευρομυϊκής σύναψης (Forman et al 2022).

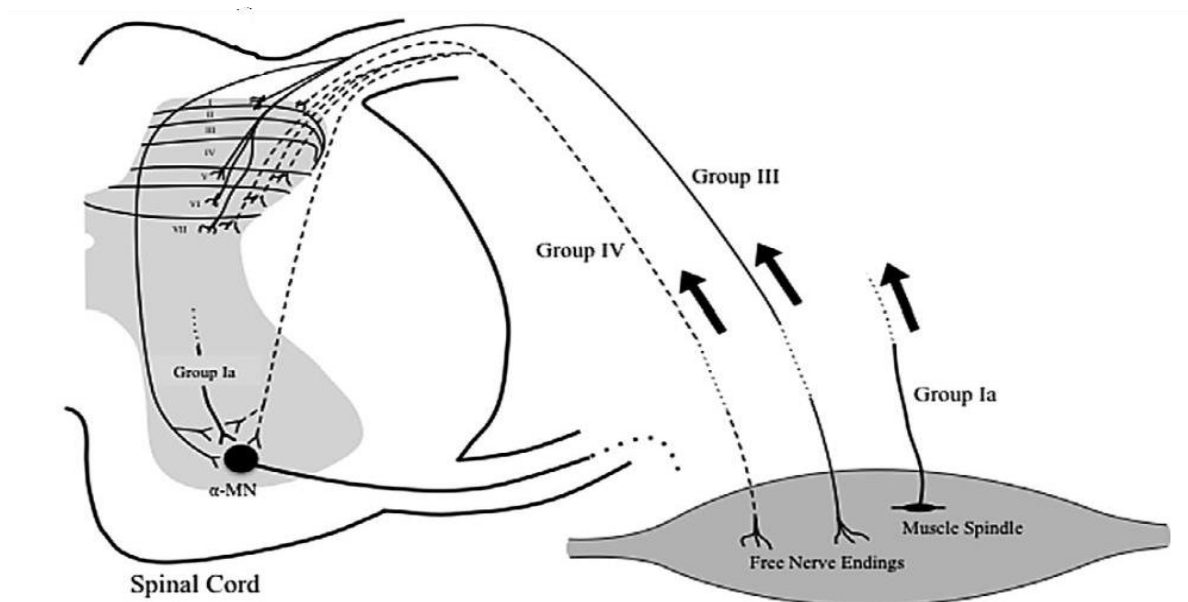
3.3. Κεντρική κόπωση

Η κεντρική κόπωση αποτελεί ένα είδος κόπωσης που σχετίζεται με την μειωμένη ενεργοποίηση των κινητικών νευρώνων σε διάφορα επίπεδα του ΚΝΣ, δηλαδή στον εγκέφαλο και σε όλο το μήκος της σπονδυλικής στήλης, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η αποστολή νευρικών ώσεων προς τους μύες και να ελαττώνεται σταδιακά η εκούσια παραγωγή δύναμης κατά της διάρκεια εκτέλεσης άσκησης. Μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί και ως αποτυχία κεντρικής ενεργοποίησης. Σε επίπεδο εγκεφάλου, τα βασικά γάγγλια και η προκινητική περιοχή αδυνατούν να στείλουν επαρκή νευρικά σήματα και να διεγείρουν τον πρωτογενή κινητικό φλοιό, γεγονός που συνεπάγεται την χαμηλή παροχή εντολών προς τον νωτιαίο μυελό. Αν ο εγκέφαλος λειτουργεί φυσιολογικά και το πρόβλημα εντοπίζεται σε οποιοδήποτε επίπεδο του νωτιαίου μυελού, τότε είτε οφείλεται σε ελαττωμένη στρατολόγηση των κινητικών μονάδων που υπάρχουν εκεί, είτε σε μειωμένη ικανότητα αποστολής νευρικών ώσεων από τις ήδη

ενεργοποιημένες κινητικές μονάδες (Tankisi et al 2023). Κατά τη διάρκεια των συστολών, προκαλείται κάματος των κινητικών νευρώνων του ΚΝΣ λόγω εγγενών τροποποιήσεων που γίνονται τόσο στις ιδιότητές τους όσο και στην νευρωνική τους πορεία, δηλαδή την αποστολή πληροφοριών προς κατώτερους νευρώνες ή/και την αποδοχή προσαγωγών ερεθισμάτων. Η πυροδότηση των κινητικών μονάδων μπορεί να μειωθεί έως και 50% κατά την εκτέλεση μέγιστων εκούσιων συστολών. Αυτό οφείλεται κυρίως σε ανασταλτικούς μηχανισμούς που λειτουργούν ως προστατευτικοί μηχανισμοί για τους μύες. Η υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος και άλλων μεταβολιτών στους κοπωμένους μύες, ενεργοποιεί ορισμένους προσαγωγούς που είναι ευαίσθητοι σε χημικά και μηχανικά ερεθίσματα, με αποτέλεσμα να στέλνονται διαρκώς ερεθίσματα που οδηγούν σε αίσθημα μυϊκής υπερφόρτωσης και πόνου. Επιπλέον, υπάρχουν ανασταλτικοί ενδονευρώνες, γνωστοί ως GABA B, που ασκούν ανασταλτικό έλεγχο στην φλοιοκινητική περιοχή και ενεργοποιούνται για να αποτρέψουν την υπερφόρτωση των μυών και την πρόκληση επερχόμενων τραυματισμών (Tankisi et al 2023).

Οι προσαγωγοί που αναφέρθηκαν παραπάνω, ανήκουν στις ομάδες III και IV, με τους πρώτους να ανιχνεύουν αλλαγές στις μηχανικές και στις μεταβολικές ιδιότητες του μυός, ενώ αυτοί της ομάδας IV ενεργοποιούνται με χημικές μεταβολές στο εσωτερικό του μυός. Αυτοί οι προσαγωγοί επιδρούν στον νωτιαίο μυελό και ελέγχουν τα απαγωγά ερεθίσματα που εξέρχονται από αυτόν κατά την εκτέλεση έντονων συστολών και την ύπαρξη κόπωσης (Εικόνα 3.1). Ο τρόπος με τον οποίο επιδρά η κόπωση στην μεταγωγή ώσεων από τους προσαγωγούς της ομάδας III-IV, μελετήθηκε μέσω σύγκρισης της επαναφοράς του μυός στην αρχική του κατάσταση υπό συνθήκες φυσιολογικής ροής αίματος και ύστερα από παρεμπόδιση αυτής, στους καμπτήρες και τους εκτείνοντες μύες. Όταν οι εκτείνοντες μύες εκτελούν παρατεταμένη μέγιστη εκούσια σύσπαση και υπάρχει ταυτόχρονη διακοπή της αιματικής ροής, οι μεταβολίτες δεν απομακρύνονται από τον κοπωμένο μυ, με αποτέλεσμα οι προσαγωγοί να παραμένουν ευαίσθητοποιημένοι και να στέλνουν κεντρομόλα ερεθίσματα. Ως επακόλουθο, τα ερεθίσματα αυτά μειώνουν τη διέγερση των κινητικών νευρώνων και το πλάτος των δυνάμεων που παράγονται από τον κοπωμένο μυ λόγω της διατηρούμενης μέγιστης εκούσιας σύσπασης μειώνεται. Το φαινόμενο αυτό σταμάτησε να παρατηρείται με την επαναφορά της αιματικής ροής, αλλά μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα και όχι απευθείας. Αυτό ίσως οφείλεται στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για την απομάκρυνση των συσσωρευμένων μεταβολιτών. Το πλάτος των παραγόμενων δυναμικών στους εκτείνοντες μύες μειώθηκε ακόμα και όταν η

μέγιστη σύσπαση πραγματοποιήθηκε από τους καμπτήρες. Στους καμπτήρες μύες παρατηρήθηκε ακριβώς το αντίθετο, δηλαδή οι προσαγωγοί της ομάδας III-IV φάνηκε να διευκόλυναν την ενεργοποίηση των καμπτικών κινητικών νευρώνων. Αυτή η ανακάλυψη επισήμανε τη διαφορετικότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών (Barry & Enoka, 2007).



Εικόνα 3.1 Νευρωνική πορεία των προσαγωγών ινών της ομάδας III και IV (από Laurin et al 2015)

3.4. Περιφερική Κόπωση

Σύμφωνα με τον Keyser (2010), η περιφερική κόπωση ορίζεται ως «πτώση της δραστηριότητας κάποιου μύος λόγω αυξημένης δραστηριότητας διαφόρων ιστών και οργανικών συστημάτων που δεν υπάγονται στο ΚΝΣ». Η συμμετοχή των συστημάτων οργάνων, που είτε υποστηρίζουν είτε ρυθμίζουν τη λειτουργία των ιστών, είναι αναγκαία για κάθε σωματική δραστηριότητα. Τα ρυθμιστικά συστήματα ελέγχουν όλες τις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες μεταβολικές διεργασίες ενώ τα υποστηρικτικά συστήματα παρέχουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά στους ιστούς, απομακρύνοντας ταυτόχρονα από αυτούς άχρηστα μεταβολικά προϊόντα και νεκρά κύτταρα. Συνεπώς, οι δύο προαναφερθείσες κατηγορίες συστημάτων συνεργάζονται με κοινό στόχο την παροχή ενός κατάλληλου περιβάλλοντος όπου οι ιστοί με τη σειρά τους θα μπορούν να συντονίζονται και να παράγουν την επιθυμητή κίνηση. Όταν κάποιο από αυτά τα συστήματα υπολειτουργεί, τότε η περιφερική κόπωση εντείνεται. Ωστόσο, το συγκεκριμένο είδος κόπωσης είναι πλήρως αναστρέψιμο με

περιόδους ανάπαυσης, που μπορεί να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια σε περιπτώσεις παθοφυσιολογίας και χρόνιων ασθενειών. Αυτό το γεγονός είναι που διαφοροποιεί την περιφερική κόπωση από την μυϊκή αδυναμία, παρ' όλο που συχνά εντοπίζονται κοινοί μηχανισμοί πρόκλησης, αφού στην τελευταία περίπτωση γίνεται αναφορά σε έναν πλήρως ξεκούραστο μυ που αδυνατεί να προκαλέσει εκούσια μέγιστη σύσπαση (Keyser, 2010).

Όποιο και να είναι το σύστημα ή ο μηχανισμός που έχει προκαλέσει την περιφερική κόπωση, αυτή εκδηλώνεται στο επίπεδο του σκελετικού μυός ως δυσλειτουργία της διασταυρούμενης εγκάρσιας γέφυρας. Κάθε μυϊκή ίνα αποτελείται από παχιά και λεπτά νημάτια, μεταξύ των οποίων προκαλείται ολίσθηση και επιτυγχάνεται μυϊκή συστολή. Η ολίσθηση πραγματοποιείται με την πρόσδεση προεξοχών μορίων μυοσίνης, μιας πρωτεΐνης συστολής, από την επιφάνεια των παχίων νηματίων στην ακτίνη των λεπτών νηματίων, που ονομάζονται εγκάρσιες γέφυρες. Κατά την μυϊκή συστολή, πυροδοτείται η ενεργοποίηση των εγκάρσιων γεφυρών και η πρόσδεσή τους στην ακτίνη, χωρίς απαραίτητα να προκληθεί βράχυνση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ισομετρική συστολή. Όταν προκαλείται βράχυνση, οι εγκάρσιες γέφυρες έλκουν τα λεπτά νημάτια προς το κέντρο της ίνας, μηχανισμός που είναι γνωστός ως διολίσθηση νηματίων. Η κίνηση που παράγεται κάθε φορά είναι πολύ μικρή, επομένως η μείωση του μήκους του μυός είναι αποτέλεσμα πολλών διαδοχικών προσδέσεων και περιστροφικών κινήσεων των γεφυρών. Η διαδικασία αυτό είναι κοινώς γνωστή ως κύκλος εγκάρσιας γέφυρας και απαρτίζεται από τέσσερα στάδια: πρόσδεση, κίνηση, αποδέσμευση και επανασύνδεση (Keyser, 2010).

Πέρα από τις πρωτεΐνες, καθοριστικό ρόλο σε όλη αυτή τη διαδικασία παίζει η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) για την παροχή ενέργειας. Η μυοσίνη, πέρα από τη θέση πρόσδεσης με την ακτίνη, διαθέτει και μια σφαιρική κεφαλή ένωσης με ένα μόριο ATP. Ύστερα από την ολοκλήρωση του κύκλου, το μόριο της ATP υδρολύεται σε ADP και ανόργανο φώσφορο (Pi), προϊόντα που παραμένουν προσδεμένα σε μια ενεργοποιημένη πλέον μορφή μυοσίνης που περιέχει δυναμική ενέργεια. Αυτή η διάσπαση, είναι αποτέλεσμα απελευθέρωσης χημικής ενέργειας που προκαλεί μεταβολή στην τρισδιάστατη μορφή της εγκάρσιας γέφυρας ώστε να ξεκινήσει ένας νέος κύκλος. Με την έναρξη του νέου κύκλου θα απελευθερωθεί η αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια και θα συνεχιστεί η μυϊκή συστολή (Vander et al 2011, pp. 409-414). Κατά την έντονη μυϊκή δραστηριότητα, μπορεί να μειωθεί η παρεχόμενη ενέργεια από τα μόρια ATP με απότοκο της καθυστέρηση σύζευξης της εγκάρσιας γέφυρας ή την κακή

γωνία πρόσδεσης της μυοσίνης στα λεπτά νημάτια που μειώνει της δύναμη έλξης, προκαλώντας περιφερική κόπωση (Keyser, 2010).

4. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

4.1. Κόπωση και ιδιοδεκτικότητα

Πολλοί ερευνητές έχουν εστιάσει το ενδιαφέρον τους στον τρόπο που μεταβάλλεται η ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση σε συνθήκες κόπωσης. Η κόπωση μπορεί να επηρεάσει τόσο την περιφερική ιδιοδεκτικότητα, δηλαδή την προσαγωγική πορεία της ιδιοδεκτικής πληροφορίας, όσο και την κεντρική ιδιοδεκτικότητα, δηλαδή την τελική επεξεργασία της πληροφορίας αυτής από το ΚΝΣ, γεγονός που δημιουργεί πτώση της ιδιοδεκτικής ακρίβειας και κακό κινητικό έλεγχο. Ο κινητικός έλεγχος έχει δύο πτυχές, την προληπτική και την αντιδραστική, όπου και οι δύο φθίνουν σε συνθήκες κόπωσης. Η πρώτη, που είναι γνωστή και ως πρόδρομος κινητικός έλεγχος, χρησιμοποιεί κινητικές δεξιότητες και αισθήσεις που έχουν κατακτηθεί στο παρελθόν από προηγούμενες εμπειρίες, μέσω της κινητικής μάθησης, για να προσαρμοστεί σε μια επερχόμενη στάση ή κίνηση. Αυτές οι προσαρμογές συμβαίνουν με αναμενόμενο τρόπο πριν την ενεργοποίηση του βασικού κινητικού μηχανισμού. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί, για παράδειγμα, κατά την βάδιση για την αποφυγή ενός εμποδίου. Ο αντιδραστικός έλεγχος αποτελεί την δεύτερη πτυχή του κινητικού ελέγχου και είναι επίσης γνωστός ως ανάδρομος κινητικός έλεγχος. Σε αντίθεση με τον πρόδρομο κινητικό έλεγχο, ο ανάδρομος λειτουργεί αντισταθμιστικά, τροποποιώντας τα κινητικά και αισθητηριακά συστήματα, όταν παρουσιαστεί κάποιος εξωτερικός διαταρακτικός παράγοντας, και εκτελώντας διορθώσεις για τη διατήρηση της σταθερότητας. Ωστόσο, και οι δυο είναι εξίσου σημαντικοί σε καθημερινές δραστηριότητες και συχνά δρουν μαζί για την ακριβή επιτέλεση τους. (Papa et al 2015).

Στη συστηματική ανασκόπηση των Ghamkhar και Kahlaee (2019) μελετήθηκε η επίδραση της κόπωσης των μυών του κορμού στον στατικό έλεγχο. Παρόλο που επικρατούσε η άποψη ότι ο έλεγχος της στάσης επηρεάζεται αρνητικά από την μυϊκή κόπωση, δεν βρέθηκαν παρόμοιες μελέτες που να συγκρίνουν και να αξιολογούν κριτικά τα υπάρχοντα στοιχεία. Σκοπός της ανασκόπησης των παραπάνω ερευνητών, ήταν η συγκέντρωση των υπάρχοντων στοιχείων από προηγούμενες μελέτες πάνω στο συγκεκριμένο θέμα, ώστε να αξιολογηθούν συλλογικά και να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν την παραπάνω άποψη μέσω κριτικής ανάλυσης. Βρέθηκαν πολυάριθμα ελλείμματα στον έλεγχο της στάσης ως απότοκο της προκαλούμενης από κόπωση μειωμένης ιδιοδεκτικής ακρίβειας. Λόγω μυϊκής κόπωσης, παρατηρήθηκε επιβράδυνση στη μεταγωγή νευρικών ώσεων με αποτέλεσμα να μειώνονται οι

ιδιοδεκτικές εισροές από τους μύες του κορμού, καθιστώντας τον έλεγχο της οσφύς ανεπαρκή λόγω καθυστερημένης ενεργοποίησης, που εμποδίζει τη διατήρηση ενός σταθερού κορμού χωρίς ταλαντώσεις. Επιπλέον, ο στατικός έλεγχος φαίνεται να επηρεάζεται αισθητά και από κεντρικούς μηχανισμούς. Όταν υπάρχει κεντρική κόπωση, μεταβάλλεται η ανιούσα οδός των ιδιοδεκτικών πληροφοριών ενεργοποιώντας ανασταλτικούς μηχανισμούς που παρεμποδίζουν την σωστή μυϊκή ενεργοποίηση και συμβάλλουν στην αποσταθεροποίηση της όρθιας στάσης (Ghamkhar & Kahlaee, 2019).

Άλλη μια ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της ιδιοδεκτικότητας, ήταν αυτή των Takasaki et al (2016), που ασχολήθηκαν με την ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης του ώμου, μελετώντας την επίδραση της τοπικής κόπωσης των μυών του ώμου στην επανατοποθέτηση του, όταν αυτή εκτελείται ενεργητικά, και στην ευθυγράμμιση της ωμοπλάτης σε ηρεμία. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η πτώση της ιδιοδεκτικότητας εμφανίστηκε στο εξωτερικό εύρος της ενεργητικής έξω στροφής του ώμου, ενώ δεν παρατηρήθηκε αλλοίωση στο εσωτερικό εύρος καμίας στροφής. Οι ερευνητές πιστεύουν πως αυτό θα ήταν εξαιρετικά σημαντικό για την ερμηνεία ορισμένων τραυματισμών, όπως σε επαναλαμβανόμενες ρίψεις, που μπορεί να οφείλονται στον φτωχό αισθητηριακό έλεγχο στη θέση αυτή υπό συνθήκες κούρασης. Επιπλέον, δεν βρέθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στην ευθυγράμμιση της ωμοπλάτης πριν και μετά την μυϊκή κόπωση, με τους Takasaki et al (2016) να ερμηνεύουν αυτό το αποτέλεσμα ως πιθανή αλληλεπίδρασης πολλών μυών για την διατήρηση της ευθυγράμμιση της ωμοπλάτης. Παρ' όλα αυτά, στην παραπάνω ανασκόπηση υπήρχαν πολλοί περιορισμοί που πιθανόν να οδήγησαν σε μη αξιόπιστα αποτελέσματα. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ κόπωσης και αισθητικοκινητικού ελέγχου του ώμου.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά τα κάτω άκρα, οι περισσότεροι τραυματισμοί που σημειώνονται στον αθλητισμό, φαίνεται να έχουν άμεση συσχέτιση με την κόπωση. Η κόπωση έχει αρνητική επίπτωση στην ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης της άρθρωσης με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο νευρομυϊκός έλεγχος και η δυναμική σταθερότητα. Το διάστρεμμα του αστραγάλου αποτελεί έναν από τους πιο συχνά εμφανιζόμενους τραυματισμούς και συμβαίνει συνήθως στο τέλος της δραστηριότητας, όταν δηλαδή έχει επέλθει κούραση. Οι περονιαίοι μύες αποτρέπουν τον αιφνίδια υπτιασμό της ποδοκνημικής και προστατεύουν από επερχόμενο διάστρεμμα. Τα επαναλαμβανόμενα διαστρέμματα προκαλούν οξεία ή χρόνια αστάθεια στην

ποδοκνημική και επιβραδύνουν την ενεργοποίηση του παραπάνω αντανακλαστικού (Sayyadi et al 2024). Ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες περί επίδρασης της τοπικής μυϊκής κόπωσης στην ιδιοδεκτικότητα, πραγματοποιήθηκαν στην άρθρωση του γόνατος.

4.2. Κόπωση και ιδιοδεκτικότητα στην άρθρωση του γόνατος

Η ύπαρξη πολλών μηχανοϋποδοχέων στους συνδέσμους και τους τένοντες περιαρθρικά του γόνατος έχει ως απότοκο την εστίαση του ενδιαφέροντος για την μελέτη της ιδιοδεκτικότητας στη συγκεκριμένη άρθρωση (Gönen et al 2022). Οι ιδιοδεκτικές εισροές συμβάλλουν σημαντικά στην εκτέλεση κινήσεων με ακρίβεια και στην αποφυγή τραυματισμών. Στον χώρο του αθλητισμού, η ρήξη πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ) αποτελεί την πιο συχνή μυοσκελετική κάκωση στην άρθρωση του γόνατος. Κατά κύριο λόγο, συμβαίνει ανέπαφα κατά τη διάρκεια μιας προσγείωσης μετά από ένα άλμα ή κατά την απότομη αλλαγή κατεύθυνσης. Η μειωμένη αντίληψη της θέσης της άρθρωσης φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με την πρόκληση αυτών των τραυματισμών. Σε πρόσφατη μετα-ανάλυση, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η κόπωση επιδρά αρνητικά στην ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης επηρεάζοντας τον νευρομυϊκό έλεγχο. Οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι ο διαταραγμένος έλεγχος οδηγεί σε επιβράδυνση της ενεργοποίησης της νευρομυϊκής σύναψης και αύξηση των διατμητικών δυνάμεων. Έτσι, η καθυστερημένη ενεργοποίηση των μυών, πιθανότατα να οδηγεί σε υπερβολική φόρτιση του ΠΧΣ και κατ' επέκταση ρήξη (Sayyadi et al 2024).

Οι Sayyadi et al (2024) πραγματοποίησαν μια συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση που αποσκοπούσε στην εξέταση του τρόπου επίδρασης της κόπωσης στην αίσθηση επανατοποθέτησης των αρθρώσεων του κάτω άκρου. Στην μελέτη συμπεριλήφθηκαν 43 μελέτες, εκ των οποίων οι 30 διεξήχθησαν στην άρθρωση του γόνατος. Από αυτές, 24 εξέτασαν την αίσθηση της θέσης στο μεσαίο εύρος, 4 στο αρχικό εύρος και 2 στο τελικό εύρος κάμψης του γόνατος. Τα πρωτόκολλα κόπωσης διέφεραν σημαντικά από μελέτη σε μελέτη. Ορισμένες από αυτές, χρησιμοποίησαν ισοκινητικό δυναμόμετρο για να πετύχουν τοπική μυϊκή κόπωση, ενώ οι υπόλοιπες εξέτασαν την αίσθηση επανατοποθέτησης μετά από γενικευμένη κόπωση, που επιτεύχθηκε με διάφορους τρόπους όπως, ποδήλατο, σκάλα, τρέξιμο κ.α. Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας ανασκόπησης, μόνο το ενεργό απόλυτο γωνιακό σφάλμα του γόνατος παρουσίασε στατιστικά σημαντική μεταβολή, ενώ το παθητικό παρέμεινε ανεπηρέαστο. Βασιζόμενοι σε προηγούμενες έρευνες, οι ερευνητές υπέθεσαν ότι οφείλεται στην μειωμένη

ενεργοποίηση των μυϊκών υποδοχέων λόγω κόπωσης, που συμμετέχουν περισσότερο σε μια ενεργητική δοκιμασία από ότι σε μια παθητική, όπου δερματικοί υποδοχείς παίζουν τον σημαντικότερο ρόλο και δεν επηρεάζονται από την μυϊκή κόπωση. Τέλος, δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ γενικευμένης και τοπικής κόπωσης.

Μία έρευνα που αφορά, επίσης, την άρθρωση του γόνατος ολοκληρώθηκε από τους Givoni et al (2007), οι οποίοι αξιολόγησαν την αίσθηση της θέσης μέσω παθητικής επίδειξης αυτής στο ένα άκρο και προσπάθεια αναπαραγωγής με το αντίθετο άκρο. Μετά από την επίτευξη κόπωσης στον τετρακέφαλο μόνο του ενός ποδιού, η δοκιμασία αντιστοίχισης θέσης εκτελέστηκε με το κοπωμένο άκρο να δέχεται την επίδειξη και το μη κοπωμένο να εκτελεί την αναπαραγωγή. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και αντίστροφα, δηλαδή το ξεκούραστο άκρο δέχτηκε την επίδειξη και το κοπωμένο έκανε την αναπαραγωγή θέσης. Πριν την συγκεκριμένη μελέτη, επικρατούσε η άποψη ότι η αναπαραγωγή μιας θέσης δεν σχετιζόταν απαραίτητα με την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης αλλά πιθανόν να σχετίζεται με την αίσθηση της προσπάθειας που καταβάλλεται για την διατήρηση του άκρου στην συγκεκριμένη θέση, λόγω ύπαρξης βαρύτητας. Σύμφωνα με τους ερευνητές και με παρόμοιες μελέτες, είχε αναπτυχθεί η άποψη ότι όταν η επίδειξη γινόταν από το κοπωμένο πόδι, θα έπρεπε να οδηγούσε σε σφάλμα αναπαραγωγής από το μη κοπωμένο πόδι προς την κατεύθυνση της έκτασης, όπου η προσπάθεια θα ήταν μεγαλύτερη. Ωστόσο τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ήταν αντίθετα. Όταν, δηλαδή, η αναπαραγωγή γινόταν με το άκρο που δεν είχε υποστεί κόπωση, το σφάλμα αναπαραγωγής παρατηρήθηκε προς την κατεύθυνση της κάμψης. Από αυτό, απορρέει το συμπέρασμα πως όταν ένα μυς υπόκειται σε κόπωση, αντιλαμβάνεται το μήκος του μεγαλύτερο από ό,τι είναι στην πραγματικότητα. Μία αντίθετη άποψη θα μπορούσε να υποστηρίξει ότι η αναπαραγωγή θέσης μπορεί να σχετίζεται με την αίσθηση της κίνησης και όχι της θέσης, γεγονός που σημαίνει ότι η τοποθέτηση του ποδιού στην θέση στόχο θα γινόταν με βάση μιας προηγούμενης εμπειρίας που συνόδευε την κίνηση του άλλου ποδιού κατά την παθητική επίδειξη. Μέχρι στιγμής, τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα έχουν δείξει ότι η κιναισθησία δεν επηρεάζεται από την κόπωση. (Givoni et al 2007)

Επιπλέον, η αίσθηση της θέσης της άρθρωσης του γόνατος μελετήθηκε και από τους Romero-Franco και Jimenez-Reyes το 2017, σε ελίτ αθλητές μετά από κόπωση, για την επίτευξη της οποίας εφαρμόστηκε πλειομετρικό πρωτόκολλο υψηλής έντασης. Πριν από την εκτέλεση του πρωτοκόλλου πραγματοποιήθηκε διαδικασία προθέρμανσης. Κατά την εξαγωγή

των αποτελεσμάτων βρέθηκε ότι το απόλυτο γωνιακό σφάλμα δεν φάνηκε να μεταβάλλεται σημαντικά, επομένως αυτό προκάλεσε σύγχυση. Πέρα από το γεγονός ότι το δείγμα ήταν μικρό, η αντοχή των αθλητών στην κόπωση πιθανόν να επηρέασε το τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή το συγκεκριμένο πρωτόκολλο να μην κατάφερε να τους οδηγήσει σε συνθήκες κόπωσης ώστε να επηρεάσει την ιδιοδεκτική τους αντίληψη.

Μία διαφορετική προσέγγιση στην ιδιοδεκτικότητα έκαναν οι Ribeiro et al (2011), που μελέτησαν την ιδιοδεκτικότητα στο γόνατο κοπώνοντας τόσο τον τετρακέφαλο όσο και τους οπίσθιους μηριαίους που ενεργούν ανταγωνιστικά, ώστε να δουν συγκριτικά πως επέδρασε η κόπωση στην κάθε μυϊκή ομάδα. Το συμπέρασμα που εξήχθη από την συγκεκριμένη μελέτη ήταν ότι η αίσθηση της θέσης της άρθρωσης επηρεάστηκε εξίσου από την κόπωση των δύο διαφορετικών μυϊκών ομάδων, αποδεικνύοντας ότι η ιδιοδεκτικότητα μπορεί να επηρεαστεί από την κόπωση οποιασδήποτε μυϊκής ομάδας που περιβάλλει την άρθρωση, ανεξάρτητα από το αν αυτή πρωταγωνιστεί στην κίνηση ή όχι.

Επιπρόσθετα, οι Bottoni et al (2015) ερεύννησαν την επίπτωση της κόπωσης στην αίσθηση της θέσης μέσω ενός πρωτοκόλλου πεζοπορίας σε κυλιόμενο τάπητα. Η δοκιμασία περιλάμβανε 30' περπάτημα σε ανηφόρα και 30' περπάτημα σε κατηφόρα. Η αίσθηση της θέσης του γόνατος μετρήθηκε στην αρχή ώστε να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς για τις μετρήσεις τόσο μετά την ανηφόρα όσο και μετά την κατηφόρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ιδιοδεκτική οξύτητα ήταν εμφανώς μειωμένη κυρίως μετά το βάδισμα στην κατηφόρα. Η εξήγηση σε αυτό είναι η πρόκληση μυϊκών βλαβών μέσω της έκκεντρης συστολής. Αυτή με τη σειρά της, οδηγεί σε εσωτερικές μεταβολές στους μύες, όπως μεταβολή του pH, της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος, που έχουν άμεση σχέση με το μπλοκάρισμα των ιδιοδεκτικών υποδοχέων.

Το 2015, οι Salgado et al εντρύφησαν στην επίδραση της κόπωσης στην αίσθηση της θέσης της άρθρωσης του γόνατος, αξιολογώντας την συνεχώς κατά την διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα. Η ιδιοδεκτική οξύτητα της αίσθησης της θέσης φάνηκε να αυξήθηκε μετά από την προθέρμανση ενώ μετά το πέρας του αγώνα όπου οι παίκτες είχαν κοπωθεί παρουσίασε στατιστικά σημαντική πτώση. Πιθανές αιτίες θα μπορούσαν να αποτελούν η συσσώρευση μεταβολιτών στο εσωτερικό του μυός, που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εμποδίζουν την μετάδοση της ιδιοδεκτικής πληροφορίας.

4.3. Κόπωση και αίσθηση της ταχύτητας

4.3.1. *Ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας*

Σχεδόν όλες οι έρευνες που αφορούν θέματα περί ιδιοδεκτικότητας, έχουν επικεντρωθεί στην μελέτη της αντίληψης της θέσης. Όσον αφορά την ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας, εντοπίστηκαν μόνο οχτώ μελέτες, στις οποίες έγινε προσπάθεια ανάπτυξης νέων πρωτοκόλλων για την εξέτασή της. Παρ' όλα αυτά, μεταξύ τους υπάρχει ανομοιογένεια και οι πολυάριθμες μεθοδολογικές διαφορές συνεπάγονται την αδυναμία συγκέντρωσης των δεδομένων σε μια μετα-ανάλυση και εξαγωγής αξιόπιστων συμπερασμάτων. Για παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκε αυτοσχέδιος εξοπλισμός, μελετώντας διαφορετικές αρθρώσεις κάθε φορά, οι οποίες έχουν εντελώς διαφορετικά κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά. Επίσης, κάθε έρευνα μελέτησε διαφορετικές ταχύτητες μέτρησης, όσο και διαφορετικές μυϊκές ομάδες, δίνοντας έμφαση στους εκτείνοντες μύες.

Oι Deshpande et al (2003) μέσα από την έρευνά τους ήλεγξαν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία τεσσάρων δοκιμασιών ιδιοδεκτικότητας στην ποδοκνημική άρθρωση, ανάμεσα στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και η δοκιμασία αναπαραγωγής της ιδιοδεκτικής αντίληψης της ταχύτητας κίνησης, που αποτελεί ένα νέο τεστ. Στην έρευνα έλαβαν μέρος συνολικά 24 υγιείς εθελοντές, η κατανομή των οποίων έγινε σε τρεις ομάδες. Η πρώτη ομάδα αποτελούνταν από νέους ηλικίας 20 έως 39, η δεύτερη από άτομα μέσης ηλικίας 40 έως 59 και η τρίτη περιλάμβανε ηλικιωμένους από 60 ετών και πάνω. Η αξιολόγηση της εγκυρότητας έγινε μέσω της ικανότητας ενός τεστ να κάνει διάκριση μεταξύ των τριών ομάδων, ενώ για τον έλεγχο της αξιοπιστίας συλλέχθηκαν στοιχεία από 4 εθελοντές κάθε ομάδας και επανελέγχθηκαν μετά το πέρας 2 εβδομάδων. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα μελέτη αποτελούνταν από τις εξής δοκιμασίες: δοκιμασία αναπαραγωγής θέσης της άρθρωσης, δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας κίνησης, δοκιμασία κατωφλιού αντίληψης της παθητικής κίνησης και δοκιμασία αναπαραγωγής ροπής κίνησης. Ως εργαλείο αξιολόγησης, χρησιμοποιήθηκε μια αυτοσχέδια κατασκευή φτιαγμένη από μια σταθερή πλατφόρμα, μια πλάκα ποδιού συνδεδεμένη με ένα μοτέρ κίνησης και μια πλάτη υποστήριξης με ζώνες Velcro για τη σταθεροποίηση της οσφύς, του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής. Οι συμμετέχοντες στεκόντουσαν όρθιοι με το δεξί τους πόδι προσαρτημένο στην κινητή πλάκα και ο άξονας κίνησης του μοτέρ αντιστοιχίστηκε με το έξω σφυρό. Το αριστερό πόδι βρισκόταν στο ίδιο ύψος πάνω στην σταθερή πλατφόρμα και τους ζητήθηκε να κατανείμουν το βάρος τους εξίσου και στα δύο

πόδια, με κλειστά μάτια ώστε να αποκλείσουν την οπτική ανατροφοδότηση. Στη συγκεκριμένη δοκιμασία, το εύρος κίνησης περιορίστηκε από το μοτέρ από 20° ραχιαίας κάμψης έως 22° πελματιαίας κάμψης, ώστε να είναι ελεγχόμενο και ανώδυνο για όλους τους συμμετέχοντες. Πρώτα, ο δοκιμαζόμενος κουνούσε την ποδοκνημική του στο διαθέσιμο εύρος κίνησης, επιλέγοντας ο ίδιος την ταχύτητα. Μετά επέστρεψαν στην αρχική θέση όπου και παρέμειναν για 5 δευτερόλεπτα. Μετά το πέρας αυτού του χρόνου, τους ζητήθηκε να αναπαράξουν την ίδια κίνηση με την ίδια ακριβώς ταχύτητα, ξεκινώντας τυχαιοποιημένα 3 φορές από ραχιαία κάμψη και 3 φορές από πελματιαία. Από αυτές τις κινήσεις αντίθετων κατευθύνσεων, απομονώθηκε το μεσαίο 1/3 της κίνησης, με σκοπό να συμπεριληφθεί μόνο το τμήμα σταθερής ταχύτητας στον υπολογισμό και την καταγραφή της μέσης ταχύτητας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η αξιοπιστία της δοκιμασίας αξιολογήθηκε ως καλή (ICC=0.79). Όσον αφορά τη δομική εγκυρότητα, δεν φάνηκε να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων σχετικά με το σφάλμα αναπαραγωγής της ταχύτητας.

Τέσσερα χρόνια αργότερα, έγινε άλλη μια προσέγγιση από τους Westlake et al (2007) στην αξιοπιστία και την εγκυρότητα της δοκιμασίας διάκρισης της ταχύτητα, συμπεριλαμβάνοντας κριτήρια ηλικίας. Τα δείγμα συγκροτήθηκε από 24 νέους και 46 ηλικιωμένους υγιείς εθελοντές, ενώ 8 από τα άτομα μεγάλης ηλικίας επιλέχθηκαν για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της δοκιμασίας. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, κλήθηκαν να επανεξεταστούν μετά το πέρας 2 εβδομάδων. Για τον έλεγχο της εγκυρότητας, συγκρίθηκε η συγκεκριμένη διαδικασία με άλλες δοκιμασίες όπως: Α) τις δοκιμασίες αντίληψης παθητικής κίνησης (TPM) και αίσθησης θέσης άρθρωση (JPS) Β) τα αποτελέσματα του κέντρου πίεσης (μέση ταχύτητα κέντρου πίεσης, τυπική απόκλιση του πλάτους του κέντρου πίεσης στο μετωπιαίο και οβελιαίο επίπεδο) και Γ) τις λειτουργικές δοκιμασίες gait speed test και timed stair test. Οι μετρήσεις διεξήχθησαν με την χρήση μιας διαφορετικής αυτοσχέδιας συσκευής, φτιαγμένη από μια πλάκα, προσαρτημένη σε έναν κινητήρα ροπής, και ένα ποτενσιόμετρο που μετρά την γωνιακή μετατόπιση της πλάκας. Ο δοκιμαζόμενος ήταν καθισμένος σε μια βάση με το δεξί γόνατο σε ελαφριά κάμψη 5° και την ποδοκνημική άρθρωση σε ουδέτερη θέση, με το πέλμα να εφάπτεται στην κινητή πλάκα της συσκευής. Αυτή η θέση επιλέχθηκε για άνεση, αφού προηγούμενες μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν διαφορές όταν η θέση του εθελοντή φέρει βάρος ή όχι. Στον εξοπλισμό συμπεριλήφθηκαν και ακουστικά και μάσκα ύπνου για καλύτερη συγκέντρωση του συμμετέχοντος.

Το πρωτόκολλο διάκρισης ταχύτητας εξετάστηκε στην ποδοκνημική άρθρωση και ακολουθούσε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Σύμφωνα με αυτή, οι εθελοντές έπρεπε να διακρίνουν μεταξύ 2 παθητικών κινήσεων, ποια από αυτές ήταν ταχύτερη. Το εύρος κίνησης ορίστηκε από 20° πελματιαία κάμψη έως 5° ραχιαία κάμψη. Για την πρώτη ταχύτητα, η άρθρωση βρισκόταν σε ουδέτερη θέση και διέγραφε 20° πελματιαίας κάμψης, από όπου ξεκινούσε η εξέταση της δεύτερης ταχύτητας, που τερματιζόταν σε θέση ραχιαίας κάμψης 5°. Η επόμενη δοκιμή ξεκινούσε από τη θέση που τερμάτισε η προηγούμενη μέχρι τις 20° και για την δεύτερη ταχύτητα επέστρεφε στην ουδέτερη θέση. Αυτό συνεπάγεται μια διαρκή εναλλαγή εύρους κίνησης 20° και 25° μεταξύ των ταχυτήτων, ώστε τα αποτελέσματα να είναι ανεξάρτητα από παράγοντες μνήμης. Η ταχύτητα αναφοράς διατηρήθηκε σταθερή στις 5°/s, ενώ η ταχύτητα δοκιμής ξεκινούσε από τις 10°/s μέχρι την 1°/s έως ότου να καταγραφεί κάποιο σφάλμα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν:

- Αξιοπιστία: Η αξιοπιστία ελέγχου-επανελέγχου φάνηκε να ήταν πολύ καλή (ICC=0,86) υποδεικνύοντας πως οι ηλικιωμένοι συμμετέχοντες είχαν μεγαλύτερη ακρίβεια στις επιδόσεις τους. Αυτό σημαίνει ότι η δοκιμασία διάκρισης ταχύτητας χαρακτηρίζεται από καλή επαναληψιμότητα.

- Εγκυρότητα: Η εγκυρότητα αξιολογήθηκε ως μέτρια. Ωστόσο βρέθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ διάκρισης ταχύτητας και αλλαγών του κέντρου πίεσης με ανοιχτά, αλλά και κλειστά μάτια, καθώς και μεταξύ διάκρισης ταχύτητας και χρόνου ανεβοκατεβάσματος σκάλας. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι οι συμμετέχοντες που είχαν χαμηλές τιμές στη δοκιμασία διάκρισης ταχύτητας, εμφάνισαν χαμηλές τιμές ταλάντωσης του κέντρου πίεσης και μικρότερο χρόνο στη δοκιμασία ανεβοκατεβάσματος σκάλας. Οι συσχετίσεις μεταξύ της διάκρισης ταχύτητας και των δοκιμασιών ιδιοδεκτικότητας έδειξαν τάση προς σημαντικότητα.

Επιπρόσθετα, οι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση ορισμένων παραγόντων, όπως το φύλο, η ηλικία και το ύψος, στην διαδικασία διάκρισης της ταχύτητας. Από αυτά, μόνο η ηλικία φάνηκε να επηρεάζει στην διάκριση της ταχύτητας, καθώς οι μέση τιμή της ήταν μεγαλύτερη στους ηλικιωμένους. Η παραπάνω διαδικασία προτείνεται να χρησιμοποιείται συνδυαστικά με τις άλλες δοκιμασίες ιδιοδεκτικότητας, ώστε να ενισχυθεί η αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας.

Στην ποδοκνημική άρθρωση επικεντρώθηκε και η έρευνα των Verschueren et al (2002), που ασχολήθηκαν με την εξέταση της αίσθησης της θέσης και της ταχύτητας κατά την κίνηση,

λαμβάνοντας υπόψιν την επίδραση της ηλικίας. Αφού η μελέτη εστιάστηκε σε άτομα μεγάλης ηλικίας, που έχουν αυξημένο κίνδυνο πτώσεων σε καθημερινές δραστηριότητες, οι ερευνητές θεώρησαν πως η μέτρηση της ιδιοδεκτικότητας θα ήταν πιο λειτουργική αν γινόταν κατά την κίνηση παρά σε ηρεμία. Επίσης, έκριναν σημαντικό να γίνει στην άρθρωση της ποδοκνημικής αφού αυτή παίζει καθοριστικό ρόλο στην ισορροπία, από την έλλειψη της οποίας αυξάνονται οι πιθανότητες πτώσης. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 102 ηλικιωμένοι άντρες (ηλικίας 55-75 ετών) χωρίς νευρομυϊκά ελλείματα, καθώς και 24 νέοι ως ομάδα ελέγχου. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης, ο εθελοντής ήταν καθισμένος σε καρέκλα με δεμένα μάτια, με το δεξί πόδι να βρίσκεται πάνω σε μια αυτοσχέδια συσκευή. Το ισχίο βρισκόταν στις 90° και το γόνατο στις 120°. Το πέλμα ήταν τοποθετημένο πάνω στη συσκευή, όπου και δενόταν ώστε η κίνηση να γίνεται μόνο στην ποδοκνημική άρθρωση. Η κίνηση αυτή αναφέρεται σε παθητική περιστροφή μέσω ενός κινητήρα ροπής, με την γωνιακή μετατόπιση να καταγράφεται από ένα ποτενσιόμετρο. Πάνω στα πόδια του συμμετέχοντα, βρισκόταν ένα κουτί που δεν του επέτρεπε να βλέπει την κίνηση, αποδίδοντας την επίδοσή του μόνο στην ιδιοδεκτική αντίληψη. Επίσης, το κουτί χρησίμευε και ως βάση στήριξης του δεξιού χεριού, στο οποίο είχαν τοποθετηθεί 2 μεταλλικές επαφές γύρω από τον δείκτη και τον αντίχειρα. Ο ρόλος τους ήταν να παραμένουν ενωμένες και η απομάκρυνση τους να γινόταν μόνο όταν ο δοκιμαζόμενος αντιλαμβανόταν ότι η ποδοκνημική του ταυτιζόταν με την γωνία στόχο.

Η αρχική θέση της ποδοκνημικής άρθρωσης ήταν 15° ραχιαία κάμψη και η τελική 20° πελματιαία κάμψη, με μια ενδιάμεση θέση στις 10° πελματιαία κάμψη ως γωνία στόχο. Η δοκιμασία περιλάμβανε συνολικά 60 δοκιμές, δηλαδή 15 δοκιμές για κάθε ταχύτητα. Η ταχύτητα για κάθε προσπάθεια διατηρήθηκε σταθερή και επιλεγόταν τυχαία μεταξύ των τεσσάρων ταχυτήτων (15, 20, 25 και 30 %/s) που επιλέχθηκαν από τους ερευνητές για τη συγκεκριμένη μελέτη. Επομένως, οι δοκιμαζόμενοι δεν μπορούσαν να προβλέψουν την επερχόμενη ταχύτητα. Κατά τη διάρκεια της παθητικής περιστροφής, ο δοκιμαζόμενος άνοιγε τα δάχτυλα του, τη στιγμή που πίστευε ότι η γωνία της ποδοκνημικής του άρθρωσης είναι ίδια με την γωνία στόχο. Πριν την κύρια μέτρηση, οι εθελοντές ολοκλήρωσαν δύο δοκιμαστικές συνεδρίες, εντός δύο ημερών, και πριν από κάθε συνεδρία έκαναν κάποιες δοκιμαστικές προσπάθειες με μια αργή ταχύτητα για την εξοικειώσή τους με τη διαδικασία. Η λήξη της εξοικείωσης σηματοδοτήθηκε από την επίτευξη της γωνίας στόχου με απόκλιση έως 2° σε δύο συνεχόμενες προσπάθειες.

Επιπρόσθετα, σχεδόν το μισό δείγμα υποβλήθηκε και σε μία ξεχωριστή συνεδρία δόνησης, όπου εφαρμόστηκε δόνηση στον τένοντα του πρόσθιου κνημιαίου μυός. Η δοκιμασία αυτή, αποτελούνταν από 60 δοκιμές, εκ των οποίων οι 20 πραγματοποιήθηκαν υπό συνθήκες δόνησης, ενώ οι υπόλοιπες χρησιμοποιήθηκαν ως δοκιμές ελέγχου αφού δεν είχε εφαρμοστεί δόνηση στον πρόσθιο κνημιαίο. Μετά από κάθε δοκιμή δόνησης, ακολουθούσαν δύο δοκιμές χωρίς δόνηση, με την πρώτη να αποτελεί δοκιμή επαναβαθμονόμησης με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της δόνησης του τένοντα και την ομαλοποίηση εσωτερικών αναπαραστάσεων. Η δεύτερη δοκιμή αποτελούσε δοκιμή ελέγχου. Η δόνηση του πρόσθιου κνημιαίου πραγματοποιήθηκε μέσω κυλινδρικού δονητή, που ήταν προσδεμένος στον τένοντα, περίπου 5 εκ. πάνω από τον άξονα περιστροφής της άρθρωσης. Η δόνηση ξεκινούσε 2 δευτερόλεπτα πριν αρχίσει να περιστρέφεται η ποδοκνημική και σταματούσε μόλις ο δοκιμαζόμενος άνοιγε τα δάχτυλα. Ο εθελοντής θα έπρεπε να διατηρεί τον πρόσθιο κνημιαίο χαλαρό ώστε να αποφευχθεί η πρόκληση αντανakλαστικού στον τένοντα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης, η γήρανση φάνηκε να σχετίζεται με την αίσθηση δυναμικής θέσης, καθώς τα ηλικιωμένα άτομα εμφάνισαν αυξημένη απόκλιση από την γωνία στόχο και αυξημένη μεταβλητότητα στην απόδοση. Οι ερευνητές πιστεύουν πως αυτή η επίδραση δεν θα οδηγήσει απαραίτητα σε αστάθεια ή/και πτώση, αλλά πιθανότατα σε συνδυασμό με άλλες αλλαγές που συμβαίνουν σε άλλα αισθητικά και κινητικά συστήματα λόγω της ηλικίας, να οδηγήσει σε σημαντικά αυξημένο κίνδυνο για αυτά. Επίσης, το απόλυτο σφάλμα στην αίσθηση δυναμικής θέσης φάνηκε να αυξήθηκε λιγότερο από αυτό της αίσθησης στατικής θέσης, που είχε μελετηθεί σε προηγούμενες μελέτες. Αυτή η διαφορά υποδηλώνει την πιθανή κωδικοποίηση αυτών των αισθήσεων από διαφορετικούς υποδοχείς. Σχετικά με την δόνηση, που διαταράσσει την απόκριση της μυϊκής ατράκτου, καταγράφηκαν σφάλματα στόχευσης και στις δύο ομάδες. Οι εθελοντές αντιλαμβάνονταν την πελματιαία κάμψη μεγαλύτερη ή ταχύτερη από ότι πραγματικά ήταν. Αυτό συνεπάγεται την κωδικοποίηση της αίσθησης δυναμικής θέσης από τη μυϊκή άτρακτο. Βασιζόμενοι σε προηγούμενες έρευνες, αναμενόταν η επίδραση της δόνησης να ήταν μικρότερη στους ηλικιωμένους λόγω εκφύλισης της μυϊκής ατράκτου και μείωσης της δυναμικής αίσθησης θέσης με το πέρας των χρόνων. Ωστόσο, τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη επίδραση της δόνησης στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι η μυϊκή άτρακτος δεν είναι ο κύριος αισθητηριακός υποδοχέας που οδήγησε στην πτώση της δυναμικής αίσθησης της θέσης στους ηλικιωμένους. Με άλλα

λόγια, η δυναμική αίσθηση της θέσης μπορεί να σχετίζεται και με άλλους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς, που πιθανόν οι δερματικοί υποδοχείς να παίζουν τον πιο καθοριστικό ρόλο σε αυτήν.

Οι Soltys & Wilson (2008) εξέτασαν επίσης της αίσθηση της ταχύτητας κίνησης στην οσφυϊκή μοίρα, με εφαρμογή δόνησης. Σκοπός της παρούσας μελέτης, ήταν να εξετάσουν αφενός την ιδιοδεκτική αίσθηση της ταχύτητας στην πλάγια κάμψη του κορμού μετά από εφαρμογή δόνησης στους παρασπονδυλικούς μύες και αφετέρου τον ρόλο της μυϊκής ατράκτου σε αυτήν. Το δείγμα ήταν ένα σύνολο 17 υγείων νέων εθελοντών (ηλικίας $22,5 \pm 3,4$), με κοινό χαρακτηριστικό ότι ήταν δεξιόχειρες. Για τις ανάγκες αυτής της μελέτης, σχεδιάστηκε μια πλατφόρμα όπου η μόνη επιτρεπτή κίνηση ήταν η πλάγια κάμψη. Τα δομικά μέρη της πλατφόρμας ήταν μια σταθερή βάση και ένας περιστρεφόμενος βραχίονας. Η δόνηση εφαρμοζόταν μέσω μιας ζώνης, που ήταν δεμένη περιμετρικά στο επίπεδο Ο3 της σπονδυλικής στήλης, και περιείχε δύο μικρούς κινητήρες συνεχούς ρεύματος, ώστε να δονούν τους παρασπονδυλικούς μύες της συγκεκριμένης περιοχής και στις δύο πλευρές. Η δοκιμασία χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες δόνησης. Η πρώτη ήταν η απενεργοποίηση δόνησης, κατά την οποία δεν εφαρμόστηκε δόνηση με καμία πλευρά του κορμού. Οι άλλες δύο ήταν η δόνηση αριστερά και η δόνηση δεξιά, όπου δονήθηκαν μόνο ο αριστερός και ο δεξιός παρασπονδυλικός μυς, αντίστοιχα.

Κατά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου, οι δοκιμαζόμενοι είχαν κλειστά μάτια και ήταν ξαπλωμένοι σε πρηνή θέση, ώστε να εφαρμοστεί η ζώνη δόνησης στην οσφύ. Η λεκάνη σταθεροποιήθηκε μέσω ενός ρυθμιζόμενου νάρθηκα στη βάση της πλατφόρμας. Χρησιμοποιήθηκε ένας ψηφιακός μετρονόμος που παρήγαγε διαφορετικό ηχητικό σήμα για κάθε μία από τις 3 επιλεγμένες ταχύτητες (9,5, 13,5 και 17,5 °/s), η σειρά των οποίων ήταν τυχαιοποιημένη. Η κατηγορία δόνησης που επιλέχθηκε σε κάθε δοκιμή ήταν επίσης τυχαία. Κατά τη διάρκεια κάθε δοκιμής, ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη δεξιά πλάγια κάμψη κορμού, ξεκινώντας από θέση μέγιστης αριστερής πλάγιας κάμψης με την ταχύτητα στόχο. Μετά από σταμάτημα σε αυτό το σημείο, έκαναν μέγιστη αριστερή πλάγια κάμψη, διατηρώντας την στοχευμένη ταχύτητα. Το ίδιο επαναλήφθηκε για την ολοκλήρωση της δοκιμής. Στο πρωτόκολλο συμπεριλήφθηκαν και εκπαιδευτικές δοκιμές για την εξοικείωση των εθελοντών.

Μετά από στατιστική ανάλυση των δεδομένων, προέκυψε το συμπέρασμα ότι μετά την εφαρμογή της δόνησης στους παρασπονδυλικούς μύες, επήλθε μείωση στη μέση ταχύτητα

κίνησης, χωρίς αυτό να εξαρτάται από την ταχύτητα κίνησης. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι όταν η δόνηση εφαρμοζόταν στην πλευρά που επιμηκυνόταν, ο εξεταζόμενος αντιλαμβανόταν την κίνηση ως γρηγορότερη, με αποτέλεσμα να προκύπτει μία πιο αργή κίνηση. Επίσης, βρέθηκε πως η εφαρμογή της δόνησης στην αριστερή πλευρά της οσφυϊκής μοίρας είχε μεγαλύτερη επίδραση στην αίσθηση της ταχύτητας κίνησης, συγκριτικά με την δόνηση δεξιά. Το γεγονός αυτό ερμηνεύτηκε ως πλευρική κυριαρχία των μυών της μη επικρατούς πλευράς, και κατ' επέκταση των μυϊκών ατράκτων που περιέχονται σε αυτούς, αφού όλοι ήταν δεξιόχειρες. Ως τελικό συμπέρασμα προκύπτει ότι οι μυϊκές άτρακτοι των παρασπονδυλικών μυών της οσφύς συμμετέχουν σημαντικά στην ικανότητα αίσθησης πλάγιας κάμψης κορμού.

Επίσης, οι Lönn et al (2001) πραγματοποίησαν μελέτη με κύριο σκοπό τον έλεγχο μερικών καινούργιων πρωτοκόλλων για την αξιολόγηση της ιδιοδεκτικής αντίληψης της ταχύτητας κίνησης των άκρων, στα οποία περιλαμβάνονται δοκιμασίες αναπαραγωγής και διάκρισης της ταχύτητας. Δευτερεύων στόχο αποτελούσε η απάντηση ορισμένων ερωτημάτων όπως εάν η αναπαραγωγή της ταχύτητας κίνησης του άκρου είναι λιγότερο ακριβής μετά από παθητικές κινήσεις του εξεταζόμενου αντί ενεργητικών, εάν η διάκριση της ταχύτητας ενισχύεται από τη σύσπαση του ανταγωνιστή μυός κατά τη διάρκεια παθητικής κίνησης των άκρων, πως η ακρίβεια απόκρισης επηρεάζεται από την ταχύτητα κίνησης, ποια είναι η σχέση μεταξύ ταχύτητας κίνησης και εύρους κίνησης κατά την αντιγραφή της ταχύτητας και αν οι εθελοντές βασίζουν την διάκριση των ταχυτήτων μόνο σε ιδιοδεκτικά σήματα της άρθρωσης. Στην έρευνα συμμετείχαν από 16 υγιή άτομα (ηλικία 23 ± 3 ετών). Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη ήταν μια αυτοσχέδια συσκευή, φτιαγμένη από ένα κάθισμα αυτοκινήτου και μια κινητή πλάκα για την πρόσδεση του δεξιού άνω άκρου. Κάτω από την πλάκα, υπήρχε ένας δέκτης που έστελνε σήματα στον υπολογιστή καθ' όλη τη διάρκεια για την καταγραφή των τροχιών κίνησης. Ο εξοπλισμός ρυθμίστηκε ακριβώς ώστε ο άξονας περιστροφής της κινητής πλάκας να είναι ευθυγραμμισμένος με την άρθρωση του ώμου. Ο δοκιμαζόμενος ήταν καθιστός, με δεμένα μάτια και ακουστικά με στόχο την αποφυγή εξωτερικών παραγόντων διατάραξης της μέτρησης.

Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει 4 δοκιμασίες, οι οποίες είναι οι εξής: Ενεργητικά-Ενεργητικά (AA), Παθητικά-Ενεργητικά (PA), Παθητικά-Παθητικά (PP) και Ημιπαθητικά-Ημιπαθητικά (SS). Όλες οι παραπάνω δοκιμασίες ξεκινούν με τον βραχίονα σε θέση κάμψης πάνω στο οβελιαίο επίπεδο και εξετάζουν την αντιγραφή και την διάκριση ταχύτητας κίνησης

σε οριζόντια απαγωγή. Οι AA και PA αποτελούν μετρήσεις αντιγραφής της ταχύτητας και χαρακτηρίζονται από ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας που τους έχει υποδειχτεί προηγουμένως, δηλαδή οι εθελοντές κουνούσαν ενεργητικά το χέρι τους με την ταχύτητα της προηγούμενης κίνησης. Η διαφορά τους έγκειται στην διαδικασία επίδειξης της ταχύτητας, αφού στην AA γινόταν ενεργητικά, με ταχύτητα και εύρος που καθοριζόταν από το ίδιο το άτομο, ενώ στην PA πραγματοποιούταν παθητικά από το μηχάνημα με 5 σταθερές ταχύτητες (10, 25, 40, 55 και 70 rad/s) και σε σταθερό εύρος οριζόντιας απαγωγής (60°). Η επαναφορά του ώμου στην αρχική θέση γινόταν ενεργητικά και στις δύο δοκιμασίες. Η διαδικασία AA ολοκληρωνόταν όταν είχαν συγκεντρωθεί τουλάχιστον 6 αντίγραφα για κάθε ταχύτητα, ενώ στην PA γινόταν επίδειξη της κάθε ταχύτητας 6 φορές με τυχαίο τρόπο.

Οι PP και SS ανήκουν στις μετρήσεις διάκρισης της ταχύτητας. Σε αυτές τις δοκιμασίες, οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να κρίνουν αν μια ταχύτητα ήταν ταχύτερη ή αργότερη από μια προηγούμενη κίνηση. Όλα τα μέρη της μέτρησης γινόντουσαν παθητικά, με εξαίρεση την SS όπου οι συμμετέχοντες διατηρούσαν αντίσταση σταθερής ροπής 5Nm καθ' όλη τη διάρκεια, στο οποίο είχαν εκπαιδευτεί προηγουμένως μέσω οπτικής ανάδρασης και χρήσης οθόνης LED. Οι ταχύτητες που παρουσιάστηκαν είναι 30 και 50 rad/s, 60 φορές η κάθε μία, σε σταθερό εύρος οριζόντιας απαγωγής 60° όπως και παραπάνω.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι ενεργητικές κινήσεις των εθελοντών παρουσίαζαν μεγαλύτερη ακρίβεια στην αναπαραγωγή της ταχύτητας συγκριτικά με τις παθητικές. Επιπρόσθετα, δεν φάνηκε να υπάρχει καμία αλληλεπίδραση μεταξύ της συν-σύσπασης των ανταγωνιστών μυών και της διάκρισης ταχύτητας κατά την παθητική κίνηση, γεγονός που πιθανόν να προκαλέσει σύγχυση όσον αφορά τον ρόλο και την επίδραση της μυϊκής ατράκτου στο ιδιοδεκτικό σύστημα. Ακόμα, στις μετρήσεις αναπαραγωγής ταχύτητας παρατηρήθηκαν λιγότερα σφάλματα στις χαμηλές ταχύτητες, ενώ στις γρηγορότερες τα λάθη αναπαραγωγής ήταν αρκετά αυξημένα. Τέλος, η εγκυρότητα αυτής της δοκιμασίας υποστηρίχθηκε από το γεγονός ότι οι αποκρίσεις των δοκιμαζόμενων φάνηκε να επηρεάζονται μόνο από την ταχύτητα περιστροφής και όχι από τον χρόνο ή το εύρος κίνησης της άρθρωσης.

Μια πολύ παρόμοια μελέτη με αυτήν που αναλύθηκε παραπάνω, τόσο στον τρόπο διεξαγωγής όσο και στα εξαγόμενα συμπεράσματα, είναι των Djupsjöbacka & Domkin (2005). Σε αυτήν συμμετείχαν επίσης 16 υγιείς ενήλικες (ηλικία 23 ± 3 ετών). Ως εξοπλισμός, χρησιμοποιήθηκε η ίδια αυτοσχέδια συσκευή, με την αυτοκινητιστική θέση και την

μηχανοκίνητη εξέδρα. Ο βραχίονας του εξεταζόμενου βρισκόταν σε κάμψη περίπου 45° και το αντιβράχιο σε $20-30^\circ$ κάμψη και πρηνισμό. Μέσω της κατάλληλης ρύθμισης του εξοπλισμού, ο άξονας περιστροφής της εξέδρας ευθυγραμμίστηκε με το κέντρο της δεξιάς γληνοβραχιόνιας άρθρωσης. Η έρευνα απαρτιζόταν από 2 δοκιμασίες αλλά μόνο μία από αυτές μελετά την ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας. Η άλλη ασχολείται με την ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης, που δεν αποτελεί σχετιζόμενο αντικείμενο του θέματος που πραγματεύεται το παρόν κεφάλαιο. Αναφορικά με την ταχύτητα, οι συγκεκριμένοι ερευνητές ασχολήθηκαν μόνο με την διάκριση της ταχύτητας και όχι με την αναπαραγωγή αυτής, επομένως χρησιμοποίησαν μόνο τις δοκιμασίες PP και SS. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων βρισκόντουσαν σε συμφωνία με τα αποτελέσματα που διεξήγαγαν οι Lönn et al (2001), επιβεβαιώνοντας την ορθότητά τους.

Οι Jerosch et al (2003) δημιούργησαν ένα καινούργιο πρωτόκολλο για την μελέτη της ιδιοδεκτικής ταχύτητας και το εφάρμοσαν στην άρθρωση του ώμου. Συνολικά, συμπεριλήφθηκαν στην μελέτη 46 εθελοντές (ηλικίας $27 \pm 4,8$ ετών), χωρίς προηγούμενο τραυματισμό ή παθολογία στην γληνοβραχιόνια άρθρωση. Οι ερευνητές εφύρναν το τεστ αναπαραγωγής γωνιακής ταχύτητας (Angle Velocity Reproduction Test - AVRT) που αποτελείται από παθητική επίδειξη μιας ταχύτητας με κίνηση του επικρατούς άνω άκρου από ισοκινητικό δυναμόμετρο Cybex 6000, με ταυτόχρονη ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας με το αντίπλευρο άκρο, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Ο δοκιμαζόμενος ήταν ξαπλωμένος στην καρέκλα του ισοκινητικού και το κέντρο της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης της κυρίαρχης πλευράς βρισκόταν σε αντιστοίχιση με τον άξονα περιστροφής του μοχλοβραχίονα. Στο ελεύθερο άκρο, είχαν τοποθετηθεί 2 αντανakλαστικοί σηματοδότες, στην ωλένια πλευρά του καρπού και στο ωλέκρανο, για την καταγραφή της κίνησης και της ταχύτητας μέσω ψηφιακής υπέρυθρης κάμερας, που ήταν συνδεδεμένη με ένα ανέπαφο σύστημα ανάλυσης κίνησης, το Kinemetrix. Στην ύπτια θέση, το βραχίονιο βρισκόταν σε μικρή υπερέκταση, επομένως η κίνηση που μελετήθηκε ξεκινούσε από αυτή τη θέση (-20°) και κατέληξε μέχρι 110° κάμψη. Επομένως, το εύρος κίνησης ήταν 130° , αλλά μόνο το ενδιαμέσο εύρος ($20^\circ-90^\circ$) χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση των δεδομένων. Επίσης, οι εθελοντές φορούσαν μάσκα ύπνου και ακουστικά, ώστε να αποτραπούν επιρροές από το εξωτερικό περιβάλλον. Πριν την έναρξη της επίσημης μέτρησης, προηγήθηκαν δοκιμαστικές κινήσεις για εξοικείωση με τη διαδικασία.

Για το έλεγχο της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας του πρωτοκόλλου, πραγματοποιήθηκαν επιπλέον 21 διπλές μετρήσεις και 10 μετρήσεις παρουσία οπτικής

ανατροφοδότησης, αντίστοιχα. Η στατιστική ανάλυση, αποκάλυψε πως όταν οι εξεταζόμενοι είχαν ανοιχτά μάτια απέδιδαν πολύ καλύτερα, ενώ όταν ο οπτικός έλεγχος απουσίαζε, η απόδοση παρουσίαζε πτώση. Εδώ, τονίζεται η σημαντικότητα της όρασης στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας και η θετική συσχέτισή της με αυτή. Τέλος, οι τιμές που περιγράφουν την ομαλότητα των κινήσεων ήταν αδύναμες ή/και ασήμαντες.

Η μοναδική μελέτη που έχει ασχοληθεί με την επίδραση της κόπωσης στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας στην άρθρωση του γόνατος είναι αυτή του Drouin και των συνεργατών του (2003). Ο ερευνητικός σχεδιασμός περιλάμβανε 14 υγιείς εθελοντές, 4 ταχύτητες κίνησης (5, 10, 15 και 30 rad/s), 2 εύρη κάμψης του γόνατος (0-30 και 60-90) και 2 διαφορετικές κατευθύνσεις (κάμψη και έκταση). Η χρήση διαφορετικών ταχυτήτων στόχευε στην δοκιμασία του δείγματος σε πολλαπλές ταχύτητες και στη μεγιστοποίηση του χρόνου στην ταχύτητα στόχο. Σε όλες τις δοκιμασίες, γινόταν παθητική μετακίνηση του δεξιού ποδιού με συγκεκριμένη ταχύτητα, μέσω ενός ισοκινητικού δυναμομέτρου Kin Com (Chattecx Corporation, Hixson, TN) και στη συνέχεια ακολουθούσε ενεργητική αναπαραγωγή αυτής από το αριστερό πόδι. Η ενεργητική αντιγραφή της ταχύτητας καταγραφόταν από ένα ηλεκτρογωνιόμετρο (Biometrics Ltd, Gwent, UK), προσαρμοσμένο σε ένα βραχίονα μιας δοκιμαστικής συσκευής, που μετρούσε την αλλαγή στη γωνιακή μετατόπιση του αριστερού γόνατος. Οι άξονες περιστροφής των δύο βραχιόνων ήταν πλήρως ευθυγραμμισμένοι και στον βραχίονα κάθε συσκευής ήταν δεμένο το αντίστοιχο πόδι μέσω ιμάντων στο κάτω άκρο της κνήμης. Επίσης, υπήρχαν ιμάντες και στους μηρούς, σταθεροποιώντας τους στην καρέκλα και απομονώνοντας μόνο την κίνηση στην άρθρωση του γόνατος. Οι συμμετέχοντες βρισκόντουσαν καθιστοί στην καρέκλα του ισοκινητικού καθ' όλη τη διάρκεια, φορώντας ακουστικά και μάσκα, για τον αποκλεισμό του θορύβου και της οπτικής ανατροφοδότησης αντίστοιχα.

Η έναρξη του πρωτοκόλλου αποτελείται από δοκιμαστικές προσπάθειες εξάσκησης σταθερής ταχύτητας 20 rad/sec και προς τις δύο κατευθύνσεις για την εξοικείωση του συμμετέχοντος. Στη συνέχεια, κάθε εθελοντής πραγματοποιούσε 3 επαναλήψεις για κάθε μία από τις 16 δοκιμασίες αναπαραγωγής της ταχύτητας, ώστε να καταγραφεί στο τέλος ένας μέσος όρος. Σε κάθε δοκιμασία, το ισοκινητικό δυναμόμετρο έκανε επίδειξη μίας από τις 4 ταχύτητες κουνώντας το δεξί πόδι του δοκιμαζόμενου με σταθερή ταχύτητα προς μια καθορισμένη κατεύθυνση εντός οριοθετημένου ROM. Μετά την παθητική επίδειξη, ζητήθηκε από τον

εθελοντή να αναπαράξει την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης που του υποδείχθηκαν προηγουμένως. Μεταξύ των δοκιμασιών, υπήρχε διάστημα ανάπαυσης 5 δευτερολέπτων με τα δύο πόδια να βρίσκονται σε αδράνεια. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τους 8 πιθανούς συνδυασμούς ταχύτητας και κατεύθυνσης, πριν τη μετάβαση στο δεύτερο οριοθετημένο ROM, όπου θα επαναλαμβανόταν το ίδιο.

Τα αποτελέσματα της παραπάνω ερευνητικής μελέτης έδειξαν πως σε αργές ταχύτητες υπήρχε πολύ μεγαλύτερη σταθερότητα αναπαραγωγής της ταχύτητας και παρατηρήθηκε σημαντικά χαμηλότερο απόλυτο σφάλμα σε σχέση με γρηγορότερες ταχύτητες, όπου το ICC βρέθηκε χαμηλό. Σύμφωνα με τους ερευνητές, σε ταχύτητες γρηγορότερες από 10 rad/sec, η ιδιοδεκτική ανατροφοδότηση από τις μυϊκές ατράκτους κατά την παθητική επιμήκυνσή τους, μειώνεται. Επομένως, κατά την παθητική επίδειξη υψηλών ταχυτήτων οι προσαγωγές πληροφορίες ήταν περιορισμένες τόσο στην κάμψη όσο και στην έκταση. Επίσης, καταγράφηκε σημαντικά μικρότερο σταθερό σφάλμα σε κινήσεις κάμψης συγκριτικά με κινήσεις έκτασης του γόνατος.

4.3.2. Κόπωση και ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας

Όσον αφορά την συσχέτιση της κόπωσης με την ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας, δεν υπάρχει καμία μελέτη που να ασχολείται με αυτήν. Αυτό αποτέλεσε το κίνητρο για την πραγματοποίηση της παρακάτω μελέτης, όπου διερευνάται για πρώτη φορά ο αντίκτυπος που έχει η κόπωση στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας κίνησης του γόνατος.

5. ΣΚΟΠΟΣ

Οι άνθρωποι, έχουμε την ικανότητα να αντιλαμβανόμαστε την θέση των μελών μας στο χώρο κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων χωρίς να κοιτάμε, είτε κατά τη διάρκεια μιας αθλητικής δραστηριότητας όπως το τρέξιμο, είτε κατά την καθιστή θέση. Επίσης, μπορούμε να αντιλαμβανόμαστε και την ταχύτητα με την οποία αυτά κινούνται χωρίς να χρειάζεται να το σκεφτούμε. Η ιδιοδεκτικότητα είναι εξαιρετικά σημαντική στο κινητικό έλεγχο, τόσο στον πρόδρομο όσο και στον ανάδρομο, και υπάρχουν διάφοροι τρόποι αξιολόγησης, όπως η ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης, της δύναμης και της ταχύτητας. Σε αντίθεση με την αίσθηση της θέσης, η αίσθηση της ταχύτητας είναι ένα πεδίο ανεξερεύνητο. Σκοπός της μελέτης είναι αφενός να δοκιμαστεί ένα νέο πρωτόκολλο σχετικά με την κόπωση των οπίσθιων μηριαίων, αφού δεν έχει γίνει καμία έρευνα που να αφορά την συγκεκριμένη μυϊκή ομάδα, και αφετέρου να διερευνηθεί πιλοτικά κατά πόσο η ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας μπορεί να επηρεαστεί από την κόπωση των συγκεκριμένων μυών.

5.1 Ερευνητικές Υποθέσεις

Η παρούσα έρευνα περιλαμβάνει τις εξής υποθέσεις:

H0: η κόπωση των καμπτήρων μυών του γόνατος δεν επηρεάζει την ιδιοδεκτική αντίληψη της αρθρικής γωνιακής ταχύτητας της άρθρωσης

H1: η κόπωση των καμπτήρων μυών του γόνατος επηρεάζει την ιδιοδεκτική αντίληψη της αρθρικής γωνιακής ταχύτητας της άρθρωσης

6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα έρευνα έλαβε έγκριση από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με το υπ' αριθμόν έγγραφο 96440 και πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ανθρώπινης Δραστηριότητας και Αποκατάστασης του Πανεπιστημίου (Παράρτημα 1, σελ. 32).

6.1 Ερευνητικός Σχεδιασμός και Δείγμα

Δώδεκα (12) υγιείς εθελοντές, ηλικίας 20.5 (± 0.798) έτη, έλαβαν μέρος στην μελέτη μετά από ενυπόγραφη συγκατάθεση για την συμμετοχή τους σε αυτή. Κριτήρια επιλογής αποτελούσαν η απουσία παθολογίας στην άρθρωση του γόνατος καθώς και η αποχή από οποιοδήποτε άθλημα αντοχής ή γυμναστήριο. Επίσης, απαραίτητη προϋπόθεση για την παραμονή των συμμετεχόντων στην έρευνα, ήταν η διατήρηση της κόπωσης των οπίσθιων μηριαίων για τουλάχιστον 2 λεπτά. Συμμετέχοντες που δεν πληρούσαν τα παραπάνω κριτήρια αποκλείστηκαν από την έρευνα.

6.2 Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση της έρευνας είναι το ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex system 3 pro (Εικόνα 6.1), το οποίο αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο μέτρησης (Lund et al 2005). Επιπλέον, απαραίτητη ήταν και η χρήση ινκλινόμετρου με σκοπό την διατήρηση ενός σημείου αναφοράς για τη διασφάλιση της εγκυρότητας των μετρήσεων. Μέρος του εξοπλισμού αποτελούσε και το γωνιόμετρο για την αντιστοίχιση του κέντρου της άρθρωσης του γόνατος με το κέντρο του μοχλοβραχίονα του ισοκινητικού. Άλλα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μία ζυγαριά και ένα αναστημόμετρο, για τη μέτρηση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών, καθώς και μια μάσκα ύπνου, για τον αποκλεισμό της οπτικής ανατροφοδότησης.



Εικόνα 6.1 Το ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex system 3 pro

6.3 Διαδικασία μετρήσεων

Η διαδικασία των μετρήσεων αποτελείται από τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται παθητικά από το ισοκινητικό δυναμόμετρο η επίδειξη της επιθυμητής αρθρικής γωνιακής ταχύτητας και έπειτα ακολουθεί η ενεργητική αναπαραγωγή αυτής χωρίς να έχει προηγηθεί κόπωση. Αμέσως μετά, εκτελείται από τον συμμετέχοντα το πρωτόκολλο της κόπωσης των οπίσθιων μηριαίων. Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, επαναλαμβάνεται η διαδικασία του πρώτου σταδίου, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο ώστε να είναι εφικτός ο έλεγχος και η σύγκριση της επίδρασης της κόπωσης στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος.

6.3.1 Πρωτόκολλο αξιολόγησης της ιδιοδεκτικής αντίληψης της αρθρικής γωνιακής ταχύτητας του γόνατος

Πρώτο βήμα αποτελούσε η λήψη σωματομετρικών στοιχείων, όπως το ύψος και το βάρος του εθελοντή, πριν την τοποθέτηση του στην καρέκλα του ισοκινητικού, η θέση της

οποίας προσαρμοζόταν ανάλογα με το ανάστημά του. Η πλάτη της καρέκλας βρισκόταν πάντα σε κλίση 70° , ώστε να μειωθεί η τάση των οπίσθιων μηριαίων. Για την αντιστοίχιση του βραχίονα του ισοκινητικού με το κέντρο της άρθρωσης του γόνατος, ζωγραφιζόταν με μαρκαδόρο η εξωτερική μεσάρθρια σχισμή, με οδηγία σημεία τον μείζονα τροχαντήρα και το έξω σφυρό. Περιφερικά υπήρχαν ιμάντες για τη σταθεροποίηση τόσο του κορμού όσο και του δεξιού μηρού του συμμετέχοντα.

Το πρωτόκολλο ρυθμιζόταν ώστε να γίνει παθητική επίδειξη (Mode: Passive) της ταχύτητας των 20 rad/s σε όλο το εύρος της έκτασης και της κάμψης για 5 επαναλήψεις. Μετά την ολοκλήρωση τους, το πρωτόκολλο ξαναπερνιόταν εκ νέου, ώστε η αναπαραγωγή της ταχύτητας να γίνει ενεργητικά (Mode: isokinetic) από τον συμμετέχοντα. Η ταχύτητα κάμψης και έκτασης ορίστηκε μέγιστη ώστε να μπορεί ο συμμετέχων να εκτελεί τις κινήσεις με τον ρυθμό που αυτός αντιλαμβανόταν ότι ταυτίζεται με την προηγούμενη ταχύτητα. Ο χρόνος της δοκιμασίας ρυθμίστηκε στα 100s, δίνοντας έτσι το περιθώριο στον εθελοντή να πραγματοποιήσει τις απαιτούμενες 5 επαναλήψεις και να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

Πριν την παθητική επίδειξη γινόταν γωνιομέτρηση, με σκοπό να οριστεί το εύρος κίνησης και με τη βοήθεια του γωνιομέτρου ήταν δυνατή η καταγραφή ενός σημείου αναφοράς για την αποφυγή της ίδιας διαδικασίας πριν από την ενεργητική αναπαραγωγή. Και στις δύο αυτές δοκιμασίες, ο συμμετέχων φορούσε μάσκα ύπνου καθ' όλη την διάρκεια για τον αποκλεισμό της οπτικής ανατροφοδότησης.

6.3.2 Πρωτόκολλο Κόπωσης

Οι καμπήρες και οι εκτείνοντες μύες της άρθρωσης του γόνατος αποτελούν δύο διαφορετικές κατηγορίες μυών με τελείως διαφορετικά κινητικά και κινηματικά χαρακτηριστικά. Αφενός, οι καμπήρες αποτελούν τους τονικούς μύες, που είναι υπεύθυνοι για την διαρκή παραγωγή επαρκούς τάσης ενάντια στη βαρύτητα με απότοκο την διατήρηση της σταθερότητας των αρθρώσεων και κατ' επέκταση της όρθιας στάση (Brambilla et al 2023, p. 602). Σε αυτή την κατηγορία μυών, περιέχονται ίνες βραδείας συστολής τύπου I που χαρακτηρίζονται από αργό ρυθμό σύσπασης, μικρότερη παραγωγή δύναμης και ανθεκτικότητα στην κούραση. Η υψηλή συγκέντρωση αυτών των ινών, προσδίδει στους μύες ικανότητα αερόβιας αντοχής και μεγάλη αντίσταση στην κόπωση (Petty et al 2022, p. 602). Αφετέρου, οι εκτείνοντες μύες ανήκουν στην κατηγορία των φασικών μυών, με την εκρηκτικότητα να

αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό τους. Οι φασικοί εκτείνοντες αποτελούνται από ίνες ταχείας συστολής τύπου II που έχουν ταχύ ρυθμό σύσπασης, παραγωγή αυξημένης τάσης αλλά ευκολότερη κόπωση (Brambilla et al 2023, Petty et al 2022 p. 602)

Μετά από ανασκόπηση της αρθρογραφίας, εντοπίστηκε το ερευνητικό κενό σχετικά με την κόπωση των οπίσθιων μηριαίων, αφού δεν βρέθηκε κανένα σχετικό πρωτόκολλο. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στη δυσκολία κόπωσής τους και στην αδυναμία διατήρησης της κόπωσης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σκοπός του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου ήταν να κοπώσει τους οπίσθιους μηριαίους και να διατηρήσει την κόπωση για τουλάχιστον 2 λεπτά, διότι τόσο χρόνο απαιτούσε η εκ νέου καταχώρηση του πρωτοκόλλου ταχύτητας ώστε να αξιολογηθεί η ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας κίνησης του γόνατος μετά την κόπωση των καμπτήρων μυών. Έτσι, η τελική διαδικασία ακολούθησε τον παρακάτω τρόπο.

Η διαδικασία ξεκινάει με την καταχώριση του πρωτοκόλλου στο ισοκινητικό δυναμόμετρο. Αυτό περιλαμβάνει μειομετρική κάμψη και έκταση, οι γωνιακές ταχύτητες των οποίων ρυθμίζονται στις 20 rad/s (speed toward) και 500 rad/s (speed away) αντίστοιχα. Αυτή η διαφορά υπάρχει ώστε η κάμψη να γίνεται αργά, δίνοντας τη δυνατότητα στους καμπτήρες της άρθρωσης του γόνατος να συσπώνται ενάντια στην αντίσταση του ισοκινητικού και τελικά να κοπώνονται, ενώ η γρήγορη επαναφορά σε θέση έκτασης αποσκοπούσε στην αποφυγή της κόπωσης του τετρακεφάλου. Δόθηκε ένα ικανοποιητικό εύρος εκατό επαναλήψεων, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να εκτελέσουν όσες επαναλήψεις είναι απαραίτητες μέχρι να επέλθει κόπωση των ισchioκνημιαίων, γνωρίζοντας ότι ο αριθμός τους διαφέρει από άτομο σε άτομο.

Ο συμμετέχων δενόταν ξανά σφιχτά στην καρέκλα ώστε να είναι σταθερός και να μπορεί να βάζει μέγιστη δύναμη χωρίς να μετακινεί το σώμα του ή να κλέβει με την άρθρωση του ισχίου.

Πριν την έναρξη της δοκιμασίας κόπωσης πραγματοποιήθηκαν υπομέγιστες επαναλήψεις (trial reps), περίπου στο 40% της μέγιστης δύναμης, για προθέρμανση των ισchioκνημιαίων και εξοικείωση με την διαδικασία. Μόλις ο συμμετέχων ένιωσε έτοιμος, γινόταν πλήρης έκταση του γόνατός του παθητικά από εμάς και παρέμενε σε αυτή τη θέση, μέχρι να δοθεί εντολή εκκίνησης από το ισοκινητικό δυναμόμετρο και να ξεκινήσει η διαδικασία της κόπωσης. Σε αυτό το σημείο, ζητήθηκε από τον δοκιμαζόμενο να εκτελέσει την κίνηση σε όλο το εύρος και να βάζει μέγιστη δύναμη σε κάθε επανάληψη. Ταυτόχρονα, υπήρχε

λεκτική ανατροφοδότηση για την ενίσχυση της προσπάθειας. Η δοκιμασία τερματίστηκε όταν πραγματοποιήθηκαν πέντε συνεχόμενες επαναλήψεις κάτω από το 50% της μέγιστης δύναμης.

Μετά το τέλος της δοκιμασίας, ο ασθενής λυνόταν και συνέχιζε να κάνει κάμψη στο γόνατο υπό αντίσταση με τη χρήση ενός λάστιχου για την διατήρηση της κόπωσης μέχρι να ξαναπεραστεί το πρωτόκολλο, που απαιτούσε 2 λεπτά. Μετά την καταχώρηση του πρωτοκόλλου, επαναλάμβανε 10 μέγιστες επαναλήψεις για να ελεγχθεί η διατήρηση της κόπωσης και η αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου. Η μέγιστη παραγόμενη δύναμη θα έπρεπε να ήταν έως το 80% της αρχικής ώστε να είχε λειτουργήσει σωστά το πρωτόκολλο και να είχε επιτευχθεί ήπια κόπωση.

6.4 Στατιστική Ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα SPSS 26.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε $p < 0.05$. Ως ανεξάρτητη μεταβλητή ορίστηκε η κόπωση και ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε ο μέσος όρος απόκλισης των μοιρών από την ταχύτητα στόχο – 20°/s. Η σύγκριση των μέσων πραγματοποιήθηκε με το μη παραμετρικό test, το Wilcoxon, επειδή το δείγμα ήταν μικρό ($n=12$).

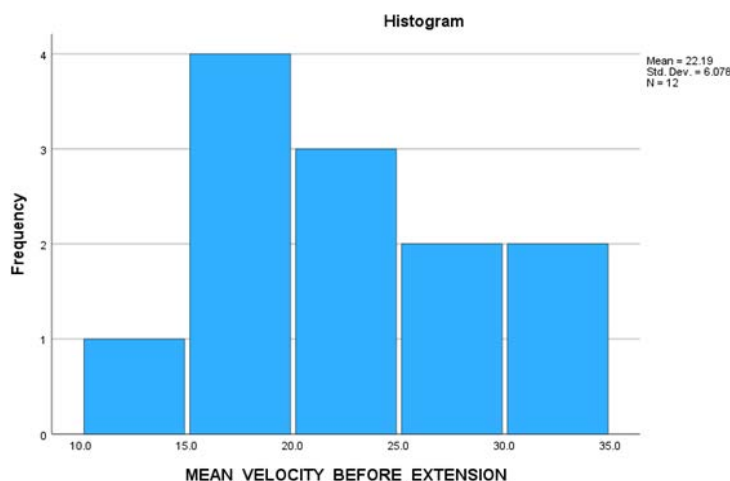
7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στη μελέτη συμμετείχαν συνολικά 12 νέα άτομα (7 άνδρες και 5 γυναίκες) με μέσο όρο ηλικίας 20.5 (± 0.798) έτη. Οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, χωρίς ιστορικό τραυματισμού στο γόνατο ή οποιαδήποτε άλλη παθολογία και το BMI ήταν φυσιολογικό ($BMI=24.7$, ± 4.3). Παρακάτω παρουσιάζονται η ηλικία και το BMI των συμμετεχόντων συγκεντρωμένα (Πίνακας 7.1).

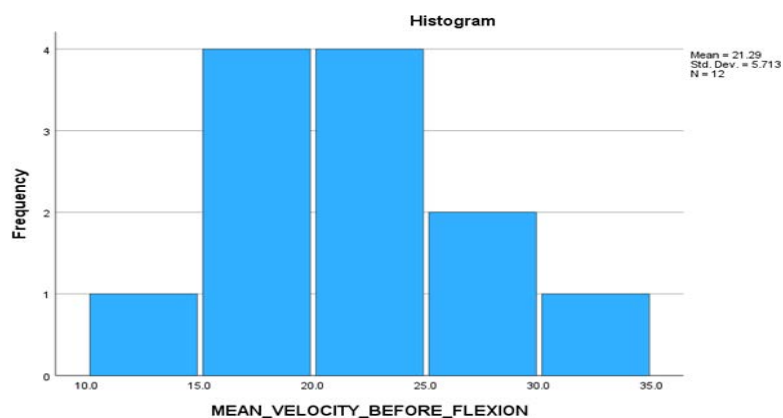
Πίνακας 7.1. Ηλικία και BMI των συμμετεχόντων με τις τυπικές τους αποκλίσεις

	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική Απόκλιση
Ηλικία	12	19	22	20.50	0.798
BMI	12	19.4	35.8	24.708	4.283

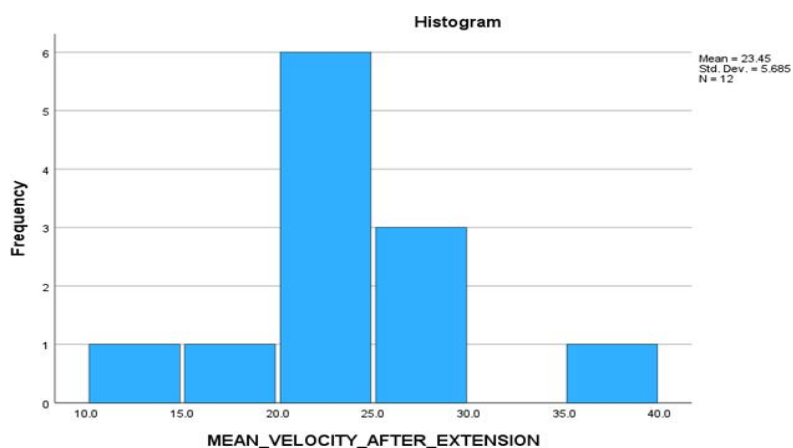
Πραγματοποιήθηκε έλεγχος για outlier και βρέθηκε μόνο ένα outlier (συμμετέχων id: 6) στη συνθήκη μετά την επίδραση της κόπωσης. Ο συμμετέχων δεν αποσύρθηκε από τη διαδικασία διότι η μέτρηση αφορούσε μόνο τη μια συνθήκη και το δείγμα ήταν ήδη μικρό. Αφού υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των προσπαθειών αναπαραγωγής της ταχύτητας στόχου των 20°/s, παρακάτω ακολουθούν τα ιστογράμματα όπου παρουσιάζεται η κατανομή των μέσων όρων των προσπαθειών αναπαραγωγής της ταχύτητας στόχου κατά την έκταση και κάμψη του γόνατος στις συνθήκες πριν και μετά την κόπωση.



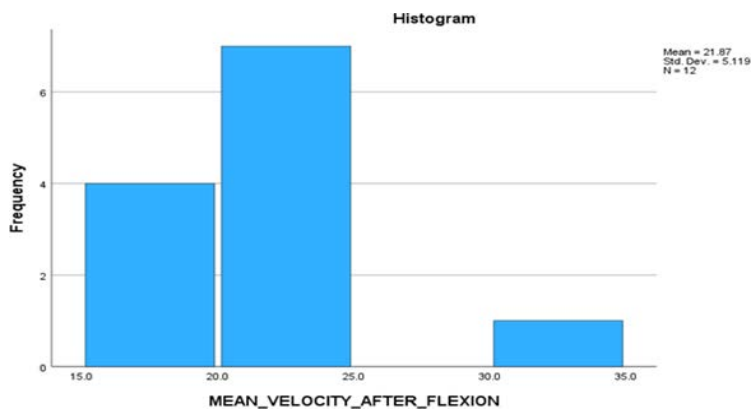
Εικόνα 7.1 Ιστόγραμμα 1. Μέσοι όροι των προσπαθειών αναπαραγωγής της ταχύτητας στόχου πριν την κόπωση κατά την έκταση του γόνατος.



Εικόνα 7.2 Ιστόγραμμα 2. Μέσοι όροι των προσπαθειών αναπαραγωγής της ταχύτητας στόχου πριν την κόπωση κατά την κάμψη του γόνατος.



Εικόνα 7.3 Ιστόγραμμα 3. Μέσοι όροι των προσπαθειών αναπαραγωγής της ταχύτητας στόχου μετά την κόπωση κατά την έκταση του γόνατος.



Εικόνα 7.4 Ιστόγραμμα 4. Μέσοι όροι των προσπαθειών αναπαραγωγής της ταχύτητας στόχου μετά την κόπωση κατά την κάμψη του γόνατος.

Στη συνέχεια, η ανάλυση των δεδομένων ακολούθησε τη μη παραμετρική μέθοδο χρησιμοποιώντας το Wilcoxon test για τη σύγκριση των μέσων όρων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν φαίνεται να υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των δύο συνθηκών, πριν και μετά την πρόκληση της κόπωσης, τόσο κατά την έκταση ($p=0.937$) όσο και κατά την κάμψη του γόνατος ($p=0.638$). Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζεται η στατιστική σημαντικότητα μεταξύ των δυο συνθηκών (πριν και μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου της κόπωσης) συγκρίνοντας το μέσο όρο του απόλυτου λάθους από την ταχύτητα στόχο κατά την έκταση και κάμψη του γόνατος.

Πίνακας 7.2 Σύγκριση του μέσου όρου του απόλυτου λάθους από την ταχύτητα στόχο πριν και μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου της κόπωσης κατά την έκταση και κάμψη του γόνατος

	Απόλυτο λάθος ΠΡΙΝ-Έκταση VS Απόλυτο λάθος ΜΕΤΑ-Έκταση	Απόλυτο λάθος ΠΡΙΝ-Κάμψη VS Απόλυτο λάθος ΜΕΤΑ-Κάμψη
Asymp. Sig. (2-tailed)	0.937	0.638

Στον πίνακα 7.3 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των προσπαθειών της ταχύτητας αναπαραγωγής των συμμετεχόντων και οι τυπικές τους αποκλίσεις καθώς και οι μέσοι όροι του απόλυτου λάθους από την ταχύτητα στόχο και οι τυπικές τους αποκλίσεις στις δυο συνθήκες πριν και μετά την επίδραση της κόπωσης, κατά την έκταση και την κάμψη του γόνατος.

Πίνακας 7.3 Οι μέσοι όροι της ταχύτητας αναπαραγωγής και οι μέσοι όροι του απόλυτου λάθους από την ταχύτητα στόχο κατά την έκταση και κάμψη του γόνατος, πριν και μετά την κόπωση

	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος Όρος		Τυπική Απόκλιση
				Statistic	Std. Error	
Μ.Ο. ταχύτητας-πριν-Έκταση	12	14.1	33.3	22.195	1.754	6.078
Μ.Ο. ταχύτητας-πριν-Κάμψη	12	12.4	31.6	21.286	1.649	5.712
Μ.Ο. ταχύτητας-μετά-Έκταση	12	14.3	37.0	23.455	1.641	5.685
Μ.Ο. ταχύτητας-μετά-Κάμψη	12	15.2	34.0	21.874	1.477	5.119
Απόλυτο λάθος Μ.Ο.-πριν-Έκταση	12	0.2	13.3	4.646	1.244	4.311
Απόλυτο λάθος Μ.Ο.-πριν-Κάμψη	12	0.4	11.6	4.499	1.014	3.515

Απόλυτο λάθος Μ.Ο.-μετά-Έκταση	12	0.6	17.0	4.711	1.326	4.597
Απόλυτο λάθος Μ.Ο.-μετά-Κάμψη	12	0.3	14.0	4.004	1.022	3.541

Με βάση δηλαδή τα στοιχεία του δείγματος, οι μέσες τιμές της ταχύτητας αναπαραγωγής πριν και μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου της κόπωσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά τόσο κατά την έκταση όσο και κατά την κάμψη του γόνατος.

Συνεπώς, κατά μέσο όρο, η ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας πριν (Έκταση $M=4.646$, Κάμψη $M=4.499$) και μετά (Έκταση $M=4.711$, Κάμψη $M=4.004$) την εφαρμογή του πρωτοκόλλου της κόπωσης δεν επηρεάστηκε ούτε κατά την έκταση ($p=0.937$), ούτε κατά την κάμψη του γόνατος ($p=0.638$).

8 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η αρθρογραφία σχετικά με την ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας είναι εξαιρετικά περιορισμένη, καθώς και ότι δεν υπάρχει καμία προηγούμενη έρευνα που να έχει μελετήσει την επίδραση της κόπωσης σε αυτήν, η παρούσα ερευνητική μελέτη αποτελεί την πρώτη προσέγγιση στον τρόπο με τον οποίο επιδρά η κόπωση στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας στην άρθρωση του γόνατος. Πιο συγκεκριμένα, η κόπωση ήταν τοπική και στοχευμένη στην μυϊκή ομάδα των οπίσθιων μηριαίων, επομένως προέκυψε η ανάγκη για τη δημιουργία ενός καινούργιου πρωτοκόλλου για την κόπωσή τους και η δοκιμαστική εφαρμογή του για να εντοπιστούν τυχόν αδυναμίες. Υπήρξε μεγάλη δυσκολία κατά την δημιουργία του, καθώς δεν υπάρχει κάτι παρόμοιο και τα περισσότερα πρωτόκολλα κόπωσης αναφέρονται σε γενικευμένη κόπωση, γεγονός που προκαλεί σύγχυση σχετικά με την αιτία πτώσης της ιδιοδεκτικότητας που προκύπτει μετά από αυτήν.

Επιπλέον, δεν έχει δημιουργηθεί πρωτόκολλο κόπωσης οπίσθιων μηριαίων, διότι αποτελούν μύες αντοχής και είναι δύσκολο τόσο να εμφανίσουν κόπωση όσο και να την διατηρήσουν (Petty et al 2022, p. 602). Επομένως, κατά το σχεδιασμό του πρωτοκόλλου έπρεπε να δοκιμαστεί πιλοτικά το νέο πρωτόκολλο και να ελεγχθεί όχι μόνο αν επέρχεται κόπωση στους αναφερόμενους μύες, αλλά και αν αυτή διατηρείται για τουλάχιστον 2 λεπτά, που απαιτούνται για την εκ νέου καταχώρηση του πρωτοκόλλου ταχύτητας. Για να διεκπεραιωθεί αυτό, προστέθηκε στη διαδικασία η χρήση λάστιχου αντίστασης αφού είδαμε ότι διατηρεί τους οπίσθιους μηριαίους κοπωμένους όταν συνεχίζει το γόνατο και κάνει κάμψη υπό αντίσταση. Για το λόγο αυτό, το πρωτόκολλο κόπωσης δοκιμάστηκε πρώτα στους εθελοντές πριν την ένταξή τους στην μελέτη και μόνο όσοι φάνηκε να διατηρούν την κόπωση συμπεριλήφθηκαν σε αυτήν. Επίσης, άτομα που έκαναν κάποιο άθλημα ή δραστηριότητα αποκλείστηκαν από την μελέτη, λόγω της ακόμα μεγαλύτερης αντίστασης των μυών τους στην κόπωση. Βέβαια, αυτό αποτέλεσε περιορισμό της έρευνας, αφού ήταν δύσκολο να συγκεντρωθούν εθελοντές που να πληρούν τα παραπάνω κριτήρια ένταξης και το δείγμα ήταν περιορισμένο. Μελλοντικές έρευνες με μεγαλύτερο δείγμα θα συνέβαλλαν στην ενίσχυση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

Στα αποτελέσματα δεν φαίνεται να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου, που δείχνει ότι το ιδιοδεκτικό σύστημα είναι ακέραιο

και η απώλεια της ιδιοδεκτικής αντίληψης της ταχύτητας μετά από κόπωση των οπίσθιων μηριαίων πιθανόν να καλύπτεται από ιδιοδεκτικές πληροφορίες άλλων μυϊκών ομάδων. Η μυϊκή άτρακτος αποτελεί τον πιο σημαντικό ιδιοδεκτικό υποδοχέα και είναι γνωστό ότι ενεργοποιείται με τη διάταση. Ωστόσο, έχει ήδη αναφερθεί ότι κατά τη βράχυνση του μυός, οι γάμμα κινητικοί νευρώνες, που νευρώνουν τα περιφερικά άκρα της ατράκτου, διατηρούν την τάση στο κέντρο της με αποτέλεσμα την αποστολή κεντρομόλων ιδιοδεκτικών πληροφοριών ακόμα και όταν ο μυς βραχύνεται (Colón et al 2017). Στον έλεγχο της ταχύτητας, οι οπίσθιοι μηριαίοι διατεινόταν αλλά λόγω κόπωσης το ιδιοδεκτικό σήμα πιθανόν να είναι εξασθενημένο. Παρ' όλα αυτά, το έλλειμα αντισταθμίζεται από την ιδιοδεκτική πληροφόρηση του τετρακεφάλου και άλλων περιαρθρικών μυών που δεν είναι κοπωμένοι. Ωστόσο, γνωρίζοντας ότι οι ιδιοδεκτικές εισροές από βραχυμένους μύες είναι μειωμένες, υπάρχει περίπτωση η απόσβεση του λάθους να γίνεται μόνο σε συνθήκες ήπιας κόπωσης, όπως η παρούσα μελέτη, ενώ σε συνθήκες έντονης κόπωσης τα αποτελέσματα να διέφεραν σημαντικά. Αυτό καταδεικνύει την ανάγκη για περισσότερες μελέτες υπό συνθήκες έντονης κόπωσης, ώστε να επιβεβαιωθεί αν η αντιστάθμιση στο ιδιοδεκτικό έλλειμα οφείλεται πραγματικά στην αποστολή ιδιοδεκτικών πληροφοριών από άλλες μυϊκές ομάδες.

9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σαν πρώτη εκτίμηση, το καινούργιο πρωτόκολλο κόπωσης φάνηκε να λειτουργεί και να είναι ικανό να διατηρεί την κόπωση, ακόμα και σε μύες αντοχής. Αν και στα αποτελέσματα δεν καταγράφηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά, η δημιουργία του πρωτοκόλλου αποτελούσε τον σημαντικότερο στόχο της μελέτης και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά σε νέες έρευνες, όπου το δείγμα θα είναι μεγαλύτερο και η κόπωση πιο έντονη. Με αυτό τον τρόπο, θα ενισχυθεί η αξιοπιστία και η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων και θα υπάρχουν πιο σφαιρικά συμπεράσματα γύρω από την επίδραση της κόπωσης των οπίσθιων μηριαίων στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας κίνησης του γόνατος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ager, A. L., Borms, D., Bernaert, M., Brusselle, V., Claessens, M., Roy, J. S., & Cools, A. (2020). Can a Conservative Rehabilitation Strategy Improve Shoulder Proprioception? A Systematic Review. *Journal of sport rehabilitation*, 30(1), 136–151.
- Ager, A. L., Borms, D., Deschepper, L., Dhooghe, R., Dijkhuis, J., Roy, J. S., & Cools, A. (2020). Proprioception: How is it affected by shoulder pain? A systematic review. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, 33(4), 507–516.
- Ager, A. L., Roy, J. S., Roos, M., Belley, A. F., Cools, A., & Hébert, L. J. (2017). Shoulder proprioception: How is it measured and is it reliable? A systematic review. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, 30(2), 221–231.
- Al-Chalabi, M., Reddy, V., & Alsalman, I. (2023). Neuroanatomy, Posterior Column (Dorsal Column). In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Bagaianu, D., Van Tiggelen, D., Duvigneaud, N., Stevens, V., Schroyen, D., Vissenaeken, D., D'Hondt, G., & Pitance, L. (2017). Cervical Joint Position Sense in Hypobaric Conditions: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Military medicine*, 182(9), e1969–e1975.
- Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S., Brooks, H. L. (2011). *Ganong's: Ιατρική Φυσιολογία*. 2nd ed. Nicosia: Broken Hill Republic Ltd.
- Barry, B. K., & Enoka, R. M. (2007). The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Integrative and comparative biology*, 47(4), 465–473.
- Blecher, R., Heinemann-Yerushalmi, L., Assaraf, E., Konstantin, N., Chapman, J. R., Cope, T. C., Bewick, G. S., Banks, R. W., & Zelzer, E. (2018). New functions for the proprioceptive system in skeletal biology. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 373(1759), 20170327.
- Blumer, R., Carrero-Rojas, G., Calvo, P. M., Streicher, J., de la Cruz, R. R., & Pastor, A. M. (2024). Proprioceptors in extraocular muscles. *Experimental physiology*, 109(1), 17–26.
- Bornstein, B., Heinemann-Yerushalmi, L., Krief, S., Adler, R., Dassa, B., Leshkowitz, D., Kim, M., Bewick, G., Banks, R. W., & Zelzer, E. (2023). Molecular characterization of the intact mouse muscle spindle using a multi-omics approach. *eLife*, 12, e81843.
- Bottoni, G., Heinrich, D., Kofler, P., Hasler, M., & Nachbauer, W. (2015). The Effect of Uphill and Downhill Walking on Joint-Position Sense: A Study on Healthy Knees. *Journal of sport rehabilitation*, 24(4), 349–352.
- Bragonzoni, L., Rovini, E., Barone, G., Cavallo, F., Zaffagnini, S., & Benedetti, M. G. (2019). How proprioception changes before and after total knee arthroplasty: A systematic review. *Gait & posture*, 72, 1–11.

- Brambilla, C., Russo, M., d'Avella, A., & Scano, A. (2023). Phasic and tonic muscle synergies are different in number, structure and sparseness. *Human movement science*, 92, 103148.
- Cobo, R., García-Mesa, Y., Cárcaba, L., Martín-Cruces, J., Feito, J., García-Suárez, O., Cobo, J., García-Piqueras, J., & Vega, J. A. (2021). Verification and characterisation of human digital Ruffini's sensory corpuscles. *Journal of anatomy*, 238(1), 13–19.
- Colón, A., Guo, X., Akanda, N., Cai, Y., & Hickman, J. J. (2017). Functional analysis of human intrafusal fiber innervation by human γ -motoneurons. *Scientific reports*, 7(1), 17202.
- Delhay, B. P., Long, K. H., & Bensmaia, S. J. (2018). Neural Basis of Touch and Proprioception in Primate Cortex. *Comprehensive Physiology*, 8(4), 1575–1602.
- Deshpande, N., Connelly, D. M., Culham, E. G., & Costigan, P. A. (2003). Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(6), 883–889.
- Djupsjöbacka, M., & Domkin, D. (2005). Correlation analysis of proprioceptive acuity in ipsilateral position-matching and velocity-discrimination. *Somatosensory & motor research*, 22(1-2), 85–93.
- Drouin, J. M., Arnold, B. L., & Gansneder, B. M. (2003). Active knee joint velocity replication measures are stable and accurate in healthy individuals. *Somatosensory & motor research*, 20(3-4), 281–287.
- Enander, J. M. D., Jones, A. M., Kirkland, M., Hurless, J., Jörntell, H., & Loeb, G. E. (2022). A model for self-organization of sensorimotor function: the spinal monosynaptic loop. *Journal of neurophysiology*, 127(6), 1460–1477.
- Ferlinc, A., Fabiani, E., Velnar, T., & Gradisnik, L. (2019). The Importance and Role of Proprioception in the Elderly: a Short Review. *Materia socio-medica*, 31(3), 219–221.
- Forman, G. N., Sonne, M. W., Kociolek, A. M., Gabriel, D. A., & Holmes, M. W. R. (2022). Influence of muscle fatigue on motor task performance of the hand and wrist: A systematic review. *Human movement science*, 81, 102912.
- Ghamkhar, L., & Kahlaee, A. H. (2019). The effect of trunk muscle fatigue on postural control of upright stance: A systematic review. *Gait & posture*, 72, 167–174.
- Givoni, N. J., Pham, T., Allen, T. J., & Proske, U. (2007). The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee. *The Journal of physiology*, 584(Pt 1), 111–119.
- Gönen, T., Yakut, Y., & Akbayram, S. (2022). The effects of close kinetic chain exercises on proprioception and physical activity level in pediatric patients with hemophilia. *Haemophilia : the official journal of the World Federation of Hemophilia*, 28(6), e189–e198.
- Henry, M., & Baudry, S. (2019). Age-related changes in leg proprioception: implications for postural control. *Journal of neurophysiology*, 122(2), 525–538.

Hiemstra, L. A., Lo, I. K., & Fowler, P. J. (2001). Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 31(10), 598–605.

Hillier, S., Immink, M., & Thewlis, D. (2015). Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities. *Neurorehabilitation and neural repair*, 29(10), 933–949.

Horváth, Á., Ferentzi, E., Schwartz, K., Jacobs, N., Meyns, P., & Köteles, F. (2023). The measurement of proprioceptive accuracy: A systematic literature review. *Journal of sport and health science*, 12(2), 219–225.

Iheanacho, F., & Vellipuram, A. R. (2023). Physiology, Mechanoreceptors. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Jerosch, J., Brinkmann, T., & Schneppenheim, M. (2003). The angle velocity reproduction test (AVRT) as sensorimotor function of the glenohumeral complex. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 123(4), 151–157.

Keyser R. E. (2010). Peripheral fatigue: high-energy phosphates and hydrogen ions. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 2(5), 347–358.

Kisner, C., Colby, L. A., Borstad, J. (2019). Θεραπευτικές Ασκήσεις: Βασικές Αρχές και Τεχνικές. Αθήνα: Κωνσταντάρας Ιατρικές Εκδόσεις

Kröger, S., & Watkins, B. (2021). Muscle spindle function in healthy and diseased muscle. *Skeletal muscle*, 11(1), 3.

Laurin, J., Pertici, V., Dousset, E., Marqueste, T., & Decherchi, P. (2015). Group III and IV muscle afferents: role on central motor drive and clinical implications. *Neuroscience*, 290, 543–551.

Lönn, J., Djupsjöbacka, M., & Johansson, H. (2001). Replication and discrimination of limb movement velocity. *Somatosensory & motor research*, 18(1), 76–82.

Maas, H., Noort, W., Smilde, H. A., Vincent, J. A., Nardelli, P., & Cope, T. C. (2022). Detection of epimuscular myofascial forces by Golgi tendon organs. *Experimental brain research*, 240(1), 147–158.

Mulroney, S. E. & Myers, A. K. (2010). *Βασικές Αρχές Φυσιολογίας του Ανθρώπου*. Nicosia: Broken Hill Publishers Ltb.

Nagai, T., Schilaty, N. D., Strauss, J. D., Crowley, E. M., & Hewett, T. E. (2018). Analysis of Lower Extremity Proprioception for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention: Current Opinion. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(6), 1303–1309.

Nichols-Larsen, D. S., Kegelmeyer, D. A., Buford, J. A., Kloos, A. D., Heathcock, J. C., Basso D. M. (2017). *Νευρολογική Αποκατάσταση: Νευροεπιστήμη και Νευροπλαστικότητα στην Εφαρμοσμένη Φυσικοθεραπεία*. Αθήνα: Κωνσταντάρας Ιατρικές Εκδόσεις.

Oliver, K. M., Florez-Paz, D. M., Badea, T. C., Mentis, G. Z., Menon, V., & de Nooij, J. C. (2021). Molecular correlates of muscle spindle and Golgi tendon organ afferents. *Nature communications*, 12(1), 1451.

Otsuka, S., Papadopoulos, K., Bampouras, T. M., & Maestroni, L. (2022). What is the effect of ankle disk training and taping on proprioception deficit after lateral ankle sprains among active populations? - A systematic review. *Journal of bodywork and movement therapies*, 31, 62–71.

Papa, E. V., Garg, H., & Dibble, L. E. (2015). Acute effects of muscle fatigue on anticipatory and reactive postural control in older individuals: a systematic review of the evidence. *Journal of geriatric physical therapy* (2001), 38(1), 40–48.

Petty, N. J., Barnard, K., Ryder, D. (2022). *Μυοσκελετικό Σύστημα: Κλινική Εξέταση Αξιολόγηση Θεραπεία Διαχείριση*. Nicosia: Broken Hill Publishers Ltd.

Ribeiro, F., Venâncio, J., Quintas, P., & Oliveira, J. (2011). The effect of fatigue on knee position sense is not dependent upon the muscle group fatigued. *Muscle & nerve*, 44(2), 217–220.

Romero-Franco, N., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Effects of Warm-Up and Fatigue on Knee Joint Position Sense and Jump Performance. *Journal of motor behavior*, 49(2), 117–122.

Sadeghi, H., Hakim, M. N., Hamid, T. A., Amri, S. B., Razeghi, M., Farazdaghi, M., & Shakoore, E. (2017). The effect of exergaming on knee proprioception in older men: A randomized controlled trial. *Archives of gerontology and geriatrics*, 69, 144–150.

Sakai, Y., Watanabe, T., Wakao, N., Matsui, H., Osada, N., Sugiura, T., Morita, Y., Kawai, K., Ito, T., & Yamazaki, K. (2022). Proprioception and Geriatric Low Back Pain. *Spine surgery and related research*, 6(5), 422–432.

Salamanna, F., Caravelli, S., Marchese, L., Carniato, M., Vocale, E., Gardini, G., Puccetti, G., Mosca, M., & Giavaresi, G. (2023). Proprioception and Mechanoreceptors in Osteoarthritis: A Systematic Literature Review. *Journal of clinical medicine*, 12(20), 6623.

Salgado, E., Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2015). Joint-position sense is altered by football pre-participation warm-up exercise and match induced fatigue. *The Knee*, 22(3), 243–248.

Salimi-Nezhad, N., Amiri, M., Falotico, E., & Laschi, C. (2018). A Digital Hardware Realization for Spiking Model of Cutaneous Mechanoreceptor. *Frontiers in neuroscience*, 12, 322.

Sayyadi, P., Minoonejad, H., Seidi, F., Shikhhoseini, R., & Arghadeh, R. (2024). The effectiveness of fatigue on repositioning sense of lower extremities: systematic review and meta-analysis. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 16(1), 35.

Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2012). *Κινητικός Έλεγχος: Από την Έρευνα στην Κλινική Πράξη*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης.

Soltys, J. S., & Wilson, S. E. (2008). Directional sensitivity of velocity sense in the lumbar spine. *Journal of applied biomechanics*, 24(3), 244–251.

Takasaki, H., Lim, E. C., & Soon, B. (2016). The effect of shoulder muscle fatigue on active repositioning acuity and scapulothoracic resting alignment: A systematic review with meta-analysis. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 20, 61–78.

Van Cutsem, J., Van Schuerbeek, P., Pattyn, N., Raeymaekers, H., De Mey, J., Meeusen, R., & Roelands, B. (2022). A drop in cognitive performance, whodunit? Subjective mental fatigue, brain deactivation or increased parasympathetic activity? It's complicated!. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 155, 30–45.

Vander, J. A., Sherman, J., Luciano, D., Τσακόπουλος, Μ., (2011). *Φυσιολογία του Ανθρώπου: Μηχανισμοί της Λειτουργίας του Οργανισμού*. 8^η έκδοση. Nicosia: Broken Hill Publishers Ltb.

Verschueren, S. M., Brumagne, S., Swinnen, S. P., & Cordo, P. J. (2002). The effect of aging on dynamic position sense at the ankle. *Behavioural brain research*, 136(2), 593–603.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1 - Έντυπο έγκρισης Εσωτερικής Επιτροπής Δεοντολογίας



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
3^ο χλμ ΠΕΟ Λαμίας-Αθηνών, Λαμία 35132
Τηλ.: 2231060176-177, email: g-physio@uth.gr

Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

Λαμία 15-5-23

Αριθμ. Πρωτ.: 573

Αίτηση Εξέτασης της πρότασης για διεξαγωγή Έρευνας με τίτλο:

Δοκιμαστική Εφαρμογή του πρωτοκόλλου και πιλοτική διερεύνηση της επίδρασης της κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας της άρθρωσης

Επιστημονικώς υπεύθυνος – επιβλέπων: Κελλάρη Ανθή

Ιδιότητα: Συνεργάτης –Ακ. Υπότροφος

Τμήμα: Φυσικοθεραπείας

Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Κύρια ερευνήτρια - φοιτητής/τρια: Τσουτζίδου Ελένη

Πρόγραμμα Σπουδών:

Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα: Φυσικοθεραπείας

Η προτεινόμενη έρευνα αποτελεί: (βάλτε το γράμμα X δίπλα από το είδος της έρευνας)

Ερευνητικό πρόγραμμα ☐ Διπλωματική εργασία ☒ Μεταπτυχιακή έρευνα ☐

Διδακτορική Έρευνα ☐ Ανεξάρτητη έρευνα ☐

Τηλ. επικοινωνίας:

E-mail επικοινωνίας:

Η Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μετά την συνεδρίασή της, στις 11-5-2023 **εγκρίνει** τη διεξαγωγή της προτεινόμενης έρευνας.

Ο Πρόεδρος της Εσωτερικής
Επιτροπής Δεοντολογίας
του Τμήματος Φυσικοθεραπείας

Ιωάννης Πουλής
Αναπλ. Καθηγητής

Παράρτημα 2 – Έντυπο Ενημέρωσης Υποψήφιου Εθελοντή



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
3^ο χλμ ΠΕΟ Λαμίας-Αθηνών, Λαμία 35132
Τηλ.: 2231060176-177, email: g-physio@uth.gr

Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

Έντυπο Ενημέρωσης Υποψήφιου Εθελοντή

Τίτλος της ερευνητικής εργασίας:

Δοκιμαστική εφαρμογή του πρωτοκόλλου και πιλοτική διερεύνηση της επίδρασης της κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας της άρθρωσης.

Παράγραφος πρόσκλησης του ατόμου στην έρευνα:

Σας καλούμε να λάβετε μέρος στην έρευνα που διεξάγει το τμήμα Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας. Διαβάστε τις παρακάτω πληροφορίες σχετικά με τον σκοπό της μελέτης πριν αποφασίσετε αν θέλετε να λάβετε μέρος. Δεν είναι απαραίτητο να απαντήσετε αμέσως, αν επιθυμείτε μπορείτε να συζητήσετε και με άλλους και κατόπιν απαντήστε για τη συμμετοχή σας. Αν οτιδήποτε δεν είναι ξεκάθαρο μπορείτε να ρωτήσετε για να σας δοθούν περισσότερες πληροφορίες.

Ποιος είναι ο σκοπός της μελέτης/έρευνας;

Οι άνθρωποι, έχουμε την ικανότητα να αντιλαμβανόμαστε την θέση των μελών μας στο χώρο κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων χωρίς να κοιτάμε, είτε κατά τη διάρκεια μιας αθλητικής δραστηριότητας όπως το τρέξιμο είτε κατά την καθιστή θέση. Επίσης, μπορούμε να αντιλαμβανόμαστε και την ταχύτητα με την οποία αυτά κινούνται χωρίς να χρειάζεται να το σκεφτούμε. Η ιδιοδεκτικότητα είναι εξαιρετικά σημαντική στο κινητικό έλεγχο, τόσο στον πρόδρομο όσο και στον ανάδρομο, και υπάρχουν διάφοροι τρόποι αξιολόγησης όπως η ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης, της δύναμης και της ταχύτητας, μεταξύ άλλων. Σε αντίθεση με την αίσθηση της θέσης, η αίσθηση της ταχύτητας είναι ένα πεδίο ανεξερευνητό. Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας μπορεί να επηρεαστεί από την κόπωση.

Γιατί επιλέχθηκε;

Στην έρευνα μπορεί να συμμετάσχει οποιοσδήποτε υγιής ενήλικας, χωρίς παθολογία στην άρθρωση του δεξιού γόνατος.

Είναι υποχρεωτικό να λάβω μέρος;

Δεν έχετε σε καμία περίπτωση υποχρέωση να λάβετε μέρος στην έρευνα. Είναι δική σας απόφαση αν θα λάβετε μέρος ή όχι. Σε περίπτωση που αποφασίσετε να λάβετε μέρος θα σας δοθεί ένα έντυπο που ονομάζεται *Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση* για να το υπογράψετε. Έχετε το δικαίωμα να

1 από 7

αποχωρήσετε από την μελέτη ακόμα και μετά την υπογραφή σας χωρίς να υποχρεούστε να δώσετε καμία εξήγηση και χωρίς αυτό να σας επηρεάσει με τον οποιοδήποτε τρόπο.

Τι θα γίνει από τη στιγμή που θα αποφασίσω να λάβω μέρος στην μελέτη/έρευνα;

Εφόσον αποφασίσετε να λάβετε μέρος στην έρευνα θα πληροφορηθείτε σχετικά με την διαδικασία των μετρήσεων από τους υπεύθυνους ερευνητές. Είναι απαραίτητο για την διεξαγωγή των μετρήσεων η άρθρωση του γόνατος να είναι ελεύθερη να κινηθεί χωρίς περιορισμούς γι αυτό θα σας ζητηθεί να έχετε ένα σορτσάκι. Η θέση στο ισοκινητικό δυναμόμετρο θα τροποποιηθεί κατάλληλα με βάση το σωματότυπο σας, ενώ παράλληλα θα σταθεροποιηθεί με ειδικούς ιμάντες πάνω από τον αστράγαλο, τον μηρό κι τον κορμό. Στη συνέχεια, θα γίνει επίδειξη μιας συγκεκριμένης ταχύτητας από το ισοκινητικό δυναμόμετρο την οποία θα κληθείτε αργότερα να αναπαράγεται φορώντας μάσκα για να αποτραπεί η αίσθηση της όρασης. Κατόπιν, θα πραγματοποιηθεί κόπωση των εκτεινόντων μυών του γόνατος. Ειδικότερα, θα πρέπει να βάλετε την μέγιστη δύναμη σας για κάποιες επαναλήψεις πραγματοποιώντας έκταση του γόνατος (τέντωμα γόνατος) έως ότου επέλθει η κόπωση. Πριν από αυτό θα προηγηθεί προθέρμανση το οποίο επιπλέον θα σας βοηθήσει να εξοικειωθείτε με την κίνηση. Τέλος, επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, δηλαδή αναπαραγωγή της ταχύτητας που αντιληφθήκατε έπειτα από επίδειξη. Η διαδικασία αυτή διαρκεί περίπου 15 λεπτά.

Τι περιορισμοί υπάρχουν;

Οι εθελοντές θα πρέπει να είναι υγιείς χωρίς συμπτώματα (όπως πόνος) ή προηγούμενο χειρουργείο ή οποιαδήποτε παθολογία στην άρθρωση του δεξιού γόνατος.

Υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις;

Δεν τίθεται θέμα εναλλακτικών λύσεων μιας και δεν θα αξιολογηθεί κάποια θεραπευτική παρέμβαση.

Υπάρχουν παρενέργειες;

Δεν υπάρχουν παρενέργειες από τη συμμετοχή σας στην έρευνα πέρα από την παροδική κόπωση που προαναφέρθηκε.

Πιθανοί κίνδυνοι ή μειονεκτήματα:

Δεν ενέχουν κίνδυνοι ή μειονεκτήματα. Κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας θα έχετε δίπλα σας τους ερευνητές και μπορείτε να διακόψετε οποτεδήποτε χωρίς καμία δικαιολογία ή επίπτωση. Το μοναδικό μειονέκτημα που θα μπορούσε να επισημανθεί είναι η παροδική κόπωση.

Ποιο είναι το όφελος του εθελοντή-ασθενή;

Δεν υπάρχει κάποιο άμεσο όφελος από τη συμμετοχή σας στην έρευνα. Ωστόσο, η συμβολή σας θα βοηθήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων που ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν από μια άλλη έρευνα προς όφελος μελλοντικών ασθενών.

Νέες πληροφορίες έρχονται στο φως από την έρευνα:

Μερικές φορές κατά τη διάρκεια μιας έρευνας νέες πληροφορίες έρχονται στο φως που μπορεί να αλλάξουν τα δεδομένα αυτής. Σε περίπτωση που αυτό συμβεί, ο ερευνητής θα σας ενημερώσει και θα ξανασυζητήσει την συμμετοχή σας στην μελέτη σε περίπτωση που τα νέα δεδομένα σας

αλλάξουν την γνώμη σχετικά με την συμμετοχή σας. Αν συνεχίσετε να επιθυμείτε να συμμετέχετε ένα νέο Έντυπο Ενημέρωσης Υποψήφιου Εθελοντή που περιλαμβάνει τα νέα δεδομένα θα σας δοθεί για να το υπογράψετε. Υπάρχει περίπτωση ο ερευνητής να θεωρήσει ότι η βάση των νέων δεδομένων δεν είναι προς το συμφέρον σας να συνεχίσετε να συμμετέχετε. Σε κάθε περίπτωση θα σας δοθούν πλήρεις πληροφορίες.

Τι γίνεται όταν τελειώσει η έρευνα;

Τα αποτελέσματα της μελέτης θα αναλυθούν και ενδέχεται να δημοσιευθούν σε άρθρο σε σχετικό επιστημονικό περιοδικό.

Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα δεν είναι τα αναμενόμενα ή που κάτι θα πάει λάθος:

Σε περίπτωση που έχετε παράπονα σχετικά με την συμπεριφορά του προσωπικού ή με τα αποτελέσματα της μελέτης ή για οποιονδήποτε άλλο λόγο μπορείτε να επικοινωνήσετε με την υπεύθυνη εισηγήτρια της έρευνας κα Κελλάρη Α. Ανθή, Υποψήφια Διδάκτωρ στο τηλέφωνο: 2231060234 ή 6988152585.

Θα γίνει γνωστή η συμμετοχή μου στην έρευνα ή θα παραμείνει απόρρητη;

Αν συναινέσετε και λάβετε μέρος στην έρευνα, τα προσωπικά σας δεδομένα θα είναι γνωστά μόνο στην ερευνητική ομάδα. Τα προσωπικά σας στοιχεία θα είναι αποθηκευμένα σε φάκελο στον προσωπικό υπολογιστή του υπεύθυνου της έρευνας. Με την συμμετοχή σας στη μελέτη, ένας αριθμός θα αντιστοιχεί στο όνομα μας προκειμένου να διατηρηθεί η ανωνυμία σας καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας (συλλογή και ανάλυση των αποτελεσμάτων).

Τι θα γίνει με τα αποτελέσματα της μελέτης/έρευνας;

Τα αποτελέσματα της έρευνας σε πρώτο χρόνο θα περιλαμβάνονται στην πτυχιακή εργασία η οποία θα κατατεθεί στη βιβλιοθήκη του τμήματος Φυσικοθεραπείας, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στο μέλλον ενδέχεται να δημοσιευθούν τα αποτελέσματα της σε σχετικό επιστημονικό περιοδικό.

Περισσότερες πληροφορίες;

Για περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να απευθυνθείτε στα μέλη της ερευνητικής ομάδας:

- Τσουτζίδου Ελένη, Προπτυχιακή Φοιτήτρια Φυσικοθεραπείας
Τηλ:
email:

Υπεύθυνη Εισηγήτρια της έρευνας:

- Κελλάρη Ανθή, Υποψήφια Διδάκτωρ
Τηλ:
email:

Αφαίρεση προσωπικών δεδομένων (Υπηρεσία Βιβλιοθήκης & Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

Σας ευχαριστούμε που θα λάβατε μέρος στην έρευνά μας, μπορείτε να κρατήσετε το παρόν αντίγραφο καθώς και ένα υπογεγραμμένο αντίγραφο του εντύπου Συναινέσης μετά από Πληροφόρησης.

Ημερομηνία Παράδοσης:.....

•

Πολιτική Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων - GDPR

Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας αποδίδει μεγάλη σημασία στην σύννομη και ασφαλή επεξεργασία των προσωπικών σας δεδομένων, η οποία διενεργείται με σεβασμό προς τις βασικές αρχές προστασίας προσωπικών δεδομένων, σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Προσωπικών Δεδομένων (ΕΕ) 2016/679 και τον Ν. 4624/2019, ήτοι της νομιμότητας, αντικειμενικότητας και διαφάνειας της επεξεργασίας, του περιορισμού του σκοπού της επεξεργασίας, της ελαχιστοποίησης των δεδομένων, της ακρίβειας αυτών, του περιορισμού της περιόδου αποθήκευσης, της ακεραιότητας και εμπιστευτικότητας και, τέλος, της λογοδοσίας.

Υπεύθυνος επεξεργασίας:

Το Πανεπιστήμιο είναι Υπεύθυνος Επεξεργασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα που υπόκεινται σε επεξεργασία κατά τη συμμετοχή σας στην έρευνα και παραμένει στη διάθεσή σας για οποιαδήποτε διευκρίνιση. Η διεύθυνση του Πανεπιστημίου είναι Αργοναυτών & Φιλελλήνων, Βόλος, Τ.Κ. 382 21, τηλ. επικ: 30 2421074000, ενώ μπορείτε να επικοινωνείτε και με τον Υπεύθυνο Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων του Πανεπιστημίου στην ηλεκτρονική διεύθυνση: dpo@uth.gr

Τι είδους προσωπικά δεδομένα επεξεργαζόμαστε και για ποιους σκοπούς:

Προβαίνουμε στην συλλογή και επεξεργασία δεδομένων που είναι απολύτως απαραίτητα για τους σκοπούς της έρευνας.

Νομική βάση της επεξεργασίας:

Ως προς τα προσωπικά δεδομένα που επεξεργάζεται το Πανεπιστήμιο στα πλαίσια του σκοπού της έρευνας, η νομική βάση της επεξεργασίας τους είναι πως η επεξεργασία είναι απαραίτητη για την εκπλήρωση καθήκοντος που εκτελείται προς το δημόσιο συμφέρον ή την άσκηση δημόσιας εξουσίας που έχει ανατεθεί στο Πανεπιστήμιο. Ως προς τα δεδομένα ειδικών κατηγοριών η νομική βάση της επεξεργασίας των εν λόγω δεδομένων είναι πως η επεξεργασία τους είναι απαραίτητη για την εκπλήρωση του σκοπού της επιστημονικής έρευνας ή για στατιστικούς σκοπούς αλλά και του σκοπού της αρχειοθέτησης προς το δημόσιο συμφέρον που επιδιώκει το Πανεπιστήμιο.

Η Ασφάλεια των δεδομένων σας:

Δεσμευόμαστε ότι έχουμε λάβει κατάλληλα οργανωτικά και τεχνικά μέτρα για την ασφάλεια και την προστασία των δεδομένων σας από κάθε μορφής τυχαία ή αθέμιτη επεξεργασία. Σημειώνεται ότι το ειδικά εξουσιοδοτημένο προσωπικό μας, το οποίο επεξεργάζεται τα προσωπικά σας δεδομένα, έχει λάβει την κατάλληλη εκπαίδευση, καθοδήγηση και ενημέρωση.

Ποιοι έχουν πρόσβαση στα προσωπικά σας δεδομένα:

Πρόσβαση στα προσωπικά σας δεδομένα έχει το απολύτως απαραίτητο ερευνητικό προσωπικό του Πανεπιστημίου, το οποίο έχει δεσμευτεί με τήρηση της εχεμύθειας, της εμπιστευτικότητας και του απορρήτου. Πρόσβαση στα προσωπικά σας δεδομένα έχουν και τα συνεργαζόμενα με το Πανεπιστήμιο φυσικά ή νομικά πρόσωπα, τα οποία επεξεργάζονται τα δεδομένα σας ως Εκτελούντες την Επεξεργασία υπό τις ρητές εντολές του Πανεπιστημίου και υπό την εγγύηση λήψης όλων των κατάλληλων τεχνικών και οργανωτικών μέτρων για την προστασία των δεδομένων σας.

Η περίοδος αποθήκευσης των προσωπικών σας δεδομένων:

Τα προσωπικά σας δεδομένα διατηρούνται μόνο για το εύλογο χρονικό διάστημα που απαιτείται από τη φύση της επεξεργασίας των δεδομένων και μόνο για όσο απαιτείται προς επίτευξη του σκοπού αυτής, εκτός αν υφίσταται αντίθετη έννομη υποχρέωση προς περαιτέρω τήρησή τους.

Ως υποκείμενο των δεδομένων έχετε τα ακόλουθα δικαιώματα:

- Δικαίωμα πρόσβασης στα προσωπικά σας δεδομένα
- Δικαίωμα διόρθωσης ανακριβών δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα
- Δικαίωμα διαγραφής/ δικαίωμα στη λήθη
- Δικαίωμα φορητότητας των Δεδομένων σας
- Δικαίωμα περιορισμού της επεξεργασίας
- Δικαίωμα εναντίωσης στην επεξεργασία των δεδομένων σας

Πώς μπορείτε να ασκήσετε τα δικαιώματά σας:

Για να ελέγξετε ότι η έρευνά σας συμμορφώνεται με τις αρχές της Ηθικής, επισκεφθείτε τους ακόλουθους ιστότοπους αναφορικά στα παγκόσμια διεθνή πρότυπα:

Declaration of Helsinki of the World Medical Association (2013) and the Council for International Organizations of Medical Sciences' (CIOMS) International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects published in collaboration with the World Health Organization (2106). CIOMS and International Council for Laboratory Animal Science (2012) International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals.

Εάν επιθυμείτε να λάβετε περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την επεξεργασία των προσωπικών σας δεδομένων ή να ασκήσετε οποιοδήποτε εκ των ανωτέρω δικαιωμάτων, μπορείτε να επικοινωνήσετε με τον Υπεύθυνο Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων του Πανεπιστημίου στην ηλεκτρονική διεύθυνση: dpo@uth.gr Στην περίπτωση που: α) θεωρείτε πως δεν ικανοποιήθηκε επαρκώς και νομίμως κάποιο αίτημά σας ή β) θεωρείτε πως το δικαίωμα στην προστασία των προσωπικών σας δεδομένων προσβάλλεται από κάποια επεξεργασία που πραγματοποιούμε, έχετε δικαίωμα να υποβάλλετε καταγγελία στην Αρχή Προστασίας Δεδομένων Προσωπικού Χαρακτήρα (ταχυδρομική δ/ση Κηφισίας 1-3, Τ.Κ. 115 23, Αθήνα, τηλ. 210 6475600, <https://www.dpa.gr/>, δ/ση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου contact@dpa.gr).

Παράρτημα 3 – Έντυπο Συναίνεσης μετά από Πληροφόρηση

Πληροφορίες για το “Έντυπο Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση”

Τι είναι αυτό το έντυπο;

Τεκμηριώνει την συγκατάθεση του υποψήφιου συμμετέχοντα στη χρησιμοποίησή του για μια συγκεκριμένη έρευνα. Σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί έγγραφο παραίτησης από τα νόμιμα δικαιώματά του. Οι συμμετέχοντες μπορούν πάντα να αλλάξουν γνώμη ακόμα και μετά από την υπογραφή του εντύπου. Το έντυπο υπενθυμίζει το είδος των πληροφοριών που πρέπει να έχει ο συμμετέχοντας και σε καμία περίπτωση δεν αντικαθιστά την συζήτηση που πρέπει να έχει ο συμμετέχοντας με τον ερευνητή.

Πότε δεν πρέπει να χρησιμοποιείται το έντυπο;

Ένας συμμετέχοντας δεν έχει την δυνατότητα να συναινέσει στην έρευνα όταν αδυνατεί να κατανοήσει σημαντικές πληροφορίες που του δίνονται ή αδυνατεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να αποφασίσει. Για να αποφασιστεί ότι ο συμμετέχοντας είναι ακατάλληλος για να συναινέσει, ένας ειδικευμένος γιατρός πρέπει να μας βοηθήσει συναποφασίζοντας. Οι συγγενείς δεν μπορούν να υπογράψουν αντί του συμμετέχοντα.

Τι πληροφορίες πρέπει να δίνονται στον εθελοντή (ασθενή);

Πάντα πρέπει να είμαστε ειλικρινείς με τους συμμετέχοντες. Οι πληροφορίες που πρέπει να δίνονται περιλαμβάνουν τα πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, πιθανούς κινδύνους, επιπλοκές, αλλά και εναλλακτικές θεραπείες σε περίπτωση που είναι ασθενείς. Το πόσες πληροφορίες χρειάζεται να δώσουμε στον συμμετέχοντα είναι δύσκολο να αποφασιστεί. Προσπαθούμε να γνωρίζουμε τους σημαντικούς κινδύνους οι οποίοι θα επηρέαζαν έναν λογικό ασθενή και όχι όλες τις τυχόν συνέπειες που θα μπορούσε να έχει.

Αν ο συμμετέχοντας έχει κάποιες ιδιαίτερες ανησυχίες για κάτι συγκεκριμένο πρέπει να απαντήσουμε όσο λεπτομερέστερα και όσο ειλικρινέστερα μπορούμε. Κάποιοι συμμετέχοντες μας κάνουν ξεκάθαρο ότι θέλουν να αποφασίσουμε εμείς για αυτούς. Σε αυτή την περίπτωση προσπαθούμε να δώσουμε στον συμμετέχοντα τουλάχιστον κάποιες βασικές πληροφορίες.

Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση

Ημερομηνία: ____/____/____

Ονοματεπώνυμο εθελοντή (ασθενή): _____

Αριθμός αναγνώρισης ασθενούς στην παρούσα έρευνα (#ID):

Ημερομηνία γέννησης: ____/____/____

Προϊστάμενος ερευνητής - εισηγητής: Κελλάρη Ανθή

Φοιτητής/ερευνητής: Τσουτζίδου Ελένη

Υπεύθυνος γιατρός: _____

Άρρεν ☐ Θήλυ ☐

Ιδιαιτερότητες εθελοντή (ασθενή):

Άλλες πληροφορίες:

Το παρόν περιέχει εμπιστευτικές πληροφορίες και φυλάσσεται στο αρχείο του φοιτητή.

2 από 5

Δήλωση και υποχρεώσεις του υπεύθυνου φοιτητή - ερευνητή:

Έχω εξηγήσει τη διαδικασία της έρευνας στον συμμετέχοντα (ασθενή). Έχω πληροφορήσει τον συμμετέχοντα για τα πλεονεκτήματα από την έρευνα έχοντας καταστήσει σαφές αν είναι πλεονεκτήματα προς την ανθρωπότητα ή προς το ίδιο τον συμμετέχοντα. Έχω καταστήσει σαφές ποιοι μπορεί να είναι οι κίνδυνοι συμμετέχοντας σε αυτή την έρευνα. Έχω καταστήσει σαφές τι περιλαμβάνει το πείραμα, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα εναλλακτικών λύσεων που μπορεί να έχει ο συμμετέχων, και έχω απαντήσει σε απορίες του.

Σε περίπτωση που ο συμμετέχοντας θέλει περαιτέρω πληροφορίες πριν ή και μετά τη διεξαγωγή του πειράματος μπορεί να επικοινωνήσει στο τηλέφωνο: 6988152585

Εξήγησα στον συμμετέχοντα όσο καλύτερα μπορούσα τις λεπτομέρειες και τις συνέπειες του πειράματος με τρόπο απλό ώστε να μπορεί να κατανοήσει τα λεγόμενά μου.

Υπογραφή φοιτητή/ερευνητή:

Ημερομηνία: ____/____/____

Το παρόν δόθηκε στον συμμετέχοντα; ☐ Ναι ☐ Όχι

3 από 5

Δήλωση του συμμετέχοντα:

Παρακαλώ να διαβάσετε το παρόν προσεκτικά. Κανονικά πρέπει να έχετε ήδη στα χέρια σας ένα αντίγραφο του *Έντυπου Ενημέρωσης Εθελοντή* που περιγράφει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της έρευνας/μελέτης στην οποία συμμετέχετε. Αν όχι, ο ερευνητής θα σας δώσει ένα αντίγραφο τώρα.

Τίτλος της ερευνητικής εργασίας:

Δοκιμαστική εφαρμογή και πιλοτική διερεύνηση της επίδρασης της κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας της άρθρωσης

Μικρή επεξήγηση της ερευνητικής εργασίας:

Σε ένα δείγμα εθελοντών θα διερευνηθεί η επίδραση της κόπωσης στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας στην άρθρωση του γόνατος. Το ισοκινητικό δυναμόμετρο θα σας κινεί αρχικά παθητικά το πόδι με κάποια ταχύτητα και ύστερα θα σας ζητηθεί να την αναπαράγετε. Σε όλη τη διάρκεια του πρωτοκόλλου θα έχετε τα μάτια σας κλειστά. Η ίδια διαδικασία θα επαναληφθεί πριν και μετά από το πρωτόκολλο της κόπωσης ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί σύγκριση των αποτελεσμάτων. Όσον αφορά το πρωτόκολλο της κόπωσης, θα σας ζητηθεί να πραγματοποιήσετε μέγιστες συσπάσεις των καμπτήρων μυών κατά την μειομετρική κάμψη του γόνατος έως ότου η δύναμη των πέντε τελευταίων επαναλήψεων να μην υπερβαίνει το 80% της μέγιστης.

1. Επιβεβαιώνω ότι διάβασα και κατανόησα το *Έντυπο Ενημέρωσης Εθελοντή* σήμερα την ____/____/____ και ότι είχα την δυνατότητα να κάνω ερωτήσεις. ☐
2. Καταλαβαίνω ότι η συμμετοχή μου είναι εθελοντική και ότι είμαι ελεύθερος(-η) να αποσυρθώ από την έρευνα/μελέτη οποιαδήποτε ώρα, ακόμη και μετά από την υπογραφή της παρούσας δήλωσης, χωρίς να δώσω εξηγήσεις για το λόγο της απόσυρσής μου, χωρίς να επηρεαστεί το επίπεδο παροχής υπηρεσιών από το φυσικοθεραπευτή μου, το γιατρό μου ή το νοσοκομείο. ☐
3. Καταλαβαίνω ότι μέρος ή ολόκληρος ο ιατρικός μου φάκελος θα διαβαστεί από τους ερευνητές.
Δίνω την άδεια να έχουν πρόσβαση στον ιατρικό φάκελό μου. ☐
4. Συμφωνώ να συμμετάσχω εθελοντικά στην παρούσα ερευνητική εργασία. ☐

Βάλτε σε κάθε τετράγωνο ✓ αν συμφωνείτε ή × αν διαφωνείτε.

Παρακάτω παραθέτω, χωρίς περαιτέρω εξηγήσεις, πρακτικές οι οποίες δεν θα επιθυμούσα να ακολουθηθούν σε περίπτωση ανάγκης:

.

Υπογραφή συμμετέχοντα:

Ημερομηνία ___/___/___

Παράρτημα 4 – Αίτηση Εξέτασης Πρότασης για Διεξαγωγή Έρευνας



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

3^ο χλμ ΠΕΟ Λαμίας-Αθηνών, Λαμία 35132

Τηλ.: 2231060176-177, email: g-physio@uth.gr

Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

Τόπος:
Αριθμ. Πρωτ.:

ΑΙΤΗΣΗ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΕΝΟΤΗΤΑ Α' – ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

1. Τίτλος της Ερευνητικής Μελέτης

"Δοκιμαστική εφαρμογή του πρωτοκόλλου και πιλοτική διερεύνηση της επίδρασης της κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος στην ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας της άρθρωσης."

Η προτεινόμενη έρευνα θα είναι:

Ερευνητικό πρόγραμμα ☐ Μεταπτυχιακή διατριβή ☐ Διπλωματική εργασία ☒ Ανεξάρτητη έρευνα ☐

2. Ερευνητές

Όνοματεπώνυμο: 1. Τσουτζίδου Ελένη	
Τμήμα: Φυσικοθεραπείας	
Διεύθυνση: 1.	
Τηλέφωνο: 1.	e-mail: 1.

Υπεύθυνος Καθηγητής:

Όνοματεπώνυμο: Κελλάρη Ανθή	Βαθμίδα: Ακαδημαϊκός Υπότροφος / Υποψήφια Διδάκτωρ
Τμήμα: Φυσικοθεραπείας	
Διεύθυνση:	
Τηλέφωνο:	e-mail:

Λοιποί Ερευνητές:

Συμμετέχουν άλλοι ερευνητές; Ναι ☐ Όχι ☒

1 από 5

Αφαίρεση προσωπικών δεδομένων (Υπηρεσία Βιβλιοθήκης & Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Θεσσαλίας)

Όνοματεπώνυμο:	Ιδιότητα:
Τμήμα:	
Διεύθυνση:	ΤΚ:
Τηλέφωνο:	e-mail:

Όνοματεπώνυμο:	Ιδιότητα:
Φορέας Απασχόλησης/Τμήμα:	
Διεύθυνση:	
Τηλέφωνο:	e-mail:

Προσθέστε επιπλέον πεδίο ανάλογα με τον αριθμό των λοιπών ερευνητών που συμμετέχουν

3. Τόπος διεξαγωγής της έρευνας:

Προσδιορίστε τον τόπο ή τους τόπους διεξαγωγής της έρευνας

Στο εργαστήριο Ανθρώπινης Δραστηριότητας και Αποκατάστασης με διευθυντή τον Δρ Σπανό Σάββα – Τμήμα Φυσικοθεραπείας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

4. Διάρκεια της έρευνας

Ημερομηνία έναρξης: 20-03-2023 Ημερομηνία λήξης: 30-05-2023

ΕΝΟΤΗΤΑ Β' – ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

5. Περίληψη της προτεινόμενης έρευνας (εισαγωγή – σκοπός – μέθοδος, περίπου 250 λέξεις)

Η ιδιοδεκτικότητα ορίζεται ως η ικανότητα του κεντρικού νευρικού συστήματος να αντιλαμβάνεται, συνεχώς, την θέση και την κίνηση του σώματος στον χώρο μέσω προσαγωγών ερεθισμάτων από ιδιοϋποδοχείς που βρίσκονται στις αρθρώσεις, τους μύς, τους τένοντες και το δέρμα. Η ιδιοδεκτικότητα πέρα από την αίσθηση της θέσης αφορά και άλλες αισθήσεις, όπως αυτές και της ταχύτητας και της δύναμης.

Ο ρόλος της ιδιοδεκτικότητας στην αποκατάσταση και στην πρόληψη των τραυματισμών έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τους ερευνητές. Στην αρθρογραφία, η ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης έχει διερευνηθεί εκτενώς ενώ η ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας αποτελεί ένα πεδίο εντελώς ανεξερεύνητο. Επιπλέον, η ιδιοδεκτικότητα πιθανόν να επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων είναι και η κόπωση. Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η ιδιοδεκτική αντίληψη της ταχύτητας επηρεάζεται από την κόπωση.

Στην παρούσα μελέτη θα συλλεχθεί ένα βολικό δείγμα $n > 10$ υγιών εθελοντών και για τις μετρήσεις θα χρησιμοποιηθεί το ισοκινητικό δυναμόμετρο. Αρχικά θα γίνεται επίδειξη μιας συγκεκριμένης γωνιακής ταχύτητας (πχ $20^\circ/s$) και θα αξιολογείται η ικανότητα αναπαραγωγής της, χωρίς την επίδραση της κόπωσης. Στη συνέχεια θα πραγματοποιείται το πρωτόκολλο κόπωσης των καμπτήρων μυών του γόνατος. Τέλος, θα επαναλαμβάνεται το αρχικό πρωτόκολλο επίδειξης και αναπαραγωγής της ίδιας γωνιακής ταχύτητας, αυτή τη φορά με την επίδραση της κόπωσης. Προϋπόθεση για την επιλογή του δείγματος είναι η απουσία παθολογίας στην άρθρωση του γόνατος και η αποχή από οποιοδήποτε άθλημα αντοχής.

6. Μεθοδολογία

Αναλυτική περιγραφή των μεθόδων συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων.

Αρχικά, αμέσως μετά την προσέλευση των εθελοντών στον χώρο, θα γίνει καταμέτρηση των εξής ανθρωπομετρικών στοιχείων: ύψος, βάρος και δείκτης μάζας σώματος καθώς και καταγραφή της ηλικίας τους. Επιπλέον, με τη χρήση μαρκαδόρου, θα σημαδεύεται ο άξονας περιστροφής του γόνατος, λαμβάνοντας ως οδηγία σημεία τον μείζονα τροχαντήρα και το έξω σφυρό.

Η διαδικασία των μετρήσεων θα αποτελείται από τρία στάδια:

Στο πρώτο στάδιο, θα πραγματοποιηθεί η επίδειξη της επιθυμητής αρθρικής γωνιακής ταχύτητας και αναπαραγωγή αυτής χωρίς την κόπωση. Ο εθελοντής θα σταθεροποιείται με τη χρήση ιμάντων στο ισοκινητικό δυναμόμετρο biodex medical systems, όπου θα τους υποδεικνύεται η επιθυμητή γωνιακή ταχύτητα μέσω παθητικής κίνησης (κάμψη-έκταση γόνατος). Για την επίδειξη θα πραγματοποιηθούν 5 επαναλήψεις σε ταχύτητα των 20 rad/s και σε εύρος 0° -90°. Οι εθελοντές θα φορούν μάσκα ύπνου καθ'όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας με σκοπό να αποκλειστεί η οπτική ανατροφοδότηση της κίνησης. Έπειτα, οι εθελοντές θα κληθούν να αναπαράγουν την ταχύτητα που τους υποδείχθηκε προηγουμένως σε πέντε επαναλήψεις.

Το δεύτερο στάδιο της έρευνας θα έχει ως σκοπό την κόπωση των καμπτήρων μυών του γόνατος. Σε αυτό το στάδιο, το ισοκινητικό δυναμόμετρο θα είναι ρυθμισμένο με γωνιακή ταχύτητα κατά την έκταση στις 20 rad/s. Πριν την έναρξη της διαδικασίας της κόπωσης, θα προηγηθεί προθέρμανση που θα έχει διάρκεια 2-3 λεπτά. Έπειτα, κατά την έναρξη του πρωτοκόλλου της κόπωσης ο εθελοντής θα ενθαρρύνεται να καταβάλει το 100% της δύναμής του σε κάθε επανάληψη. Η δοκιμασία θα θεωρείται ότι ολοκληρώνεται όταν πραγματοποιηθούν πέντε διαδοχικές επαναλήψεις στο 50% της μέγιστης δύναμης.

Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, θα επαναληφθεί η δοκιμασία παθητικής επίδειξης της ταχύτητας και ενεργητικής αναπαραγωγής αυτής, αυτή τη φορά με την επίδραση της κόπωσης. Θα χρησιμοποιηθούν ακριβώς ίδια πρωτόκολλα έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων και να εξεταστεί η επίδραση της κόπωσης.

7. Υπάρχει περίπτωση οι εθελοντές να ανήκουν σε κάποια ομάδα από τις παρακάτω;

Παιδιά	Ναι ☐	Όχι ☒
Ατομα με δυσκολίες μάθησης	Ναι ☐	Όχι ☒
Ατομα με άνοια	Ναι ☐	Όχι ☒
Αναίσθητοι	Ναι ☐	Όχι ☒
Πολύ άρρωστοι	Ναι ☐	Όχι ☒
Αλλοδαποί	Ναι ☐	Όχι ☒
Άλλη ομάδα με ιδιαίτερες δυσκολίες	Ναι ☐	Όχι ☒

8. Ποια ειδική μέριμνα έχει προβλεφθεί για τα συγκεκριμένα άτομα όσον αφορά στην διαδικασία συναίνεσης;

3 από 5

Στον κάθε εθελοντή θα παρέχεται ένα έντυπο ενημέρωσης που θα περιέχει πληροφορίες σχετικά με την διεξαγωγή της έρευνας. Στη συνέχεια, θα δίνεται ένα έντυπο συναίνεσης ενώ παράλληλα θα επισημαίνεται στους εθελοντές πως μπορούν να αποχωρήσουν όποτε επιθυμούν.

9. Μήπως η έρευνα περιλαμβάνει χρήση νέου προϊόντος (συσκευή φυσικοθεραπείας ή φαρμακευτικό σκεύασμα) ή τη χρήση παλιού αλλά με νέο τρόπο μη δοκιμασμένο;

Ναι ☐ Όχι ☒

10. Μήπως οι εθελοντές θα πρέπει να υποβληθούν σε ακτινογραφικό έλεγχο ή να έρθουν σε επαφή με ραδιενεργό υλικό;

Ναι ☐ Όχι ☒

11. Υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι στην έρευνα;

Ναι ☐ Όχι ☒

Αν Ναι παρακαλώ δώστε λεπτομερή αναφορά αυτών των κινδύνων όπως και τα οποιαδήποτε μέτρα έχετε πάρει για την εξάλειψή τους.

12. Υπάρχει περίπτωση η έρευνα να κάνει τους εθελοντές να αισθανθούν άβολα ή να στενοχωρηθούν;

Ναι ☐ Όχι ☒

Αν Ναι παρακαλώ δώστε λεπτομερή αναφορά και δικαιολογήστε

13. Υπάρχουν συγκεκριμένα ηθικά προβλήματα που πιστεύετε ότι είναι σημαντικά ή δυσκολεύουν την έρευνα σας;

Ναι ☐ Όχι ☒

Αν Ναι παρακαλώ δώστε λεπτομερή αναφορά

14. Αν η έρευνα γίνει σε νοσοκομείο ή άλλο εμπλεκόμενο φορέα (δημόσιο ή ιδιωτικό), έχει προβλεφθεί η συναίνεση των υπευθύνων; (αφήστε κενό σε μη εφαρμογή)

Ναι ☒ Όχι ☐

Αν Όχι παρακαλώ να δικαιολογήσετε

4 από 5

15. Θα χρησιμοποιηθεί στην εργασία σας παρατήρηση, φωτογράφιση ή βιντεοσκόπηση των ασθενών;

Ναι ☐ Όχι ☒

Αν Ναι, έχει διασφαλιστεί η ανωνυμία των ασθενών και η εμπιστευτικότητα των αρχείων;

☐

Ναι ☐ Όχι

ΕΝΟΤΗΤΑ Γ' – ΣΥΝΑΙΝΕΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗ

Προκειμένου για έρευνες με αντικείμενο τον άνθρωπο, επισυνάψτε τις φόρμες α) *Έντυπο Ενημέρωσης Υποψήφιου Εθελοντή* και β) *Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση*, μαζί με το παρόν έντυπο.

ΕΝΟΤΗΤΑ Δ' – ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Δήλωση ευθύνης προστασίας προσωπικών δεδομένων

Ο επιστημονικά υπεύθυνος με την υπογραφή του σε αυτό το έντυπο (Ενότητα Ε), επιβεβαιώνει ότι κατανοεί την ισχύουσα νομοθεσία και τα σχετικά άρθρα του Κώδικα Ηθικής και Δεοντολογίας Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την προστασία των προσωπικών δεδομένων στην έρευνα.

ΕΝΟΤΗΤΑ Ε - ΥΠΟΓΡΑΦΗ

Ως επιστημονικά υπεύθυνος στην προτεινόμενη μελέτη, βεβαιώνω ότι όλες οι διαδικασίες που σχετίζονται με τη διεξαγωγή της θα είναι σύμφωνες με τους κανονισμούς του Τμήματος στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, τον Κώδικα Ηθικής και Δεοντολογίας Ερευνών του Τμήματος στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, καθώς και την ισχύουσα εθνική και διεθνή νομοθεσία σχετικά με την έρευνα.

Υπογραφή Επιστημονικά Υπεύθυνου:

Ημερομηνία:

5 από 5