



**Σχολή Επιστημών Υγείας  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ»**

**«Master of Science in Advanced Physiotherapy»**

**«Διερεύνηση της αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών  
εξεταστών ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αίσθησης  
της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας της άρθρωσης  
του γόνατος»**

**Κωνσταντίνος Τσουκαλάς του Παναγιώτη**

**Φεβρουάριος 2022**

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Επιστημών Υγείας  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΡΟΗΓΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ»

«Master of Science in Advanced Physiotherapy»

«Διερεύνηση της αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών  
εξεταστών ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αίσθησης  
της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας της άρθρωσης  
του γόνατος»

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας  
ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση  
Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Προηγμένη Φυσικοθεραπεία  
από τον

**Κωνσταντίνο Τσουκαλά του Παναγιώτη**

**Δήλωση Αυθεντικότητας, ζητήματα Copyright**

«Ο μεταπτυχιακός φοιτητής που εκπόνησε την παρούσα διπλωματική εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κ.λπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή την γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

**Φεβρουάριος 2022**

## ΣΕΛΙΔΑ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή η οποία ορίστηκε από την Συνέλευση του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σύμφωνα με το νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του ΠΜΣ «Προηγμένη Φυσικοθεραπεία». Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Δρ. Κανελλόπουλος Κ. Ασημάκης (Επιβλέπων)
- Δρ. Φουσέκης Κωνσταντίνος (Μέλος)
- Δρ. Τρίγκας Παναγιώτης (Μέλος)

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Εισαγωγή:** Η ιδιοδεκτικότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον αισθητικοκινητικό έλεγχο και δοκιμασίες για την μέτρησή της χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό σε ερευνητικό και κλινικό περιβάλλον. Η συνηθέστερη δοκιμασία αξιολόγησης της ιδιοδεκτικότητας του γόνατος αφορά την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης. Αντίθετα, η αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης αποτελεί μια ελάχιστα μελετημένη συνιστώσα της ιδιοδεκτικότητας.

**Σκοπός:** Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος.

**Μέθοδος:** Στην έρευνα συμμετείχαν 41 υγιείς εθελοντές (23 γυναίκες και 18 άνδρες) με μέση ηλικία 20,7 έτη. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο δεξί γόνατο, από καθιστή θέση με ισοκινητικό δυναμόμετρο. Το ερευνητικό πρωτόκολλο περιλάμβανε τρεις δοκιμασίες. Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν από δύο εξεταστές με διάστημα 30 λεπτών. Η πρώτη δοκιμασία αφορούσε την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης με παθητική κίνηση του γόνατος και θέση-στόχο τις 45°. Η δεύτερη δοκιμασία αφορούσε την αναπαραγωγή ταχύτητας-στόχου στις 10°/sec. Η τρίτη δοκιμασία αφορούσε την αναπαραγωγή θέσης-στόχου 45° υπό συγκεκριμένη ταχύτητα 10°/sec.

**Αποτελέσματα:** Τα αποτελέσματα για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών ήταν: για την πρώτη δοκιμασία από φτωχή έως μέτρια αξιοπιστία με ICC(2,k)=0.54 (95% CI: 0.15-0.75), SEM=1.58, SDD=4.38, για την δεύτερη δοκιμασία από φτωχή έως καλή αξιοπιστία με ICC(2,k)=0.64 (95% CI: 0.32-0.81), SEM=1.40, SDD=3.88, για την τρίτη δοκιμασία ως προς την ταχύτητα από φτωχή έως καλή αξιοπιστία με ICC(2,k)=0.69 (95% CI: 0.39-0.84), SEM=0.88, SDD=2.44, και ως προς την θέση από φτωχή έως μέτρια αξιοπιστία με ICC(2,k)=0.34 (95% CI: -0.26-0.65), SEM=4.08, SDD=11.31.

**Συμπεράσματα:** Συμπερασματικά, οι δοκιμασίες για την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος του προτεινόμενου πρωτοκόλλου εμφανίζουν υψηλότερους δείκτες αξιοπιστίας. Αυτό καταδεικνύει πως οι συμμετέχοντες ήταν ικανοί να αναπαράγουν με μεγαλύτερη συνέπεια την ταχύτητα από ότι την θέση. Τα δεδομένα υποστηρίζουν την χρήση της δοκιμασίας αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου για ερευνητικούς και κλινικούς σκοπούς.

**Λέξεις κλειδιά:** «ιδιοδεκτικότητα», «αίσθηση της θέσης», «αίσθηση της ταχύτητας», «αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών».

## ABSTRACT

**Introduction:** Proprioception plays a crucial role in sensorimotor control and various tests for its assessment are being used in a great extent in research and clinical fields. The most usual assessment tests for knee proprioception focus in joint position sense. In contrast, sense of joint velocity is the least studied submodality of proprioception.

**Purpose:** The purpose of this study was the investigation of inter-rater reliability of an assessment protocol for joint position sense and sense of velocity of the knee joint.

**Methods:** Forty-one subjects (23 women and 18 men) with mean age of 20.7 years participated in the study. All data was collected with the participants seated in an isokinetic dynamometer and the right knee was measured. The study protocol consisted of three tests. All participants were assessed from two different assessors with an interval of 30 minutes. The first test was joint position sense with a passive protocol and a target angle of 45° of flexion. The second test was velocity replication with a target of 10°/s. The third test was dynamic position sense with an active replication of velocity with a target of 10°/s and target-position of 45° of flexion.

**Results:** The results for inter-rater reliability showed a poor to moderate reliability with ICC(2,k)=0.54 (95%CI: 0.15-0.75), SEM=1.58, SDD=4.38 for the first test, poor to good reliability with ICC(2,k)=0.64 (95%CI: 0.32-0.81), SEM=1.40, SDD=3.88 for the second test, poor to good reliability with ICC(2,k)=0.69 (95%CI: 0.39-0.84), SEM=0.88, SDD=2.44 for the velocity component of the third test, and poor to moderate reliability with ICC(2,k)=0.34 (95%CI: -0.26-0.65), SEM=4.08, SDD=11.31 for the position component of the third test.

**Conclusion:** In conclusion, tests for velocity sense of the proposed assessment protocol of this study showed higher inter-rater reliability measures. This indicates that participants were more consistent in replication of the velocity rather than the position. The data from the current study support the use of velocity replication test for research and clinical purposes.

**Keywords:** “proprioception”, “joint position sense”, “velocity sense”, “inter-rater reliability”.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΚΑΙ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα εντατικής δουλειάς, αφοσίωσης και επιστημονικής αναζήτησης με στόχο την βελτίωση μου ως άνθρωπο, επιστήμονα και κλινικό. Η συγγραφή της επισφραγίζει την ολοκλήρωση του Μεταπτυχιακού μου στην «Προηγμένη Φυσικοθεραπεία» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και επιβραβεύει την προσπάθεια μου για συνεχή επιμόρφωση και εξέλιξη. Η ολοκλήρωση της εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την συμβολή συγκεκριμένων ανθρώπων τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον εισηγητή της παρούσας εργασίας Ασημάκη Κ. Κανελλόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή για την ουσιαστική βοήθεια και καθοδήγησή του. Τα μαθήματά του, οι συζητήσεις και η αγάπη του για την επιστήμη με διαμόρφωσαν ως επιστήμονα και θα με συντροφεύουν από εδώ και στο εξής. Ευχαριστώ Δάσκαλε!

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα Ανθή Κελλάρη και τον «συνοδοιπόρο» συμφοιτητή μου Γιάννη Μαλιούση για τις στιγμές που μοιραστήκαμε στο εργαστήριο αλλά και εκτός. Η συνεργασία μου μαζί τους ήταν απαραίτητο στοιχείο για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Ακόμη, οφείλω ένα «ευχαριστώ» σε όλους τους καθηγητές του μεταπτυχιακού οι οποίοι με ανιδιοτέλεια προσέφεραν τις γνώσεις τους και ήταν πάντα πρόθυμοι να με συμβουλέψουν και να με καθοδηγήσουν τόσο κατά τη διάρκεια των μαθημάτων όσο και κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, δεν μπορώ να παραλείψω την οικογένειά μου, τους γονείς μου και την αδερφή μου, αλλά και όλους του δικούς μου ανθρώπους που με την αγάπη τους και την υποστήριξή τους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας. Τους ευχαριστώ από καρδιάς.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	1
1.1.1. ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	1
1.1.2. ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ .....	2
1.1.2.1. ΜΥΙΚΗ ΑΤΡΑΚΤΟΣ.....	3
1.1.2.2. ΤΕΝΟΝΤΙΑ ΟΡΓΑΝΑ GOLGI.....	5
1.1.2.3. ΑΡΘΡΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ.....	6
1.1.2.4. ΔΕΡΜΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ.....	6
1.1.3. ΑΝΙΟΥΣΕΣ ΟΔΟΙ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΚΝΣ .....	7
1.1.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ .....	8
1.1.4.1. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ .....	8
1.1.4.2. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ .....	10
1.1.4.3. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ .....	11
1.1.4.4. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ.....	11
1.1.5. ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	26
2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ.....	28
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	29
3.1. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑ .....	29
3.2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΝΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ .....	29
3.3. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ .....	30
3.3.1. ΙΣΟΚΙΝΗΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΟ.....	30
3.3.2. ΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟ .....	30
3.3.3. ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ .....	31
3.4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	31

3.4.1. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 1-ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ (JOINT POSITION SENSE, JPS).....	33
3.4.2. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 2-ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ-ΣΤΟΧΟΥ (VELOCITY REPLICATION, VR) .....	33
3.4.3. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 3-ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΣΗΣ-ΣΤΟΧΟΥ ΥΠΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (DYNAMIC POSITION SENSE, DPS).....	35
4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	37
5. ΗΘΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	38
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	39
6.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ .....	39
6.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΤΩΝ .....	40
7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	42
7.1. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ (JOINT POSITION SENSE, JPS) .....	42
7.2. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ-ΣΤΟΧΟΥ (VELOCITY REPLICATION, VR)....	43
7.3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΣΗΣ-ΣΤΟΧΟΥ ΥΠΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (DYNAMIC POSITION SENSE, DPS) .....	45
7.4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	47
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	49
8.1. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ .....	49
ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	61
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ .....	65



**ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ**

AMEDA: active movement extent discrimination assessment

CI: Confidence Interval

DPS: Dynamic Position Sense

ICC: Intra-class Correlation Coefficient

JPS: Joint Position Sense

MVIC: Maximal Voluntary Isometric Contraction

ROM: Range of Motion

SDD: Smallest Detectable Difference

SEM: Standard Error of Measurement

TTDMD: Threshold to Detection of Passive Motion Direction

TTDPM: Threshold to Detection of Passive Motion

VR: Velocity Replication

ΑΡ: Αριστερά

ΔΕ: Δεξιά

ΚΝΣ: Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

ΠΔΚ: Ποδοκνημική

ΠΧΣ: Πρόσθιος Χιαστός Σύνδεσμος

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

<b>Πίνακας 1. 1.</b> Μηχανοϋποδοχείς του ανθρώπινου σώματος (τροποποιημένο από Røijezon et al., 2015). .....	3
<b>Πίνακας 1. 2.</b> Μελέτες οι οποίες αξιολογούν την αίσθηση της ταχύτητας.....	18
<b>Πίνακας 6. 1.</b> Περιγραφική στατιστική των σωματομετρικών χαρακτηριστικών του δείγματος συνολικά.....	39
<b>Πίνακας 6. 2.</b> Περιγραφική στατιστική των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των γυναικών του δείγματος. ....	39
<b>Πίνακας 6. 3.</b> Περιγραφική στατιστική των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των ανδρών του δείγματος. ....	40
<b>Πίνακας 6. 4.</b> Αποτελέσματα για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) για όλες τις δοκιμασίες του υπό διερεύνηση πρωτοκόλλου. ....	41

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

<b>Εικόνα 1. 1.</b> Διάγραμμα ροής των αισθήσεων που εμπίπτουν στο σωματισθητικό σύστημα (τροποποιημένο, από Ager et al., 2020).....	2
<b>Εικόνα 1. 2.</b> Σχεδιαγραμματική απεικόνιση της μυϊκής ατράκτου (τροποποιημένο από Proske & Gandevia, 2012).....	4
<b>Εικόνα 1. 3.</b> Σχεδιαγραμματική απεικόνιση του τενόντιου οργάνου Golgi (τροποποιημένο από Proske & Gandevia, 2012).....	6

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

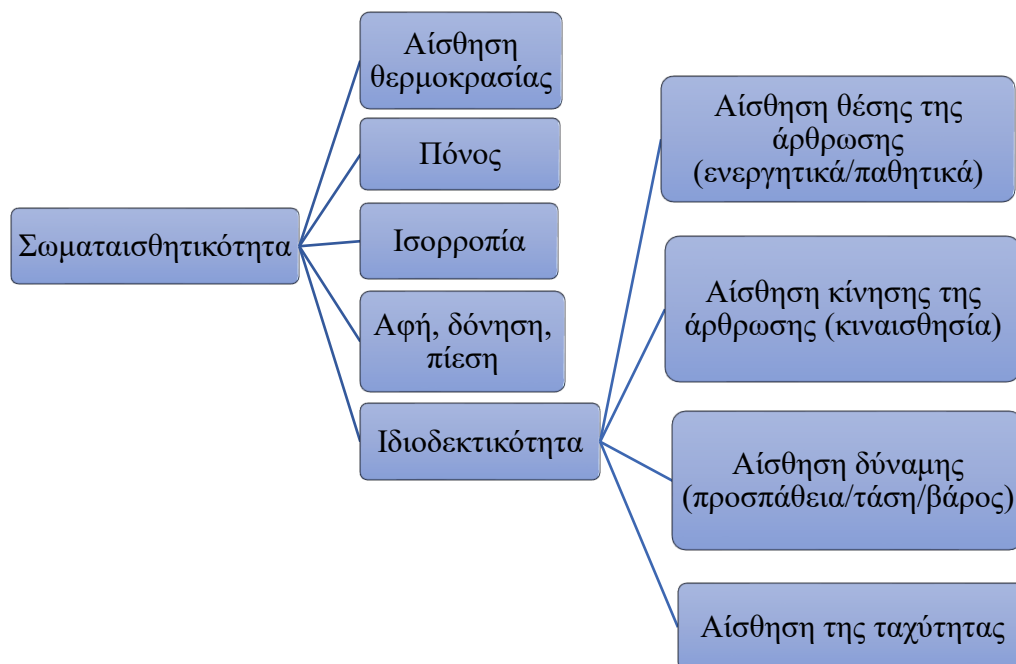
Η κίνηση του σώματος είναι θεμελιώδης και ουσιαστική για την ανθρώπινη ζωή. Οι καθημερινές μας δραστηριότητες απαιτούν αλληλεπίδραση με το περιβάλλον η οποία σχετίζεται με την παραγωγή κίνησης (Han et al., 2016). Κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων εξαρτόμαστε από πληροφορίες που προέρχονται από την κίνηση του σώματος ώστε να ανταποκριθούμε στις συνθήκες του χώρου γύρω μας και να αντιδράσουμε σε κάποια ραγδαία αλλαγή των συνθηκών του περιβάλλοντος. Πολλές από αυτές τις πληροφορίες για τη θέση και την κίνηση των άκρων και του κορμού τις αντλούμε από τους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς. Οι πληροφορίες από αυτούς τους υποδοχείς μας επιτρέπουν να κινούμαστε γύρω από εμπόδια σε συνθήκες έλλειψης φωτισμού και να χειριζόμαστε αντικείμενα με τα χέρια μας εκτός του οπτικού μας πεδίου (Proske & Gandevia, 2012). Εκτός από τις καθημερινές συνθήκες, η ακριβής και συντονισμένη κίνηση του σώματος έχει καθοριστική σημασία για την επιτυχία σε αθλητικές δραστηριότητες (Han et al., 2016). Τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον στο κομμάτι του ελέγχου της ανθρώπινης κίνησης λόγω της αυξανόμενης κατανόησης του ρόλου της ιδιοδεκτικότητας στην νευροπλαστικότητα και στον κινητικό έλεγχο (Goble, 2010; Proske & Gandevia, 2012).

#### 1.1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑΣ

##### *1.1.1. ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ*

Η ιδιοδεκτικότητα αποτελεί κομμάτι του σωματαιοσθητικού συστήματος. Το σωματαιοσθητικό σύστημα, με τους διάφορους υποδοχείς που διαθέτει στην περιφέρεια, είναι υπεύθυνο για την μεταφορά των θερμικών, απτικών, αλγαισθητικών και ιδιοδεκτικών ερεθισμάτων προς το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) (Hillier et al., 2015; Kaya et al., 2018; Riemann & Lephart, 2002). Τόσο αρθρογραφικά όσο και σε κλινικό περιβάλλον, ο όρος ιδιοδεκτικότητα έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει διάφορες αισθήσεις και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ασαφή ερμηνεία και σύγχυση. Συχνά οι όροι «κιναισθησία», «αίσθηση της θέσης της άρθρωσης», «ισορροπία» κ.α. χρησιμοποιούνται ως συνώνυμοι (Hillier et al., 2015; Riemann & Lephart, 2002; Stillman, 2002). Η ιδιοδεκτικότητα αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να αισθάνεται και να καθορίζει τη θέση και την κίνηση του σώματος και των μελών του στο χώρο (Han et al., 2016; Hillier et al., 2015). Στην παρούσα εργασία, και σε συμφωνία με άλλους ερευνητές, θεωρείται πως η ιδιοδεκτικότητα περιλαμβάνει την συνειδητή και ασυνείδητη

αίσθηση της θέσης της άρθρωσης, την κιναισθησία ή αίσθηση της κίνησης, την αίσθηση της δύναμης και την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης (Εικόνα 1.1) (Ager et al., 2020; Hillier et al., 2015; Nagai et al., 2016; Proske & Allen, 2019; Proske & Gandevia, 2012; Riemann & Lephart, 2002). Η ιδιοδεκτικότητα αποτελεί προϊόν των αισθητικών πληροφοριών που συλλέγονται από εξειδικευμένες νευρικές απολήξεις, τους μηχανοϋποδοχείς ή ιδιοδεκτικούς υποδοχείς, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την μετατροπή των μηχανικών ερεθισμάτων σε δυναμικά ενεργείας για μεταφορά τους στο ΚΝΣ (Röjjezon et al., 2015; Yahia et al., 1992).



**Εικόνα 1. 1.** Διάγραμμα ροής των αισθήσεων που εμπίπτουν στο σωματoαισθητικό σύστημα (τροποποιημένο, από Ager et al., 2020).

### 1.1.2. ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια κίνησης και αλλαγής θέσης των άκρων, οι ιστοί γύρω από τις κινούμενες αρθρώσεις παραμορφώνονται, συμπεριλαμβανομένου του δέρματος, των μυών, των τενόντων, της περιτονίας, των αρθρικών θυλάκων και των συνδέσμων. Οι ιστοί αυτοί διαθέτουν μηχανικά ευαίσθητους υποδοχείς, η πυκνότητα των οποίων διαφέρει μεταξύ διαφορετικών μυών και περιοχών του σώματος και είναι υπεύθυνοι για την ποσοτική μετατροπή των μηχανικών ερεθισμάτων σε νευρικά σήματα (Πίνακας 1.1) (Proske & Gandevia, 2012). Οι υποδοχείς που βρίσκονται στις στοιβάδες του δέρματος και στην περιτονία και σχετίζονται με την αφή αποτελούν επικουρικές πηγές πληροφόρησης (Proske & Gandevia, 2012; Riemann & Lephart, 2002). Παρ' ότι οι διεργασίες συμβαίνουν με παρόμοιο τρόπο στους διάφορους υποδοχείς, κάθε μορφολογικός τύπος κατέχει έναν βαθμό εξειδίκευσης στην αισθητική

πληροφορία στην οποία ανταποκρίνεται (π.χ. ελαφριά αφή και διάταση ιστού) καθώς και στο εύρος του ερεθίσματος (Erickson, 1968).

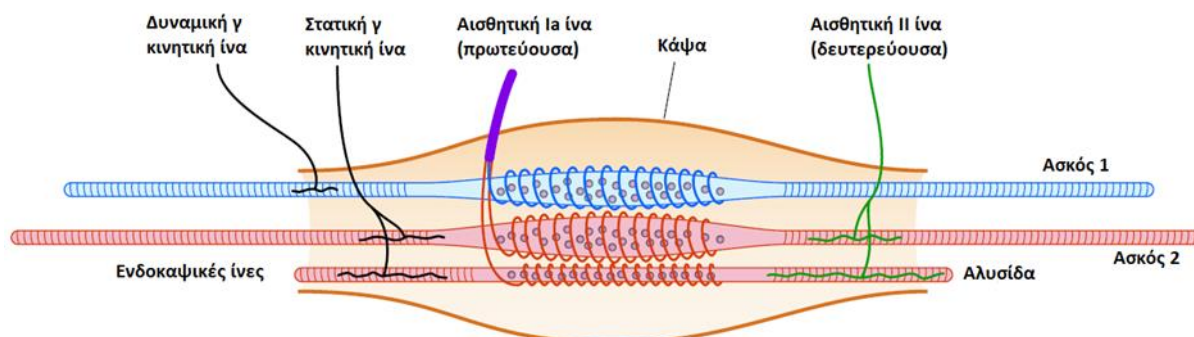
**Πίνακας 1. 1.** Μηχανοϋποδοχείς του ανθρώπινου σώματος (τροποποιημένο από Røijezon et al., 2015).

ΜΗΧΑΝΟΎΠΟΔΟΧΕΙΣ	ΤΥΠΟΣ	ΔΙΕΓΕΡΣΗ
<b>Μύες και τένοντες</b>	Μυϊκή Άτρακτος Τενόντιο όργανο Golgi	-Μήκος μυός -Ρυθμός μεταβολής του μήκους του μυός -Ενεργητική τάση του μυός
<b>Άρθρωση</b>	Απολήξεις: -Ruffini -Pacinian -Mazzoni -Τύπου Golgi	-Χαμηλά και υψηλά φορτία εφελκυσμού και συμπίεσης σε όλο το ROM
<b>Περιτονία</b>	Απολήξεις: -Ruffini -Pacinian	-Χαμηλά και υψηλά φορτία εφελκυσμού κατά τη διάρκεια κίνησης της άρθρωσης
<b>Δέρμα</b>	Θύλακες της τρίχας Απολήξεις: -Ruffini -Pacinian -Merkel -Meissner	-Παραμόρφωση του επιπολής ιστού/ διάταση και συμπίεση κατά τη διάρκεια της αρθρικής κίνησης

#### 1.1.2.1. ΜΥΙΚΗ ΑΤΡΑΚΤΟΣ

Η μυϊκή άτρακτος θεωρείται ο σημαντικότερος ιδιοδεκτικός υποδοχέας (Proske & Gandevia, 2009, 2012). Οι μυϊκές άτρακτοι αποτελούνται από περίπου 4 με 8 εξειδικευμένες ενδοκαψικές μυϊκές ίνες οι οποίες βρίσκονται σε παράλληλη διάταξη με τις εξωκαψικές μυϊκές ίνες (Kaya et al., 2018; Tuthill & Azim, 2018). Οι υποδοχείς αυτοί είναι υπεύθυνοι για την αναγνώριση του μήκους του μυός καθώς και του ρυθμού μεταβολής του μήκους (ταχύτητα). Αποτελούνται

από εξειδικευμένες προσαγωγές νευρικές απολήξεις οι οποίες τυλίγονται γύρω από ενδοκαψικές μυϊκές ίνες οι οποίες με την σειρά τους βρίσκονται μέσα σε μια κάψα συνδετικού ιστού. Υπάρχουν διάφορα είδη ενδοκαψικών μυϊκών ινών, κάποιες είναι ευαίσθητες στην αλλαγή του μήκους και κάποιες ευαίσθητες στον ρυθμό μεταβολής του μήκους του μυός (Riemann & Lephart, 2002; Tuthill & Azim, 2018). Παρ' ότι οι κεντρικές περιοχές των ενδοκαψικών ινών δεν περιέχουν συσταλτά στοιχεία, τα περιφερικά άκρα τους έχουν την ικανότητα συστολής και νευρώνονται ανεξάρτητα από τις εξωκαψικές (σκελετικές) μυϊκές ίνες μέσω των  $\gamma$  κινητικών νευρώνων. Η ενεργοποίηση των περιφερικών συσταλτών στοιχείων των ενδοκαψικών μυϊκών ινών, διατείνει τις κεντρικές περιοχές που περιέχουν αισθητικές απολήξεις, δημιουργώντας έτσι μια αύξηση στο ρυθμό πυροδότησης των νευρικών απολήξεων και αυξημένη ευαισθησία της μυϊκής ατράκτου στην αλλαγή του μήκους (Proske & Gandevia, 2012; Riemann & Lephart, 2002). Οι ενδοκαψικές ίνες περιλαμβάνουν τις ίνες με τον μεγάλο πυρηνικό ασκό 1 και ασκό 2 μαζί με τις μικρότερες ίνες της πυρηνικής αλυσίδας. Τα άκρα των ινών πυρηνικού ασκού εκτείνονται και έξω από την κάψα της ατράκτου ενώ οι ίνες της πυρηνικής αλυσίδας ανευρίσκονται μεταξύ των ορίων της κάψας. Οι μεγάλες προσαγωγές αισθητικές απολήξεις (Ia) καταλήγουν σαν πρωτεύουσες σπειροειδείς απολήξεις γύρω από το κεντρικό/πυρηνικό κομμάτι και των τριών ενδοκαψικών ινών. Μικρότερες προσαγωγές νευρικές απολήξεις (II) καταλήγουν σαν δευτερεύουσες απολήξεις στη μια πλευρά των ινών πυρηνικού ασκού 2 και στις ίνες πυρηνικής αλυσίδας. Οι δυναμικές  $\gamma$  κινητικές νευρικές ίνες νευρώνουν τις ίνες του πυρηνικού ασκού 1, ενώ, οι στατικές  $\gamma$  κινητικές νευρικές ίνες νευρώνουν τις ίνες του πυρηνικού ασκού 2 και της πυρηνικής αλυσίδας (Εικόνα 1.2) (Proske, 1997; Proske & Gandevia, 2012; Riemann & Lephart, 2002).



**Εικόνα 1. 2.** Σχεδιαγραμματική απεικόνιση της μυϊκής ατράκτου (τροποποιημένο από Proske & Gandevia, 2012).

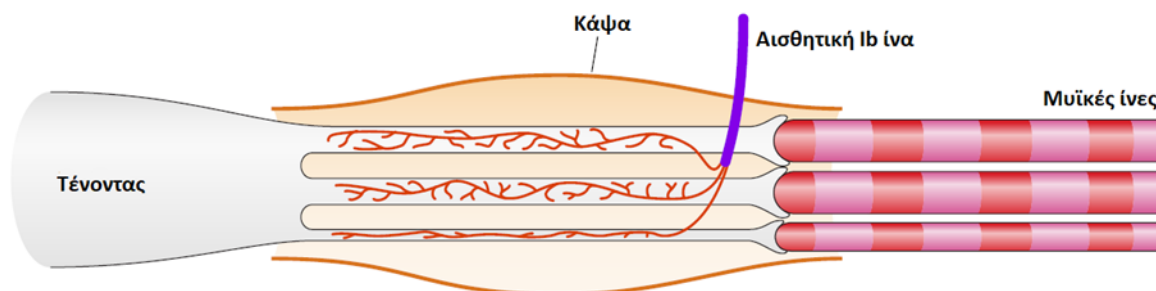
Κατά την παθητική επιμήκυνση του μυός, διεγείρονται οι προσαγωγές νευρικές απολήξεις εντός της ατράκτου και τα νευρικά σήματα ερμηνεύονται σαν αίσθηση της κίνησης, με την αύξηση της ταχύτητας της κίνησης να οδηγεί και σε αυξημένη απάντηση του υποδοχέα. Φαίνεται πως οι πρωτεύουσες απολήξεις λειτουργούν ως αισθητήρες του μυϊκού μήκους και της ταχύτητας ενώ η δευτερεύουσες απολήξεις ανιχνεύουν μόνο το μήκος στατικά (Proske & Gandevia, 2012; Tuthill & Azim, 2018). Ένα πλεονέκτημα της ευαισθησίας στην ταχύτητα των Ia προσαγωγών αισθητικών ινών είναι ότι επιτρέπουν την γρήγορη ανίχνευση των διαταράξεων της στάσης πριν γίνουν μεγάλες αλλαγές στη θέση και ανιχνευτούν από τις II προσαγωγές ίνες (Tuthill & Azim, 2018). Η κατεύθυνση της κίνησης μπορεί να αντιληφθεί σε σχέση με το ποιος μυς βραχύνεται και επιμηκύνεται, συγκρίνοντας την δραστηριότητα της μυϊκής ατράκτου μεταξύ αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών. Επίσης, λόγω της κινητικής νεύρωσης της μυϊκής ατράκτου, κατά τη διάρκεια των μυϊκών συσπάσεων, υπάρχει η ικανότητα αλλαγής της βαθμονόμησης ή της ευαισθησίας του υποδοχέα μέσω της αλλαγής του μήκους στο εσωτερικό της ατράκτου. Έτσι, υπάρχει προσαρμογή κατά τη διάρκεια της μυϊκής δράσης και διέγερση κατά την απουσία πραγματικής κίνησης (Hillier et al., 2015; Proske & Gandevia, 2012). Τέλος, με την ευαισθησία της μυϊκής ατράκτου σχετίζεται και ο ρόλος της μυϊκής θιξοτροπίας, φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται σχέση μεταξύ των μυϊκών ιδιοτήτων και του πρόσφατου ιστορικού σύσπασης/χάλασης του μυός. Η μυϊκή θιξοτροπία αποτελεί ιδιότητα του μυ και κατ' επέκταση και της μυϊκής ατράκτου που επηρεάζει την ιδιοδεκτικότητα, αλλάζοντας την ευαισθησία της μυϊκής ατράκτου και εξαρτάται από το αν ο μυς ήταν πρόσφατα σε σύσπαση ή όχι (Proske & Gandevia, 2012).

#### 1.1.2.2. TENONTIA ΟΡΓΑΝΑ GOLGI

Οι υποδοχείς που βρίσκονται στην μυοτενόντια ένωση περιλαμβάνουν τα τενόντια όργανα Golgi τα οποία υπάρχουν κατά μήκος της ένωσης σε διάφορα διαστήματα μεταξύ τους. Μέσα από το τενόντιο όργανο Golgi περνάει μια μικρή δεσμίδα μυοτενόντιων ινών πριν αυτές καταλήξουν στις μυϊκές ίνες. Αυτή η διαρρύθμιση, σε συνδυασμό με τον πολύ χαμηλό ουδό ερεθισμού και την υψηλή δυναμική ευαισθησία των νευρικών απολήξεων, επιτρέπει στο τενόντιο όργανο Golgi να παρέχει στο ΚΝΣ πληροφορίες σχετικά με την μυϊκή τάση. Η βασική λειτουργία του τενόντιου οργάνου Golgi είναι η σηματοδότηση της ενεργητικής μυϊκής τάσης (τάση κατά τη διάρκεια της σύσπασης) παρά της παθητικής τάσης (τάση κατά τη διάρκεια της παθητικής διάτασης) (Delhay et al., 2018; Jami, 1992; Riemann & Lephart, 2002). Νευρικές προσαγωγές αισθητικές ίνες (Ib) διαπερνούν την κάψα του υποδοχέα και διακλαδίζονται. Κάθε διακλάδωση καταλήγει σε μια τενόντια ίνα η οποία συνδέεται με μια μυϊκή ίνα. Ένα τενόντιο



όργανο Golgi τυπικά συνδέεται με 10 ή περισσότερες μυϊκές ίνες, με κάθε μυϊκή ίνα να ανήκει σε διαφορετική κινητική μονάδα (Εικόνα 1.3). Η σύσπαση της κινητικής μονάδας διατείνει τις τενόντιες ίνες στις οποίες συνδέονται οι μυϊκές ίνες που συσπώνται, δημιουργώντας δραστηριότητα στις νευρικές προσαγωγές ίνες και συμβάλλοντας στην αίσθηση της δύναμης και του βάρους (Proske & Gandevia, 2012).



**Εικόνα 1. 3.** Σχεδιαγραμματική απεικόνιση του τενόντιου οργάνου Golgi (τροποποιημένο από Proske & Gandevia, 2012).

#### 1.1.2.3. ΑΡΘΡΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ

Τέσσερα είδη μηχανοϋποδοχέων μπορούν να βρεθούν στους συνδέσμους και στο θύλακα της άρθρωσης. Οι υποδοχείς Ruffini περιγράφονται συχνότερα και θεωρείται ότι συμπεριφέρονται σαν στατικοί και δυναμικοί μηχανοϋποδοχείς και χαρακτηρίζονται από χαμηλό κατώφλι ερεθισμού και αργή προσαρμογή. Αυτό τους επιτρέπει να αναγνωρίζουν τη στατική θέση της άρθρωσης, την ενδο-αρθρική πίεση και πιθανόν την κίνηση της άρθρωσης όσον αφορά το εύρος και την ταχύτητα. Τα σωματίδια Pacinian κατατάσσονται στους δυναμικούς υποδοχείς καθώς χαρακτηρίζονται από χαμηλό κατώφλι ερεθισμού και γρήγορη προσαρμογή. Οι υποδοχείς αυτοί βρίσκονται βαθύτερα στον αρθρικό συνδετικό ιστό και ανταποκρίνονται στις μεταβολές της ταχύτητας (επιτάχυνση/επιβράδυνση). Επίσης, σε αυτούς τους ιστούς παρατηρούνται νευρικές απολήξεις τύπου Golgi και ελεύθερες νευρικές απολήξεις. Οι αρθρικοί υποδοχείς παρέχουν πληροφορίες θέσης της άρθρωσης κυρίως σε ακραίες τροχιές λειτουργώντας σαν ανιχνευτές των ορίων της κίνησης, παραμένοντας σχετικά «σιωπηλοί» σε μέσο εύρος αφήνοντας την μυϊκή άτρακτο να παρέχει την πλειονότητα των πληροφοριών σε αυτές τις τροχιές αρθρικής κίνησης (Hillier et al., 2015; Proske & Gandevia, 2012; Riemann & Lephart, 2002).

#### 1.1.2.4. ΔΕΡΜΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ

Οι δερματικοί υποδοχείς μπορούν να συμβάλλουν στην αίσθηση της θέσης και την αίσθηση της κίνησης της άρθρωσης, για παράδειγμα, καθώς το δέρμα παραμορφώνεται, κυρίως στις

αρθρώσεις των δακτύλων, του αγκώνα και του γόνατος (Hillier et al., 2015; Proske & Gandevia, 2012). Υπάρχουν τέσσερα είδη μηχανοϋποδοχέων στο δέρμα: τα σωματίδια Meissner (γρήγορης προσαρμογής, τύπου I), τα σωματίδια Pacinian (γρήγορης προσαρμογής, τύπου II), οι απολήξεις Merkel (αργής προσαρμογής, τύπου I) και οι απολήξεις Ruffini (αργής προσαρμογής, τύπου II). Και οι τέσσερις τύποι υποδοχέων πιθανόν συμβάλλουν στην αίσθηση της κίνησης, με τις απολήξεις Ruffini (ανίχνευση διάτασης δέρματος) ενδεχομένως να μπορούν να σηματοδοτήσουν την αίσθηση της θέσης του μέλους. Η συνεισφορά των δερματικών υποδοχέων στην ιδιοδεκτικότητα φαίνεται να αφορά κυρίως τις περιφερικές αρθρώσεις και λιγότερο τις κεντρικότερες (Proske & Gandevia, 2012).

### *1.1.3. ΑΝΙΟΥΣΕΣ ΟΔΟΙ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΚΝΣ*

Οι πληροφορίες από τους διάφορους υποδοχείς μεταφέρονται για επεξεργασία και ερμηνεία στον εγκεφαλικό φλοιό. Οι ιδιοδεκτικές πληροφορίες μεταφέρονται στα υψηλότερα επίπεδα του ΚΝΣ μέσω είτε των δεματίων των οπίσθιων δεσμών (συνειδητή ιδιοδεκτικότητα) είτε μέσω των νωτιοπαρεγκεφαλιδικών δεματίων (μη συνειδητή ιδιοδεκτικότητα). Οι δύο οπίσθιες δέσμες βρίσκονται στην οπίσθια περιοχή του νωτιαίου μυελού και μεταφέρουν τα νευρικά σήματα στον σωματαιοσθητικό φλοιό. Παρ' ότι η πλειονότητα των αισθητικών πληροφοριών που μεταφέρονται από αυτές τις οδούς αφορούν την αφή, την πίεση και τη δόνηση, υπάρχει επιπρόσθετη μεταφορά πληροφοριών που σχετίζονται με την αντίληψη της θέσης και της κίνησης των αρθρώσεων (Riemann & Lephart, 2002). Μέσω των οπίσθιων δεσμών, οι πληροφορίες για την συνειδητή ιδιοδεκτικότητα μεταφέρονται στον προμήκη μυελό. Εκεί οι ίνες συνάπτονται με τους πυρήνες του προμήκη, περνούν στο αντίθετο πλάγιο σχηματίζοντας τον έσω λημνίσκο και από εκεί στους πυρήνες του θαλάμου και τελικά στον σωματαιοσθητικό φλοιό του εγκεφάλου (Delhaye et al., 2018; Røijezon et al., 2015). Τα νωτιοπαρεγκεφαλιδικά δεμάτια χαρακτηρίζονται από τις υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς ερεθισμάτων στο ΚΝΣ. Τα δεμάτια αυτά καταλήγουν σε διάφορες περιοχές της παρεγκεφαλίδας όπου οι πληροφορίες επεξεργάζονται και ενσωματώνονται με άλλες προσαγωγές και κατιούσες πληροφορίες. Σε αντίθεση με την συνειδητή αισθητική αντίληψη με την οποία σχετίζονται οι οπίσθιες δέσμες, οι νωτιοπαρεγκεφαλιδικές δέσμες θεωρείται ο συνεισφέρουν στην ασυνείδητη αντίληψη της ιδιοδεκτικότητας (π.χ. θέση μελών, γωνίες αρθρώσεων, μυϊκή τάση και μήκος) η οποία χρησιμοποιείται για αντανακλαστικές, αυτοματοποιημένες και εκούσιες δραστηριότητες (Riemann & Lephart, 2002).

#### 1.1.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Στην αρθρογραφία έχουν περιγραφεί διάφοροι τρόποι για την μέτρηση της ιδιοδεκτικότητας και αυτό οφείλεται στους πολύπλοκους νευροφυσιολογικούς μηχανισμούς που την χαρακτηρίζουν. Οι δοκιμασίες αξιολόγησης διαφοροποιούνται συνήθως με βάση τις δύο κύριες ιδιοδεκτικές λειτουργίες, την αίσθηση της θέσης και την αίσθηση της κίνησης της άρθρωσης (Παράρτημα Α, Εικόνα 1 και Πίνακας 1, σελ.57) (Han et al., 2016; Hillier et al., 2015). Εκτός από τις κινηματικές πτυχές της ιδιοδεκτικότητας διάφοροι συγγραφείς συμπεριλαμβάνουν στα παραπάνω και δοκιμασίες που σχετίζονται με την αίσθηση της δύναμης (Proske & Gandevia, 2012; Riemann et al., 2002). Παρακάτω περιγράφονται διάφορες δοκιμασίες για την αξιολόγηση της κάθε συνιστώσας της ιδιοδεκτικότητας.

##### 1.1.4.1. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Η αίσθηση της θέσης της άρθρωσης (joint position sense) αξιολογείται κυρίως μέσω δοκιμασιών αναπαραγωγής της θέσης της άρθρωσης (joint position reproduction, JPR) ή αναγνώρισης/ανίχνευσης της θέσης της άρθρωσης (joint position detection, JPD). Οι δοκιμασίες αυτές πραγματοποιούνται σε ενεργητικές ή παθητικές συνθήκες τόσο για την κίνηση κριτηρίου όσο και για την κίνηση αναπαραγωγής, και μπορεί να περιλαμβάνουν το ομόπλευρο ή το ετερόπλευρο άκρο. Η μέτρηση αντιπροσωπεύει τη διαφορά μεταξύ της πραγματικής γωνίας στόχου και της γωνίας αναπαραγωγής ή τη γωνία που συνέβη η αναγνώριση της θέσης (Han et al., 2016; Hillier et al., 2015).

Πιο συγκεκριμένα, έχουν περιγραφεί τρία είδη δοκιμασιών αναπαραγωγής της θέσης της άρθρωσης και περιλαμβάνουν μία ομόπλευρη δοκιμασία και δύο ετερόπλευρες. Στην ομόπλευρη δοκιμασία, η προκαθορισμένη γωνία-στόχος της άρθρωσης παρουσιάζεται στον δοκιμαζόμενο ενεργητικά ή παθητικά για λίγα δευτερόλεπτα. Εν συνεχεία, η άρθρωση επιστρέφει στην αρχική θέση είτε παθητικά από τον εξεταστή είτε ενεργητικά από τον δοκιμαζόμενο. Αμέσως μετά, ο δοκιμαζόμενος καλείται να αναπαράγει τη θέση της άρθρωσης που αισθάνθηκε προηγουμένως είτε επιδεικνύοντας τη θέση στόχο πατώντας κάποιο κουμπί παύσης όταν η άρθρωση φτάσει παθητικά στην ζητούμενη θέση, είτε κινώντας ενεργητικά της άρθρωση μέχρι την θέση-στόχο. Έτσι, οι δοκιμαζόμενοι χρειάζεται να θυμούνται τη θέση-στόχο και να την αναπαράγουν χρησιμοποιώντας το ίδιο άκρο (Han et al., 2016). Από τις δυο ετερόπλευρες δοκιμασίες, η μια είναι πανομοιότυπη με την δοκιμασία που περιεγράφηκε παραπάνω με την διαφορά ότι οι δοκιμαζόμενοι καλούνται να αναπαράγουν τη θέση της άρθρωσης με το αντίθετο άκρο. Η δεύτερη ετερόπλευρη δοκιμασία διαφοροποιείται στο ότι

όταν φτάσει η άρθρωση τη θέση-στόχο, παραμένει στη θέση αυτή και το ετερόπλευρο άκρο αναπαράγει τη θέση. Έτσι, η δοκιμασία αυτή, σε αντίθεση με τις δυο παραπάνω δοκιμασίες, δεν απαιτεί απομνημόνευση της θέσης-στόχου αλλά ο δοκιμαζόμενος χρησιμοποιεί τις άμεσα διαθέσιμες πληροφορίες από το ένα άκρο ώστε να αναπαράγει την θέση στο αντίθετο (Han et al., 2016).

Στις παραπάνω δοκιμασίες η αίσθηση της όρασης αποκλείεται από τους δοκιμαζόμενους ώστε να περιορίζεται η επιρροή άλλων αισθήσεων στην ιδιοδεκτικότητα (Han et al., 2016; Hillier et al., 2015). Αξίζει να σημειωθεί ότι η αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας περιλαμβάνει κατά πλειοψηφία δοκιμασίες για την αίσθηση της θέσης, και η άρθρωση του γόνατος είναι η συχνότερη περιοχή των μετρήσεων (Hillier et al., 2015). Επίσης, διάφορα μέσα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της διαφοράς στις γωνίες όπως εξοπλισμός καταγραφής κίνησης, ηλεκτρο-γωνιόμετρα, φωτογραφικές λήψεις, μοιρογνωμόνια, ή γωνιόμετρα, ισοκινητικά δυναμόμετρα και αυτοσχέδιες κατασκευές (Hillier et al., 2015; Riemann et al., 2002). Ποικιλία μέσων παρατηρείται και για την επίτευξη παθητικής κίνησης στις διάφορες δοκιμασίες όπως η χρήση μηχανοκίνητου εξοπλισμού, ρομποτικά συστήματα, τροποποιημένοι νάρθηκες τους οποίους κινούσε ο εξεταστής ή απλά παθητική κίνηση του άκρου από τον ίδιο τον εξεταστή (Hillier et al., 2015).

Μια ακόμη τεχνική η οποία έχει περιγραφεί για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης είναι η αξιολόγηση της διάκρισης του εύρους της ενεργητικής κίνησης (active movement extent discrimination assessment, AMEDA) (Han et al., 2016; Waddington & Adams, 1999). Η δοκιμασία χρησιμοποιεί ενεργητικές κινήσεις και οι δοκιμαζόμενοι εξοικειώνονται με την διαδικασία και τον εξοπλισμό πριν την μέτρηση. Κατά την διάρκεια των συνεδριών εξοικείωσης οι δοκιμαζόμενοι ενημερώνονται για το ότι θα αισθανθούν, για παράδειγμα, πέντε κινήσεις διαφορετικού εύρους σε σειρά από την μικρότερη (θέση 1) μέχρι την μεγαλύτερη (θέση 5), τρεις φορές, 15 κινήσεις συνολικά. Στην συνέχεια οι δοκιμαζόμενοι υποβάλλονται σε 50 μετρήσεις στις οποίες και οι πέντε θέσεις παρουσιάζονται 10 φορές με τυχαία σειρά. Σε κάθε μέτρηση μόνο μια κίνηση επιτρέπεται, με σταθερό ρυθμό μέχρι το σημείο όπου η κίνηση σταματά, και αρχίζει η επιστροφή στην αρχική θέση. Μετά την παρουσίαση μιας θέσης και την επιστροφή στην αρχική θέση, οι δοκιμαζόμενοι καλούνται να κρίνουν τον αριθμό της θέσης (1,2,3,4 ή 5) της κάθε κίνησης, χωρίς ανατροφοδότηση σχετικά με την ορθότητα της απάντησής τους (Han et al., 2016). Έτσι, οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να χρησιμοποιήσουν την μνήμη τους σχετικά με το εύρος των πέντε κινήσεων από τις δοκιμαστικές συνεδρίες ώστε να αναγνωρίσουν το κάθε ερέθισμα και να χαρακτηρίσουν

αριθμητικά (1,2,3,4 ή 5) κάθε μια από τις κινήσεις που τους παρουσιάστηκαν. Ο χρόνος για αυτή την δοκιμασία είναι περίπου 10 λεπτά και σε αντίθεση με άλλες δοκιμασίες για την αίσθηση της θέσης δεν απαιτεί τον αποκλεισμό άλλων αισθήσεων όπως η όραση, καθώς έχει στόχο να εξετάσει την ιδιοδεκτική λειτουργία κάτω από φυσικές συνθήκες που προσομοιάζουν την φυσιολογική λειτουργία (Han et al., 2016).

#### 1.1.4.2. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Για την αξιολόγηση της αίσθησης της κίνησης της άρθρωσης έχουν χρησιμοποιηθεί, σε διάφορες αρθρώσεις, δοκιμασίες του κατωφλιού ανίχνευσης της παθητικής κίνησης (threshold to detection of passive motion, TTDPM) και του κατωφλιού ανίχνευσης της κατεύθυνσης της παθητικής κίνησης (threshold to detection of passive motion direction, TTDM). Οι δοκιμασίες αυτές μετράνε την ικανότητα του δοκιμαζόμενου να ανιχνεύει την κίνηση σε μια άρθρωση αλλά και την κατεύθυνση αυτής (Han et al., 2016; Hillier et al., 2015; Riemann et al., 2002).

Κατά τη διαδικασία της μέτρησης ο εξεταστής με τη χρήση μηχανοκίνητου εξοπλισμού κινεί κάποιο μεμονωμένο τμήμα του σώματος του δοκιμαζόμενου σε προκαθορισμένη κατεύθυνση και ταχύτητα (Han et al., 2016). Συνήθως χρησιμοποιούνται πολύ αργές ταχύτητες από 0,5-2°/s (Riemann et al., 2002), ενώ άλλοι ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει και ταχύτητες 0,25°/s με τη βοήθεια συστήματος Biodex (Nagai et al., 2012). Η μείωση της ταχύτητας φαίνεται να αυξάνει το κατώφλι ανίχνευσης της κίνησης (Refshauge et al., 1995). Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας οι δοκιμαζόμενοι είναι καθιστοί ή ξαπλωμένοι. Το υπό εξέταση άκρο απομονώνεται και τα υπόλοιπα τμήματα του σώματος, όπως ο κορμός, προσδέονται με μιάνες. Περιφερικές αισθητικές πληροφορίες όπως η αφή, η όραση και η ακοή συνήθως αποκλείονται με τη χρήση μαξιλαριών αέρα, ακουστικών, και τα μάτια δένονται (Han et al., 2016). Κατά αυτόν τον τρόπο περιορίζεται η πιθανότητα να γίνει αντιληπτή η κίνηση και η κατεύθυνσή της από την πίεση που ασκείται στο άκρο ή από τον ήχο του μηχανοκίνητου εξοπλισμού (Hillier et al., 2015). Με όλες αυτές τις παραμέτρους να ελέγχονται το τμήμα του σώματος που εξετάζεται κινείται παθητικά σε προκαθορισμένη κατεύθυνση. Στους δοκιμαζόμενους δίνονται οδηγίες να πατήσουν το κουμπί παύσης όταν αντιληφθούν την κίνηση και την κατεύθυνσή της. Ύστερα, αναφέρουν την κατεύθυνση της κίνησης που αντιλήφθηκαν. Αν η απάντησή τους είναι λανθασμένη η δοκιμή απορρίπτεται και η μέτρηση συνεχίζεται μέχρι να δοθούν τρεις με πέντε σωστές απαντήσεις (Han et al., 2016; Nagai et al., 2012). Το συνηθέστερο μετρήσιμο μέγεθος που προκύπτει από την δοκιμασία είναι το σφάλμα

μεταξύ της γωνίας στην οποία ξεκίνησε η κίνηση και της γωνίας που αυτή έγινε αντιληπτή από τον δοκιμαζόμενο (Hillier et al., 2015).

#### 1.1.4.3. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Η αίσθηση της δύναμης (επίσης αναφέρεται και ως αίσθηση του βάρους, τάσης ή προσπάθειας) αξιολογείται συγκρίνοντας την ικανότητα των δοκιμαζόμενων να αντιλαμβάνονται και να αναπαράγουν τιμές ροπής που παράγονται από μια μυϊκή ομάδα κάτω από διάφορες συνθήκες (Riemann et al., 2002; Røijezon et al., 2015). Οι δοκιμασίες περιλαμβάνουν κάποια τιμή αναφοράς δύναμης, συνήθως καθοριζόμενη ως ποσοστό της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής συστολής (maximal voluntary isometric contraction, MVIC), και προσπάθεια αναπαραγωγής αυτής της δύναμης (Dover & Powers, 2003). Παρά το γεγονός ότι η αίσθηση της δύναμης εμπεριέχεται στην ιδιοδεκτικότητα, πρόσφατες ανασκοπήσεις των μεθόδων αξιολόγησης της ιδιοδεκτικής λειτουργίας δεν περιέχουν δοκιμασίες αξιολόγησης της αίσθησης της δύναμης (Han et al., 2016; Hillier et al., 2015). Αναφέρεται, επίσης, ότι η σχέση μεταξύ των σχετιζόμενων με την κίνηση και των σχετιζόμενων με την δύναμη πτυχών της ιδιοδεκτικότητας παραμένει ασαφής (Han et al., 2016). Τέλος, καθώς η αίσθηση της δύναμης δεν αποτελεί κομμάτι διερεύνησης της παρούσας εργασίας, ο αναγνώστης παραπέμπεται για περισσότερες πληροφορίες στις εργασίες των (Proske & Gandevia, 2012) και (Proske & Allen, 2019).

#### 1.1.4.4. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Σε αντίθεση με την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης και της κίνησης της άρθρωσης που περιεγράφηκαν παραπάνω, η αίσθηση της ταχύτητας κίνησης της άρθρωσης είναι ένα κομμάτι της ιδιοδεκτικότητας το οποίο έχει λάβει ελάχιστη προσοχή. Περιορισμένος αριθμός μελετών διερευνά την αίσθηση της ταχύτητας (velocity sense) μέσω δοκιμασιών αναπαραγωγής/αντιγραφής μιας ταχύτητας στόχου (velocity replication), διάκρισης της ταχύτερης κίνησης μεταξύ δύο διαφορετικών ταχυτήτων ή διάκριση ταχύτητας (velocity discrimination) και μέσω αναπαραγωγής της θέσης της άρθρωσης κατά τη διάρκεια κινήσεων σε διαφορετικές ταχύτητες ή αίσθηση δυναμικής θέσης (dynamic position sense) (Deshpande et al., 2003; Lönn et al., 2001; Verschueren et al., 2002; Westlake et al., 2007).

Η αίσθηση της ταχύτητας επηρεάζεται κυρίως από τις μυϊκές ατράκτους σε συνδυασμό με πληροφορίες από τους αρθρικούς και δερματικούς υποδοχείς παρόμοια με τις ενεργητικές δοκιμασίες της αίσθησης της θέσης, ωστόσο σχετίζεται με ένα πολύπλοκο σύνολο στοιχείων

όπως ο χρονισμός, η θέση, η απόσταση και η ταχύτητα (Kerr & Worringham, 2002). Παρ' ότι δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο το πως η αίσθηση της θέσης και της ταχύτητας αντιπροσωπεύονται στην διέγερση των ιδιοϋποδοχέων, οι μεταβλητές αυτές είναι διαθέσιμες και αξιοποιούνται από το νευρικό σύστημα για τον έλεγχο της κίνησης. Η αξιόπιστη γνώση της ταχύτητας του μέλους είναι απαραίτητη για την ακριβή απόδοση συγκεκριμένων κινήσεων (Kerr & Worringham, 2002). Αν και οι διάφορες δοκιμασίες για την αίσθηση της θέσης και της κίνησης της άρθρωσης παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την ιδιοδεκτική λειτουργία, άλλες πτυχές της ιδιοδεκτικότητας, όπως είναι η αίσθηση της ταχύτητας και της δύναμης, μπορούν να συνεισφέρουν στην βαθύτερη κατανόηση της ιδιοδεκτικής ικανότητας και του νευρο-μυϊκού ελέγχου (Nagai et al., 2016).

Διάφορες μελέτες έχουν διερευνήσει την αίσθηση της ταχύτητας στο άνω άκρο και κάποιες στο κάτω άκρο (Djupsjöbacka & Domkin, 2005; Drouin et al., 2003; Jerosch et al., 2003; Kerr & Worringham, 2002; Lönn et al., 2001). Αξίζει να σημειωθεί πως όταν συγκρίθηκαν οι δοκιμασίες της αίσθησης της ταχύτητας και της αίσθησης της θέσης στην οριζόντια απαγωγή και προσαγωγή του ώμου, δεν υπήρχε κάποια συσχέτιση, καταδεικνύοντας πως οι δυο αυτές πτυχές της ιδιοδεκτικότητας πρέπει να αξιολογούνται ξεχωριστά (Djupsjöbacka & Domkin, 2005). Μια άλλη παρατήρηση είναι ότι οι μεγαλύτερες ταχύτητες κίνησης της άρθρωσης φάνηκε να οδηγούν σε μεγαλύτερα σφάλματα στις δοκιμασίες αναπαραγωγής ταχύτητας (Drouin et al., 2003), ενώ, οι πιο μικρές ταχύτητες καθιστούν δυσκολότερη την ανίχνευση της παθητικής κίνησης από τους δοκιμαζόμενους στις δοκιμασίες της αίσθησης της κίνησης (TTDPM) (Refshauge et al., 1995). Έτσι, είναι πιθανόν, να εμπλέκονται διαφορετικοί μηχανισμοί στην ικανότητα των ατόμων να αναπαράγουν μια ταχύτητα και στο να ανιχνεύουν μια ταχύτητα (Nagai et al., 2016). Αξίζει να σημειωθεί πως οι περισσότερες έρευνες διερευνούν την ταχύτητα με διάφορες αυτοσχέδιες κατασκευές χωρίς αυτές να είναι ευρέως διαθέσιμες και χωρίς να υπάρχουν κοινά πρωτόκολλα μέτρησης είτε για ερευνητικούς είτε για κλινικούς σκοπούς. Τα πρωτόκολλα μέτρησης και ο εξοπλισμός που έχουν χρησιμοποιήσει διάφοροι ερευνητές για την αξιολόγηση της αίσθησης της ταχύτητας παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.2. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε κάποιες έρευνες οι οποίες έχουν μελετήσει την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης με διάφορες δοκιμασίες αξιολόγησης.

Οι Lönn et al., (2001) περιγράφοντας κάποιες καινούριες για την εποχή δοκιμασίες αξιολόγησης της αίσθησης της ταχύτητας, μελέτησαν την εγκυρότητα των μετρήσεων της αναπαραγωγής της ταχύτητας (velocity replication) και της διάκρισης της ταχύτητας (velocity discrimination) στην οριζόντια απαγωγή ώμου σε υγιή πληθυσμό με αυτοσχέδιο εξοπλισμό.

Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μια ενεργητική και μια παθητική δοκιμασία για την αναπαραγωγή της ταχύτητας. Στην ενεργητική δοκιμασία η ταχύτητα και το εύρος της κίνησης κριτηρίου καθορίζονταν από τον δοκιμαζόμενο. Οι ταχύτητες κριτηρίου ήταν  $10 \pm 7.5$ ,  $25 \pm 7.5$ ,  $40 \pm 7.5$ ,  $55 \pm 7.5$ ,  $70 \pm 7.5^\circ/s$  τις οποίες πετύχαινε ο δοκιμαζόμενος ύστερα από λεκτική ανατροφοδότηση και στην συνέχεια τις αναπαρήγαγε ενεργητικά. Στην παθητική δοκιμασία η κίνηση κριτηρίου γινόταν παθητικά από μηχανοκίνητο εξοπλισμό σε 5 προκαθορισμένες ταχύτητες 10, 25, 40, 55, 70  $^\circ/s$  και σε εύρος  $60^\circ$ , και στη συνέχεια ο δοκιμαζόμενος τις αναπαρήγαγε ενεργητικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτιωμένη ακρίβεια αναπαραγωγής μετά από ενεργητική κίνηση κριτηρίου σε σχέση με την παθητική και σε χαμηλότερες ταχύτητες σε σχέση με υψηλότερες. Η εγκυρότητα της διάκρισης ταχύτητας υποστηρίζεται από τα δεδομένα της μελέτης και βρέθηκε πως οι συμμετέχοντες βάσιζαν την κρίση τους στην διαφορά της ταχύτητας μεταξύ της κίνησης κριτηρίου και της κίνησης σύγκρισης και όχι στο χρόνο ή στο εύρος της κίνησης (Lönn et al., 2001).

Παρόμοιας φιλοσοφίας δοκιμασία χρησιμοποίησαν και οι Deshpande et al., (2003) όπου αξιολόγησαν την αναπαραγωγή ταχύτητας στην ποδοκνημική άρθρωση ζιτώντας από τους δοκιμαζόμενους να κινήσουν το άκρο τους με μια ταχύτητας δικής τους επιλογής και ύστερα από 5 δευτερόλεπτα να την αναπαράγουν. Σε μια άλλη έρευνα, αυτή των Drouin et al., (2003) μελετήθηκε η σταθερότητα και η ακρίβεια της ενεργητικής αναπαραγωγής της ταχύτητας έπειτα από παθητική κίνηση κριτηρίου στην άρθρωση του γόνατος 14 υγιών εθελοντών. Οι ερευνητές έδειξαν πως οι υγιείς μπορούν να αναπαράγουν ενεργητικά τις χαμηλότερες ταχύτητες κριτηρίου κίνησης (στη μέση και τελική τροχιά) της άρθρωσης του γόνατος και στις δύο κατευθύνσεις με αποδεκτά ποσοστά σταθερότητας ( $ICC=0.44-0.88$ ) και ακρίβειας. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε ισοκινητικό δυναμόμετρο για την παραγωγή παθητικής κίνησης στο δεξί γόνατο και ηλεκτρογωνιόμετρο για την καταγραφή της αλλαγής στην γωνιακή μετατόπιση του αριστερού γόνατος. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση της αναπαραγωγής της ταχύτητας υποστηρίζεται από τα δεδομένα για μελλοντική διερεύνηση της ιδιοδεκτικής λειτουργίας (Drouin et al., 2003). Αντίστοιχα, οι Jerosch et al., (2003) μελέτησαν την αίσθηση της ταχύτητας στην άρθρωση του ώμου μέσω μιας δοκιμασίας αναπαραγωγής ταχύτητας. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ισοκινητικό δυναμόμετρο για την παθητική κίνηση της γληνοβραχιόνιας άρθρωσης (κάμψη και έκταση) σε ταχύτητας  $53^\circ/s$  και ζήτησαν ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας στο αντίθετο άνω άκρο. Οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να αναπαράγουν την ταχύτητας ταυτόχρονα με την παθητική κίνηση του αντίθετου άνω άκρου, ενώ η καταγραφή της ταχύτητας στο υπό εξέταση άκρο έγινε με τη χρήση συστήματος



ανάλυσης κίνησης με κάμερα. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι η δοκιμασία που χρησιμοποίησαν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των δυναμικών αισθητικό-κινητικών ικανοτήτων (Jerosch et al., 2003).

Πιο πρόσφατα, οι Nagai et al., (2016) αντιλαμβανόμενοι την περιορισμένη έρευνα σχετικά με την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης και θέλοντας να κατανοήσουν πως οι δοκιμαζόμενοι εκτελούν κάθε υποκατηγορία της ιδιοδεκτικότητας καθώς και τη σχέση μεταξύ των διάφορων κατηγοριών, υπέβαλαν σε δοκιμασίες για την αίσθηση της θέσης, για το κατώφλι ανίχνευσης της παθητικής κίνησης, για την αίσθηση της δύναμης, και για την αίσθηση της ταχύτητας, 20 υγιή και δραστήρια άτομα. Όσον αφορά την αίσθηση της ταχύτητας, οι ερευνητές, χρησιμοποίησαν μια δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας χρησιμοποιώντας ισοκινητικό δυναμόμετρο και ένα σύστημα τρισδιάστατης (3D) ανάλυσης κίνησης. Η δοκιμασία περιλάμβανε παθητική κίνηση του επικρατούς γόνατος μέσω συστήματος Biodex στις 20°/s σε εύρος 0° έως 90°, και ύστερα ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας από τον δοκιμαζόμενο και καταγραφή της ταχύτητας με σύστημα 3D ανάλυσης κίνησης. Η απόλυτη διαφορά μεταξύ της ταχύτητας αναφοράς (Biodex) και της ταχύτητας αναπαραγωγής καταγράφηκε ως σφάλμα αίσθησης ταχύτητας σε μοίρες ανά δευτερόλεπτο. Οι συγγραφείς συμπεραίνουν πως κάθε υποκατηγορία της ιδιοδεκτικότητας πρέπει να ερμηνεύεται και να αξιολογείται ως ξεχωριστή οντότητα και λόγω των διαφορετικών διαδικασιών και μεθοδολογιών που οι διάφοροι ερευνητές χρησιμοποιούν, είναι σημαντική η διερεύνηση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δοκιμασιών (Nagai et al., 2016).

Η μόνη έρευνα η οποία μελέτησε την αίσθηση της ταχύτητας σε μη περιφερική άρθρωση είναι των Soltys & Wilson (2008). Οι ερευνητές θέλησαν να διερευνήσουν τις επιδράσεις της εφαρμογής μυϊκής δόνησης στην αίσθηση ταχύτητας του κορμού και να κατανοήσουν τον ρόλο των μυϊκών ατράκτων στην αίσθηση και τον έλεγχο της πλάγια κάμψης του κορμού. Για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιήθηκε μια ειδικά κατασκευασμένη πλατφόρμα η οποία επέτρεπε στους δοκιμαζόμενους να κάμπτουν πλάγια τον κορμό κρατώντας σταθερή την λεκάνη και τα κάτω άκρα. Μια συσκευή δόνησης τοποθετούνταν στο επίπεδο του τρίτου οσφυϊκού σπονδύλου και εφαρμοζόταν δόνηση 44,5 Hz στους υποκείμενους παρασπονδυλικούς μύες σε κάθε πλευρά ανεξάρτητα. Οι δοκιμαζόμενοι βρίσκονταν σε πρηνή θέση στην πλατφόρμα και με καλυμμένα τα μάτια έπρεπε να ολοκληρώσουν μια δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας και να αναπαράγουν τρεις ταχύτητες κατά την πλάγια κάμψη του κορμού (9,5°/s, 13,5°/s και 17,5°/s) που τους είχαν επιδειχθεί προηγουμένως. Η επίδειξη των ταχυτήτων έγινε με την βοήθεια μετρονόμου και προσαρμοσμένης στην πλατφόρμα ηχητικής

συσκευής η οποία ηγούσε κάθε  $7,56^\circ$  κίνησης. Έτσι, όταν συνέπιπταν οι χτύποι ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε την κίνηση με τη συγκεκριμένη ταχύτητα και έπρεπε να την απομνημονεύσει ώστε να την αναπαράγει στη συνέχεια χωρίς ηχητικές ειδοποιήσεις. Οι πειραματικές συνθήκες περιλάμβαναν αναπαραγωγή ταχύτητας-στόχου χωρίς δόνηση, με δόνηση αριστερά και με δόνηση δεξιά, με τυχαία σειρά. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η δόνηση των παρασπονδυλικών μυών του κορμού οδήγησε σε μειωμένη ταχύτητα αναπαραγωγής, δηλαδή, οι δοκιμαζόμενοι αντιλαμβάνονταν ότι κινούνταν ταχύτερα όταν η δόνηση εφαρμοζόταν στην διατεινόμενη μυϊκή ομάδα. Επίσης, η διαφορά στην ταχύτητα αναπαραγωγής ήταν μεγαλύτερη όταν η δόνηση εφαρμοζόταν στους αριστερούς παρασπονδυλικούς μύες. Τέλος, οι συγγραφείς συμπεραίνουν πως οι μυϊκές άτρακτοι των παρασπονδυλικών μυών έχουν σημαντικό ρόλο στην ικανότητα αίσθησης της ταχύτητας της πλάγια κίνησης τους κορμού (Soltys & Wilson, 2008).

Οι δοκιμασίες αναπαραγωγής της θέσης της άρθρωσης κατά τη διάρκεια κινήσεων σε διαφορετικές ταχύτητες ή αίσθησης δυναμικής θέσης (dynamic position sense) έχουν χρησιμοποιηθεί από κάποιους ερευνητές για την μελέτη της ιδιοδεκτικής λειτουργίας κυρίως στην ποδοκνημική άρθρωση (Shields, Madhavan, & Cole, 2005; Verschueren et al., 2002) και πιο πρόσφατα στο γόνατο (Littmann et al., 2012) καθώς και σε έρευνες μελέτης του κινητικού ελέγχου κυρίως στο άνω άκρο (Cordo, Bevan, et al., 1995; Cordo et al., 1994; Cordo, Gurfinkel, et al., 1995; Verschueren et al., 1998) και λιγότερο στο κάτω άκρο (Shields, Madhavan, Cole, et al., 2005). Οι δοκιμασίες αυτές απαιτούν από ΚΝΣ να λάβει υπόψιν πληροφορίες για την θέση και την ταχύτητα της άρθρωσης κατά τη διάρκεια κίνησης με διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες (Littmann et al., 2012).

Για παράδειγμα, στην έρευνα των Littmann et al., (2012) χρησιμοποιήθηκε μια δοκιμασία αναπαραγωγής της θέσης της άρθρωσης κατά τη διάρκεια κινήσεων σε διαφορετικές ταχύτητες (dynamic position sense) στην άρθρωση του γόνατος 11 γυναικών μετά από ανακατασκευή προσθίου χιαστού συνδέσμου (ΠΧΣ). Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ισοκινητικό δυναμόμετρο για να κινήσουν παθητικά προς κάμψη το γόνατο των δοκιμαζόμενων με ταχύτητες  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $90^\circ$  και  $100^\circ/s$  και ζήτησαν να τους υποδείξουν με τον δείκτη πότε το γόνατο θα περάσει από την προκαθορισμένη θέση των  $50^\circ$ . Σύμφωνα με τους ερευνητές σε αυτή τη δοκιμασία, οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να αναγνωρίσουν την ταχύτητα και να προβλέψουν πότε το γόνατο θα φτάσει την προκαθορισμένη θέση. Στις αργές ταχύτητες μπορεί να χρησιμοποιηθούν πληροφορίες για τη θέση της άρθρωσης ενώ στις υψηλότερες ταχύτητες οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να αναγνωρίσουν πρώιμα την ταχύτητα ώστε να προσδιορίσουν με ακρίβεια πότε το

γόνατο θα περάσει από τη θέση των 50°. Επίσης, και στις δύο ομάδες που μελετήθηκαν, φάνηκε πως στις ταχύτητες 90° και 100°/s εμφανιζόταν συστηματικό λάθος ως προς τον προσδιορισμό της θέσης (overshoot). Αυτό καταδεικνύει πως στις μεγαλύτερες ταχύτητες δεν υπήρχε επαρκής χρόνος για αναγνώριση της κίνησης, επεξεργασία, και έναρξη της κινητικής αλληλουχίας στο άνω άκρο (Littmann et al., 2012).

Την ίδια παρατήρηση έκαναν και οι Shields, Madhavan, & Cole, (2005) και αναφέρουν ότι υπάρχει κάποιο μέγιστο κατώφλι ταχύτητας όπου το ΚΝΣ δεν έχει επαρκή χρόνο να επεξεργαστεί τις πληροφορίες από μεγάλες ταχύτητες, και πως ο χρόνος που σχετίζεται με αυτό το κατώφλι παρέχει πληροφορίες για την επεξεργασία που συμβαίνει στο ΚΝΣ. Σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη της επίδρασης της παρατεταμένης κόπωσης των ραχιαίων καμπτήρων της ποδοκνημικής στην ιδιοδεκτικότητα. Η δοκιμασία που χρησιμοποίησαν οι παραπάνω ερευνητές αφορούσε την ικανότητα των δοκιμαζόμενων να εκτείνουν την μετακαρποφαλαγγική άρθρωση του αριστερού δείκτη όταν η ποδοκνημική άρθρωση κινούνταν παθητικά προς πελματιαία κάμψη (0°-40°) σε 10 διαφορετικές ταχύτητες και έφτανε σε προκαθορισμένη γωνία 20° (Shields, Madhavan, & Cole, 2005). Παρόμοια δοκιμασία χρησιμοποίησαν και οι Verschueren et al., (2002) μελετώντας την επίδραση της ηλικίας στην αίσθηση της δυναμικής θέσης (dynamic position sense) στην ποδοκνημική άρθρωση. Η δοκιμασία περιλάμβανε το άνοιγμα του χεριού όταν η ποδοκνημική άρθρωση κινούνταν παθητικά προς πελματιαία κάμψη σε προκαθορισμένη γωνία με διαφορετικές ταχύτητες 15, 20, 25, και 30°/s (Verschueren et al., 2002).

Εκτός των δοκιμασιών αναπαραγωγής ταχύτητας (velocity replication) και αίσθησης δυναμικής θέσης (dynamic position sense) που περιεγράφηκαν παραπάνω, διάφοροι ερευνητές έχουν μελετήσει την αίσθηση της ταχύτητας με δοκιμασίες διάκρισης ταχύτητας (velocity discrimination). Για παράδειγμα, οι Lönn et al., (2001) και οι Djupsjöbacka & Domkin, (2005) χρησιμοποίησαν το ίδιο πρωτόκολλο για να αξιολογήσουν την αίσθηση της ταχύτητας μέσω δοκιμασιών διάκρισης ταχύτητας (Velocity discrimination) στην οριζόντια απαγωγή του ώμου. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μια παθητική συνθήκη και μια ημι-παθητική συνθήκη. Οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να κρίνουν αν η κίνηση που τους παρουσιάστηκε ήταν πιο αργή ή πιο γρήγορη από την κίνηση κριτηρίου με την οποία κινήθηκε το άκρο τους νωρίτερα. Και για τις δύο συνθήκες η παθητική κίνηση του άκρου επιτεύχθηκε με τη βοήθεια μηχανοκίνητου εξοπλισμού. Στην ημι-παθητική συνθήκη οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να ασκούν μικρή αντίσταση (5Nm) ενάντια στις κινήσεις. Οι ταχύτητες κριτηρίου ήταν 30° ή 50°/s. Σε μια άλλη έρευνα, οι Westlake et al., (2007) ανέφεραν πως η μέτρηση διάκρισης ταχύτητας (velocity

discrimination) εμφανίζει εξαιρετική αξιοπιστία (test-retest) ( $ICC=0.86$ ) και εγκυρότητα και πρότειναν την ένταξή της μαζί με άλλες δοκιμασίες για την θέση και την κίνηση ώστε να ενισχύεται το «ιδιοδεκτικό ρεπερτόριο αξιολόγησης» μέσω της αντιπροσώπευσης διαφορετικών στοιχείων της ιδιοδεκτικότητας. Στην μελέτη που πραγματοποίησαν οι παραπάνω ερευνητές, μελετώντας 70 υγιείς (46 ηλικιωμένους και 24 νέους) στην ποδοκνημική άρθρωση (αξιολόγηση JPS, TTDP, Threshold to Velocity Discrimination, TVD) με αυτοσχέδιο εξοπλισμό μέτρησης, βρέθηκε καλή εγκυρότητα δομής με την ευαισθησία της διάκριση της ταχύτητας στην ηλικία καθώς υπήρχε μεγαλύτερη μέση τιμή για τους ηλικιωμένους σε σχέση με τους νέους. Στην δοκιμασία που χρησιμοποίησαν, οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να διαλέξουν την γρηγορότερα μεταξύ δύο παθητικών κινήσεων. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν διαφορετικό εύρος κίνησης της ποδοκνημικής για κάθε ταχύτητα. Η ταχύτητα κριτηρίου/αναφοράς ήταν σταθερά 5°/s και η αρχική ταχύτητα δοκιμής 10°/s η οποία μειωνόταν κατά 1°/s μέχρι να αναφερθεί λανθασμένη απάντηση. Στη συνέχεια, η ταχύτητα αυξανόταν κατά 0,25°/s. Η τιμή του κατωφλιού προσδιοριζόταν από την μικρότερη διαφορά μεταξύ της ταχύτητας κριτηρίου και της ταχύτητας δοκιμής στην οποία οι δοκιμαζόμενοι ανέφεραν τη σωστή απάντηση για τρεις μετρήσεις.

Είναι φανερό πως η έρευνα σχετικά με την αξιολόγηση της αίσθησης της ταχύτητας είναι αρκετά περιορισμένη. Η ποικιλία των μεθοδολογιών και του εξοπλισμού αξιολόγησης της αίσθησης της ταχύτητας και ο μικρός αριθμός ερευνών αξιολόγησής της στο κάτω άκρο και ιδιαίτερα στην άρθρωση του γόνατος, αφορά περιορισμένο αριθμό υγιών δοκιμαζόμενων (Πίνακας 1.2). Έτσι, υπογραμμίζεται η ανάγκη περαιτέρω έρευνας με σύγχρονο, αξιόπιστο και ερευνητικά διαθέσιμο εξοπλισμό ώστε να διερευνηθεί αυτή η πτυχή της ιδιοδεκτικότητας.

Οι διάφορες πτυχές της ιδιοδεκτικότητας έχουν σημαντικές κλινικές προεκτάσεις και αυτό υπογραμμίζεται από τις διαταραχές της ιδιοδεκτικότητας που παρατηρούνται σε παθολογικές και τραυματικές καταστάσεις. Παρακάτω παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τις κλινικές προεκτάσεις της ιδιοδεκτικότητας και γίνεται μια σύντομη περιγραφή των τρόπων αποκατάστασής της.

**Πίνακας 1. 2.** Μελέτες οι οποίες αξιολογούν την αίσθηση της ταχύτητας.

Ερευνητές	Δείγμα	Αρθρωση	Test	Εξοπλισμός	Διαδικασία
(Lönn et al., 2001)	16 υγιείς	Ωμος (οριζόντια απαγωγή)	-Velocity replication (αναπαραγωγή ταχύτητας)  -Velocity discrimination (διάκριση ταχύτητας)	Πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα (μηχανοκίνητη πλατφόρμα για το χέρι, σερβοκίνητηρας, σύστημα ανίχνευσης γωνιακής μετατόπισης, H/Y), σταθερή καρέκλα	Δεμένα μάτια, ακουστικά  <b>Velocity replication</b>  1) Active-Active (AA): ενεργ. Κίνηση (σε 5 διαφορετικές Ταχύτητες: $10 \pm 7.5$ , $25 \pm 7.5$ , $40 \pm 7.5$ , $55 \pm 7.5$ , $70 \pm 7.5^\circ/s$ ), (με λεκτική παρότρυνση για ταχύτητα) (ταχύτητα και ROM καθορίζει ο δοκιμαζόμενος) και ενεργ. αναπαραγωγή της.  2) Passive-Active (PA): παθ. Κίνηση ( $10$ , $25$ , $40$ , $55$ , $70^\circ/s$ ), ROM $60^\circ$ , $a=110^\circ/s^2$ , 6 φορές κάθε ταχύτητα με τυχαία σειρά και ενεργ. αναπαραγωγή  <b>Velocity discrimination</b>  3) Passive-Passive (PP): παθητική κίνηση $30^\circ/s$ και $50^\circ/s$ , και διάκριση μεταξύ άλλης ταχύτητας παθ. κίνησης (πιο αργό ή πιο γρήγορο)  4) Semi-passive (SS): ίδιο με PP αλλά με μικρή αντίσταση (5Nm)
(Jerosch et al., 2003)	46 υγιείς	Ωμος (κάμψη-έκταση)	- Angle velocity reproduction test, AVRT	Ισοκίνητικό δυναμόμετρο Cybex 6000,	Δεμένα μάτια, ύπτια κατάκλιση  Παθητική κίνηση στο επικρατές άνω άκρο με Cybex στις $53^\circ/s$ σε εύρος $-20^\circ$ έως $110^\circ$ , και ταυτόχρονη ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας στο αντίθετο άκρο και καταγραφή ταχύτητας με σύστημα ανάλυσης κίνησης.

			(Αναπαραγωγή ταχύτητας)	Σύστημα ανάλυσης κίνησης Kinemetrix (Germany) με κάμερα και πομποί υπερύθρων	Η ανάλυση έγινε σε εύρος 20° έως 90°.
(Djupsjöbacka & Domkin, 2005)	16 υγιείς	Ωμος (οριζόντια απαγωγή και προσαγωγή)	-Position matching (JPR)  -Velocity discrimination (διάκριση ταχύτητας)	Αυτοματοποιημένο σύστημα (H/Y, σταθερή καρέκλα, κινητή πλατφόρμα για το χέρι, ηλεκτρομαγνητικό σύστημα καταγραφής κίνησης)	Δεμένα μάτια, ακουστικά  1) ώμος σε κάμψη 45°, πήχης σε κάμψη 20-30° και έσω στροφή 2) οι συμμετέχοντες κρατούσαν διακόπτη στο αριστερό χέρι, για να αναγνωρίζουν την θέση του άκρου 3) <b>Position-matching:</b> <u>αρχικές θέσεις</u> 0, 40, 80°/ <u>θέσεις στόχοι</u> 16, 32, 48, 64° (οβελιαίο επίπεδο) 4) AA: ενεργητική κίνηση από αρχική προς προκαθορισμένη θέση (κλείδωμα στην θέση από το μηχάνημα)/ ο συμμετέχων να θυμάται την θέση/ επιστροφή άκρου στην αρχική θέση/ ενεργητική κίνηση προς την προκαθορισμένη θέση/ πατάει τον διακόπτη στο σημείο που νομίζει 5) PA: όπως την AA/ παθητική κίνηση του άκρου προς τον στόχο με ταχύτητα 19°/s 6) PP: όπως AA/ παθητικά το άκρο προς τον στόχο με ταχύτητα 19°/s (target presentation) και 9°/s (matching)/ πάτημα διακόπτη στην σωστή θέση

					<p>7) SS: όπως PP/ με ροπή 5Nm (7.6±1.4 Nm)</p> <p>8) <b>Velocity-discrimination</b>: στήσιμο όμοιο με position-matching/ διάκριση της ταχύτητας κίνησης μεταξύ των δύο μελών/ οριζόντια απαγωγή ΔΕ</p> <p>9) PP/SS (παθητικά/ήμι-παθητικά): σύγκριση ταχύτητας μεταξύ κινήσεων</p> <p>10) Παθητική κίνηση άκρου από το μηχάνημα/ στο SS μικρή ροπή</p> <p>11) Λεκτική παρότρυνση για ταχύτητα/ διάκριση με άλλη κίνηση 30°/s και 50°/s</p>
(Drouin et al., 2003)	14 υγιείς	Γόνατο	Velocity replication (αναπαραγωγή ταχύτητας)	Ισοκινητικό δυναμόμετρο (ΔΕ πόδι), ηλεκτρογωνιόμετρο προσαρμοσμένο σε βραχίονα (AP πόδι)	<p>Δεμένα μάτια, ακουστικά.</p> <p>Παθητική κίνηση στο ΔΕ πόδι και ενεργητική αναπαραγωγή στο AP.</p> <p>Δυο ROM (0°-30° και 60°-90°), μειο και πλειο (έκταση και κάμψη), σε 4 ταχύτητες (5, 10, 15, 30°/s), σύνολο 16 συνδυασμοί. Μέσος όρος τριών trials για κάθε συνδυασμό. 5sec διάλειμμα ανάμεσα.</p> <p>Εξοικείωση πριν το τεστ στις 20°/s (κάμψη και έκταση)</p>
(Westlake et al., 2007)	70 υγιείς (46 ηλικιωμένοι και 24)	Ποδοκνημική	-Velocity Discrimination (διάκριση ταχύτητας) -TTDPM	Μηχάνημα ροπής (πλάκα ΠΔΚ, ποτενσιόμετρο για μέτρηση γωνιακής μετατόπισης, ΔΕ ΠΔΚ)	<p>Δεμένα μάτια, ακουστικά</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ΔΕ πόδι με κάμψη γόνατος 5°, ΠΔΚ ουδέτερη θέση</li> <li>2) TTDPM: παθητικά στροφή ΠΔΚ με ταχύτητα 0.25°/s (εφαρμογή τεστ 6 φορές με τυχαία σειρά, πάτημα κουμπιού στην κατάλληλη θέση)</li> <li>3) Passive JPS: παθητική πελματιαία κάμψη με ταχύτητα 5°/s, από ουδέτερη θέση προς 3 θέσεις: 10°, 12°, 15° κάμψης (εφαρμογή 6 επαναλήψεων από 2 φορές)</li> </ol>

	νεαροί )		-JPR παθητικά		<p>4) Μετά από κράτημα 5 δευτερολέπτων, η ΠΔΚ κινούταν σε νέα αρχική θέση 5° πελμ κάμψης και πήγαινε παθητικά προς την θέση της δοκιμασίας, πάτημα διακόπτη από εξεταζόμενο)</p> <p>5) Velocity discrimination: επιλογή ταχύτερης κίνησης μεταξύ δύο παθητικών κινήσεων (0 έως 20° πελμ κάμψης (1<sup>η</sup>) και 20° πελμ κάμψη έως 5° ραχ κάμψης (2<sup>η</sup>). Ταχύτητα κριτηρίου 5°/s, ταχύτητα δοκιμής 10°/s και μείωση 1°/s μέχρι αναφοράς λάθος απάντησης. Μετά, αύξηση ταχύτητας κατά 0,25°/s.</p>
(Nagai et al., 2016)	20 υγιείς	Γόνατο	-JPR -TTDPM -Force - Sense(FS) -Velocity Sense (VS) (αναπαραγωγή ταχύτητας)	Ισοκινητικό δυναμόμετρο(Biodex), 3D Motion Analysis System, air compression sleeve (μόνο για TTDPM)	<p>Δεμένα μάτια, ακουστικά, μόνο επικρατές άκρο</p> <p>1) JPS: αρχική θέση γόνατος 90° , ενεργ. έκταση γόνατο μέχρι 15° (προκαθορισμένο εύρος από Biodex, 10sec κράτημα), παθητική επιστροφή στην αρχική θέση, ενεργ.αναπαραγωγή θέσης και πάτημα κομβίου όταν πιστευε ο δοκιμαζόμενος ότι ήταν στις 15° (5 επαναλήψεις).</p> <p>2) TTDPM: αρχική θέση 15° , έναρξη παθητικής κίνησης από Biodex (είτε κάμψη είτε έκταση) με 0,25° /s, πάτημα κομβίου όταν γίνει αντιληπτή η κίνηση και η κατεύθυνση.</p> <p>3) FS: Αρχικά μέγιστη ισομετρική για καθορισμό MVIC (3 μετρήσεις και mean) προς κάμψη και προς έκταση. Μέτρηση: Αρχική θέση 45° και δύναμη προς έκταση, αναπαραγωγή 30% meanMVIC με οπτική ανατροφοδότηση, διάλειμμα, αναπαραγωγή 30%</p>



					<p>meanMVIC <u>χωρίς</u> ανατροφοδότηση (5 επαναλήψεις). Αντίστοιχα και για κάμψη.</p> <p>4) VS: Αρχικά παθητική κίνηση προς κάμψη και έκταση με 20°/s (5 επαναλήψεις) ROM 0-90° . Μετά, ενεργητική αναπαραγωγή (έκταση και κάμψη) για 10 επαναλήψεις και καταγραφή της κίνησης με 3D Motion Analysis System (15-75° για καταγραφή ταχύτητας).</p>
(Soltys & Wilson, 2008)	17 υγιείς	Οσφύ	-Velocity replication (αναπαραγωγή ταχύτητας)	Ειδικά διαμορφωμένη πλατφόρμα για πλάγια κάμψη κορμού, συσκευή δόνησης, ηχητική συσκευή προσαρμοσμένη στην πλατφόρμα, μετρονόμος	<p>Δεμένα μάτια, πρηνή θέση στην πλατφόρμα, τοποθέτηση συσκευής δόνησης παρασπονδυλικά στο ύψος του Ο3</p> <p>Οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να αναπαράγουν πλάγιες κάμψεις του κορμού (μέγιστο εύρος και προς τις δυο κατευθύνσεις) με ταχύτητες 9,5°/s, 13,5°/s και 17,5°/s. Ο προσδιορισμός των ταχυτήτων και η εξοικείωση με αυτές έγινε με την βοήθεια μετρονόμου και ηχητικής συσκευής που ηχούσε κάθε 7,56° κίνησης. Αφού επιδεικνυόταν η ταχύτητα, ο δοκιμαζόμενος έπρεπε να την αναπαράγει χωρίς ηχητικές ειδοποιήσεις. Η αναπαραγωγή γινόταν υπό τρεις συνθήκες: χωρίς δόνηση, με δόνηση αριστερά, και με δόνηση δεξιά, με τυχαία σειρά. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε για το 30% της μέσης τροχιάς της κάθε κίνησης.</p>
(Verschuere n et al., 2002)	126 άτομα (102 ηλικίας	Ποδοκνημική	-Dynamic position sense	-Συσκευή χειρισμού ποδοκνημικής (manipulandum)	<p>Δεμένα μάτια, καθιστή θέση</p> <p>1) Παθητική κίνηση ποδοκνημικής (15,20,25,30°/s με τυχαία σειρά) προς πελματιαία κάμψη (αρχική θέση 15° ραχιαίας, τελική θέση 20° πελματιαίας, θέση-στόχος 10° πελματιαίας) και άνοιγμα δαχτύλων χεριού (άνοιγμα</p>

	55-75 χρ. Και 24 νέοι)			αποτελούμενο από κινητήρα και ποτενσιόμετρο  - ηλεκτρικό κύκλωμα με μεταλλικές επαφές για δάκτυλα χεριού	κυκλώματος) όταν φτάσει η ποδοκνημική στη θέση-στόχο. 15 μετρήσεις για κάθε ταχύτητα.  2) 65 ηλικιωμένοι και 15 νέοι συμμετείχαν σε επιπλέον έρευνα με την ίδια διαδικασία μέτρησης αλλά με εφαρμογή δόνησης στον πρόσθιο κνημιαίο για μελέτη της συμμετοχής της εκφύλισης της μυϊκής ατράκτου λόγω ηλικίας στη δοκιμασία.  3) Σε επιπλέον πείραμα σε 47 ηλικιωμένους και 15 νέους μελετήθηκε ο ελάχιστος χρόνος επεξεργασίας ιδιοδεκτικών πληροφοριών και κινητικής απάντησης βασισμένο στον χρόνο αντίδρασης ώστε να μελετηθεί η κεντρικής προέλευσης μείωση της ιδιοδεκτικής ικανότητας.
(Deshpande et al., 2003)	24 υγιείς  3 γκρουπ (20-39, 40-59, ≥ 60 χρ.)	Ποδοκνημ ική	-TTDPM  -Ενεργητικό JPS  -Velocity replication (αναπαραγω γή ταχύτητας)	Πλατφόρμα με προσαρμοσμένη επιφάνεια (για ΠΔΚ) συνδεδεμένη με κινητήρα και ποτενσιόμετρο	Κλειστά μάτια, ασθενής όρθιος στην πλατφόρμα  1) TTDPM: κίνηση ΠΔΚ με 0,25°/s 3 φορές προς ραχιαία και πελματιαία κάμψη τυχαία, πάτημα κομβίου όταν γίνει αντιληπτή η κίνηση και η κατεύθυνση, καταγραφή της γωνίας  2) JPS: ενεργητική κίνηση κριτηρίου και αναπαραγωγής στις 5°, 10° πελματιαίας κάμψης και 5° ραχιαίας και πάτημα κομβίου  3) Velocity replication: σε προκαθορισμένο εύρος μεταξύ 20° ραχιαίας και 22° πελματιαίας κάμψης, κίνηση σε ταχύτητα επιλογής από τον δοκιμαζόμενο και αναπαραγωγή της μετά από 5sec.

			- αναπαραγωγή ροπής (torque reproduction)		4) Αναπαραγωγή ροπής: από καθιστή θέση (γόνατο 60° κάμψης, πλάτη καθίσματος 100°) με χρήση προγράμματος από ισοκινητικό δυναμόμετρο, αναπαραγωγή του 50% της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής ροπής για 10sec και 5sec διάλειμμα
(Shields, Madhavan, & Cole, 2005)	19 υγιείς	Ποδοκνημική	-Dynamic position sense	Ισοκινητικό δυναμόμετρο (Kin-Com 125E Plus)  Ποτενσιόμετρο προσαρμοσμένο στον δείκτη για καταγραφή έκτασης μετακαρποφαλαγγικής άρθρωσης	Δεμένα μάτια, ακουστικά, καθιστή θέση  1) Παθητική κίνηση ποδοκνημικής από το δυναμόμετρο σε εύρος 10° ραχιαίας κάμψης μέχρι 30° πελματιαίας με 10 τυχαίες ταχύτητες από 10°/s έως 90°/s. Θέση-στόχος 10° πελματιαίας κάμψης. Οι δοκιμαζόμενοι εκτείνουν τον δείκτη όποτε θεωρούν ότι η ποδοκνημική έχει φτάσει στη θέση-στόχο. 2 μετρήσεις για κάθε ταχύτητα. Δοκιμαστικές συνεδρίες στις 20°/s και 70°/s με οπτική και λεκτική ανατροφοδότηση.  2) Μελέτη του χρόνου αντίδρασης σε 10 άτομα για διερεύνηση του χρόνου επεξεργασίας των ιδιοδεκτικών πληροφοριών από το ΚΝΣ.
(Littmann et al., 2012)	11 γυναίκες με ανακατ	Γόνατο	-JPS παθητικά	Ισοκινητικό δυναμόμετρο (Kin-Com 125E Plus)	Δεμένα μάτια, ακουστικά  1) JPS παθητικά: Επίδειξη της θέσης-στόχου (50° κάμψης) για 5sec. Τυχαία επιλογή αρχικής θέσης γόνατος (20°, 30°, 40°, 60°, 70°, 80°, 90° κάμψης).

ασκευ ή ΠΧΣ και 20 υγιείς		-JPS ενεργητικά  -Dynamic position sense	Αισθητήρας πίεσης τον οποίο πατάει ο δοκιμαζόμενος με τον δείκτη για προσδιορισμό θέσης	<p>Παθητική κίνησης γόνατος από δυναμόμετρο 3°/s από αρχική θέση και πάτημα του αισθητήρα από τον δοκιμαζόμενο όταν αντιληφθεί την θέση-στόχο. 2 επαναλήψεις για κάθε αρχική θέση.</p> <p>2) JPR ενεργητικά: Ίδια διαδικασία με το παθητικό μόνο που υπήρχε ενεργητική κίνηση από τον δοκιμαζόμενο για αναπαραγωγή της θέσης-στόχου με αργή ταχύτητα που επέλεγε ο ίδιος.</p> <p>3) Dynamic Position Sense: Επίδειξη της θέσης-στόχου (50° κάμψης) για 5sec. Αρχική θέση γόνατος 10° κάμψης. Παθητική κίνηση από το δυναμόμετρο με ταχύτητες 40°, 60°, 80°, 90°, και 100°/s σε τυχαία σειρά και πάτημα αισθητήρα από τον δοκιμαζόμενο όταν αντιληφθεί την θέση-στόχο. 4 μετρήσεις για κάθε ταχύτητα. Υπήρχαν δοκιμασίες εξάσκησης πριν την έναρξη των μετρήσεων με ανατροφοδότηση από τον εξεταστή.</p> <p>4) Μελέτη χρόνου αντίδρασης στην δοκιμασία dynamic position sense στις 80° και 100°/s για υπολογισμό του χρόνου επεξεργασίας των ιδιοδεκτικών πληροφοριών.</p>
------------------------------------	--	---	--	---

### *1.1.5. ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ*

Η ιδιοδεκτικότητα είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον αισθητικοκινητικό έλεγχο καθώς παίζει σπουδαίο ρόλο σε μηχανισμούς ανάδρομου (feedback) και πρόδρομου (feedforward) αισθητικοκινητικού ελέγχου της κίνησης ρυθμίζοντας την μυϊκή σκληρότητα, την ακρίβεια της κίνησης, την αρθρική σταθερότητα, τον συντονισμό και την ισορροπία (Clark et al., 2015). Οι πληροφορίες από τους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς κατέχουν σημαντικό ρόλο στον κινητικό προγραμματισμό καθώς και σε προσαρμοστικούς μηχανισμούς που επιδρούν στις αλλαγές απόδοσης κατά τη διάρκεια εκτέλεσης δραστηριοτήτων. Κλινικές καταστάσεις στις οποίες η ιδιοδεκτικότητα έχει απολεσθεί ή μειωθεί τυπικά οδηγούν σε μειωμένο έλεγχο της κίνησης και ο ασθενής πρέπει να στηριχθεί σε οπτικές πληροφορίες για να πετύχει τους παραπάνω μηχανισμούς ελέγχου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δυσκολία στην εκμάθηση νέων κινητικών δραστηριοτήτων, δυσκολία στη βελτίωση της ποιότητας της κίνησης ή στη διατήρηση της ποιότητας κίνησης κατά τη διάρκεια μια σειράς επαναλήψεων λόγω της απουσίας ανατροφοδότησης για την προσαρμογή και την τελειοποίηση των δεξιοτήτων (Shumway-Cook & Woollacott, 2010).

Η μειωμένη ιδιοδεκτικότητα δεν επιδρά μόνο σε λεπτές κινητικές δραστηριότητες αλλά επηρεάζει επίσης την ισορροπία και την βάδιση παρά το γεγονός ότι σε αυτές τις δραστηριότητες οι οπτικές και αισθησιακές πληροφορίες πλεονάζουν (Hillier et al., 2015). Η ηλικία έχει σημαντική επίδραση στην ιδιοδεκτικότητα καθώς η ιδιοδεκτική ικανότητα μειώνεται ειδικά μετά τα 50 έτη και επηρεάζει τις σχετιζόμενες με την ηλικία πτώσεις (Bullock-Saxton et al., 2001; Ribeiro & Oliveira, 2007). Η μειωμένη ιδιοδεκτικότητα εμφανώς εμπλέκεται σε παθολογικές καταστάσεις όπως σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, περιφερικές νευροπάθειες, νόσο Parkinson και Huntington, και εστιακή δυστονία (Abbruzzese & Berardelli, 2003; Richardson, 2002; Tyson et al., 2008). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον υπάρχει και στον ρόλο των διαταραχών της ιδιοδεκτικότητας στην αιτιολογία και την αποκατάσταση ορθοπαιδικών και αθλητικών τραυματισμών (Fu & Hui-Chan, 2007; Parkhurst & Burnett, 1994). Διαταραχές της ιδιοδεκτικότητας μπορούν να συμβούν σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις του μυοσκελετικού συστήματος λόγω πόνου, οιδήματος, τραύματος και κόπωσης (Clark et al., 2015; Røijezon et al., 2015). Για παράδειγμα, μειωμένη ιδιοδεκτικότητα έχει αναφερθεί σε επώδυνες καταστάσεις όπως χρόνια οσφυαλγία, σε εμμένουσες διαταραχές λόγω τραυματισμού δίκην μαστιγίου, και σε ρήξεις προσθίου χιαστού συνδέσμου (Angoules et al., 2011; Gill & Callaghan, 1998; Treleaven et al., 2006). Υπογραμμίζεται λοιπόν η ανάγκη

κλινικής αξιολόγησης των ελλειμμάτων ιδιοδεκτικότητας και η εφαρμογή στοχευμένων παρεμβάσεων για την αποκατάστασή της.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα μιας παρέμβασης που στοχεύει στην βελτίωση της ιδιοδεκτικής λειτουργίας, είναι σημαντική η αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας πριν και μετά την παρέμβαση. Στην προηγούμενη ενότητα έγινε περιγραφή των δοκιμασιών αξιολόγησης των συνιστωσών της ιδιοδεκτικότητας κυρίως με χρήση ερευνητικού εξοπλισμού. Σε κλινικό περιβάλλον όταν ο εξοπλισμός αυτός δεν είναι διαθέσιμος, για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης, της αίσθησης κίνησης και της αίσθησης της δύναμης έχουν χρησιμοποιηθεί γωνιόμετρα, κλισιόμετρα, αισθητήρες πίεσης, δείκτες laser καθώς και smartphones και συστήματα με βιντεοκάμερες (Clark et al., 2015). Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τον κλινικό εξοπλισμό και διάφορες κλινικές δοκιμασίες ο αναγνώστης παραπέμπεται στο άρθρο των Clark et al., (2015).

Στη μυοσκελετική αποκατάσταση έχουν περιγραφεί και χρησιμοποιούνται διάφορες παρεμβάσεις αποκατάστασης της ιδιοδεκτικής λειτουργίας. Παθητικές παρεμβάσεις όπως το manual therapy και διάφορες τεχνικές περίδεσης χρησιμοποιούνται καθώς θεωρείται ότι έχουν άμεση και θετική επίδραση στην ιδιοδεκτικότητα κυρίως μέσω της μείωσης του πόνου και του οιδήματος. Οι ενεργητικές παρεμβάσεις αφορούν κυρίως την βελτίωση της ιδιοδεκτικότητας μέσω της άσκησης. Σε αυτές περιλαμβάνονται ενεργητικές ασκήσεις επανατοποθέτησης όπου ο ασθενής καλείται να αναπαράγει μία θέση στην τραυματισμένη άρθρωση, ασκήσεις για την αίσθηση της δύναμης και της προσπάθειας, ασκήσεις συντονισμού, ασκήσεις ενδυνάμωσης και πλειομετρικές ασκήσεις, ασκήσεις ισορροπίας σε ασταθείς επιφάνειες και ασκήσεις με χρήση πλατφόρμας δόνησης (Clark et al., 2015).

Παρά το γεγονός ότι οι παραπάνω παρεμβάσεις φαίνεται να βελτιώνουν την ιδιοδεκτική λειτουργία, είναι φανερό πως στην πλειοψηφία τους δεν περιλαμβάνουν ασκήσεις που να προπονούν αυτές καθ' αυτές τις διάφορες συνιστώσες της ιδιοδεκτικότητας. Ειδικότερα, στο κομμάτι της αίσθησης της ταχύτητας δεν υπάρχουν αναφορές ούτε για κλινικά πρωτόκολλα αξιολόγησης ούτε για πρωτόκολλα αποκατάστασης ή παρεμβάσεων που να συμβάλλουν στην αποκατάστασή της.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Δεδομένης της έλλειψης κοινών πρωτοκόλλων μέτρησης και ερευνητικά διαθέσιμου εξοπλισμού για την αξιολόγηση της αίσθησης της ταχύτητας, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η δημιουργία ενός πρωτοκόλλου διερεύνησης της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας κίνησης της άρθρωσης του γόνατος με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου, το οποίο θα μπορεί με ευκολία να αναπαραχθεί για διάφορες θέσεις και ταχύτητες και θα χαρακτηρίζεται από αξιοπιστία. Η δημιουργία ενός αξιόπιστου πρωτοκόλλου θα μπορούσε να συμβάλει στην κατανόηση της αίσθησης της ταχύτητας και να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για τη μελλοντική μελέτη των παθολογιών στις οποίες αυτή διαταράσσεται, να αποτελέσει τη βάση για δημιουργία κλινικών πρωτοκόλλων αποκατάστασης αυτής της ιδιοδεκτικής συνιστώσας, καθώς και να συμβάλει στην διερεύνηση της συσχέτισης των διαταραχών της αίσθησης της θέσης με την αίσθηση της ταχύτητας στην άρθρωση του γόνατος.

Για τους άνωθεν λόγους κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος της αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) του προτεινόμενου πρωτοκόλλου το οποίο περιγράφεται παρακάτω.

Έτσι, έχουμε τις κάτωθι δύο ερευνητικές υποθέσεις για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών για την κάθε δοκιμασία:

Μηδενική (H<sub>0</sub>): Δεν υπάρχει αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών για την δοκιμασία 1 (και το ίδιο για την δοκιμασία 2 και δοκιμασία 3).

Εναλλακτική (H<sub>1</sub>): Υπάρχει αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών για την δοκιμασία 1 (και το ίδιο για την δοκιμασία 2 και δοκιμασία 3).

Οι δοκιμασίες που περιλαμβάνει το υπό διερεύνηση πρωτόκολλο περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### **3.1. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑ**

Για την μελέτη των ερευνητικών υποθέσεων πραγματοποιήθηκε έρευνα αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability). Το υπό μελέτη πρωτόκολλο εφαρμόστηκε αρχικά από έναν αξιολογητή (Α) και μετά από 30 λεπτά εφαρμόστηκε από έναν δεύτερο αξιολογητή (Β). Επανάληψη του πρωτοκόλλου έγινε επίσης μια μέρα αργότερα, την ίδια ώρα με την πρώτη μέτρηση, από τον αξιολογητή (Α). Σαφέστερη και αναλυτικότερη περιγραφή του ερευνητικού πρωτοκόλλου και των δοκιμασιών που αυτό περιλάμβανε παρουσιάζονται παρακάτω στην ενότητα «συλλογή δεδομένων». Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο «Εργαστήριο Ανθρώπινης Δραστηριότητας και Αποκατάστασης» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στη Λαμία, 3<sup>ο</sup> χλμ ΠΕΟ Λαμίας – Αθηνών, (<https://www.hprl.physio.uth.gr/>).

Το δείγμα της παρούσας μελέτης αποτελούνταν από 43 υγιείς ενήλικες εθελοντές οι οποίοι πληρούσαν συγκεκριμένα κριτήρια ένταξης στην έρευνα τα οποία περιγράφονται στην αμέσως επόμενη παράγραφο. Η έρευνα χρησιμοποίησε δείγμα ευκολίας το οποίο αποτελείτο από φοιτητές του τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και η πρόσκληση τους έγινε κυρίως μέσω προφορικής ενημέρωσης. Η συμπλήρωση του αριθμού του δείγματος έγινε με τη μέθοδο της χιονοστιβάδας στην οποία οι εθελοντές καλούνταν να ενημερώσουν άτομα του περίγυρού τους τα οποία μπορεί να ενδιαφέρονταν για συμμετοχή στην έρευνα. Με την προσέλευση των ενδιαφερόμενων εκτός από προφορική ενημέρωση σχετικά με τους σκοπούς της έρευνας, δινόταν και ένα έντυπο ενημέρωσης.

#### **3.2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΝΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ**

Στην έρευνα μπορούσαν να ενταχθούν υγιείς εθελοντές άνω των 18 ετών. Τα κριτήρια αποκλεισμού περιλάμβαναν: μη επικρατές δεξί γόνατο, ιστορικό χειρουργείου στο γόνατο, ενέσιμες θεραπείες στο γόνατο τους τελευταίους 3 μήνες, οξύς τραυματισμός στο γόνατο, νευρολογικές διαταραχές και παθήσεις, φλεγμονώδεις παθήσεις των αρθρώσεων των κάτω άκρων συστηματικές ή μη, ψυχιατρικές διαταραχές ή γνωστικά ελλείμματα, διαταραχές μνήμης, εγκυμοσύνη ή θηλασμός, χρόνια χρήση κορτικοστεροειδών.



### **3.3. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

#### *3.3.1. ΙΣΟΚΙΝΗΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΟ*

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με το ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System 3 pro (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, New York, USA) με το οποίο είναι εξοπλισμένο το εργαστήριο Ανθρώπινης Δραστηριότητας και Αποκατάστασης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το συγκεκριμένο ισοκινητικό δυναμόμετρο αποτελεί ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο μέτρησης τόσο για ερευνητικούς όσο και για κλινικούς σκοπούς. Οι μετρήσεις της γωνιακής θέσης, της ισομετρικής ροπής και της ταχύτητας εμφανίζουν εξαιρετικές τιμές αξιοπιστίας με τον συντελεστή ενδοταξικής συσχέτισης (Intraclass Correlation Coefficient, ICC) να υπολογίζεται στο 0,99 για κάθε μεταβλητή τόσο μεταξύ επαναλαμβανόμενων μετρήσεων όσο και μεταξύ διαφορετικών ημερών μέτρησης (Drouin et al., 2004). Οι μετρήσεις της ισομετρικής ροπής και της γωνιακής θέσης χαρακτηρίζονται από εγκυρότητα ενώ η ταχύτητα στις μειομετρικές μετρήσεις θεωρείται έγκυρη μέχρι περίπου τις 300°/sec, με μια συστηματική μείωση στην επίτευξη της ταχύτητας πάνω από τις 300°/sec (Drouin et al., 2004).

#### *3.3.2. ΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟ*

Για την ακριβή τοποθέτηση του γόνατος των εθελοντών στην αρχική θέση μέτρησης χρησιμοποιήθηκε ένα γωνιόμετρο με δύο μακρείς βραχίονες κατασκευασμένους από πλεξιγκλάς (μήκους 30 cm, πάχους 3 mm) της εταιρίας Gima (<https://www.gimaitaly.com/default.asp>). Η διαδικασία της γωνιομέτρησης περιλάμβανε την τοποθέτηση του σταθερού βραχίονα του γωνιομέτρου παράλληλα με τον επιμήκη άξονα του μηρού που εκτείνεται από τον μείζονα τροχαντήρα μέχρι τον έξω μηριαίο κόνδυλο (άξονας περιστροφής γωνιομέτρου), και του κινητού βραχίονα παράλληλα με τον επιμήκη άξονα της περόνης που εκτείνεται από την κεφαλή της περόνης μέχρι το έξω σφυρό. Η διαδικασία της μέτρησης έχει περιγραφεί και από άλλους ερευνητές και χαρακτηρίζεται από εξαιρετική αξιοπιστία μεταξύ του ίδιου εξεταστή (intra-rater reliability) (ICC > 0.98) και διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) ( $r = 0.98$ ; ICC = 0.99), και εξαιρετική εγκυρότητα ( $r = 0.97-0.98$ ; ICC = 0.98-0.99) συγκρινόμενη με ακτινογραφική απεικόνιση (Gogia et al., 1987; Hancock et al., 2018). Η χρήση του γωνιομέτρου με μακρύ βραχίονα επιλέχθηκε ως πιο αξιόπιστη καθώς τα γωνιόμετρα με μικρούς βραχίονες εμφανίζουν μικρότερη αξιοπιστία μετρήσεων στην άρθρωση του γόνατος (Hancock et al., 2018).

### 3.3.3. ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ

Στα εργαλεία μέτρησης συμπεριλήφθηκε και ένας ψηφιακός μετρητής γωνίας (ψηφιακό μοιρογνωμόνιο) ή κλισιόμετρο (inclinometer) του εμπορίου το οποίο τοποθετούνταν στον βραχίονα του ισοκινητικού δυναμόμετρου με σκοπό τον προσδιορισμό της ακριβούς θέσης του βραχίονα. Το κλισιόμετρο ήταν της εταιρίας CMT, Orange Tools ® (<https://www.cmtorangetools.com/na-en/systems-and-accessories/digital-angle-gauge>), λειτουργούσε με μπαταρίες, είχε διαστάσεις 60x60x28mm, με ενσωματωμένο μαγνήτη στη βάση για προσκόλληση σε οποιαδήποτε μεταλλική επιφάνεια, με εύρος μέτρησης  $\pm 180^\circ$  και ακρίβεια  $0,1^\circ$ . Πριν την χρήση η βαθμονόμηση του εργαλείου έγινε σε επίπεδη επιφάνεια με την βοήθεια αεροστάθμης (αλφάδι φουσαλίδας).

### **3.4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τα δεδομένα σχετικά με την αίσθηση της θέσης και την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος συλλέχθηκαν με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου. Πριν την έναρξη των μετρήσεων γινόταν βαθμονόμηση του ισοκινητικού δυναμόμετρου, επιλεγόταν ο βραχίονας για μέτρηση του δεξιού γόνατος, και το μηχάνημα ρυθμιζόταν κατάλληλα. Η πλάτη του καθίσματος ρυθμίστηκε στις  $110^\circ$  ώστε να αποφευχθεί η πιθανή τάση των οπισθίων μηριαίων κατά τη διαδικασία της μέτρησης.

Οι συμμετέχοντες προσέρχονταν στο χώρο των μετρήσεων κατόπιν ραντεβού και υποχρεωτικά με αθλητική περιβολή (σορτσάκι). Αυτό είχε ως σκοπό την διευκόλυνση των μετρήσεων και της γωνιομέτρησης, την αποφυγή αισθητικής πληροφόρησης από τους δερματικούς υποδοχείς της περιοχής μέσω της σχετικής κίνησης του παντελονιού με το δέρμα, και την απρόσκοπτη κίνηση του γόνατος. Πριν καθίσουν οι δοκιμαζόμενοι στο δυναμόμετρο γινόταν μέτρηση του ύψους και του βάρους τους με το αναστημόμετρο και την ηλεκτρονική ζυγαριά με τα οποία είναι εξοπλισμένο το εργαστήριο Ανθρώπινης Δραστηριότητας και Αποκατάστασης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Επίσης, σημειώνονταν με ειδικό μαρκαδόρο οι διάφορες ανατομικές περιοχές (μείζονας τροχαντήρας, έξω μηριαίος κόνδυλος, κεφαλή περόνης, έξω σφυρό) από πλάγια κατάκλιση και σε θέση κάμψης του γόνατος ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία της γωνιομέτρησης αργότερα. Ο υπεύθυνος ερευνητής κρατούσε ηλεκτρονικό αρχείο με τα προσωπικά στοιχεία του κάθε δοκιμαζόμενου (ονοματεπώνυμο, ηλικία, τηλέφωνο) καθώς και με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά (ύψος, βάρος, δείκτης μάζας σώματος).

Στη συνέχεια, οι δοκιμαζόμενοι κάθονταν στο κάθισμα του ισοκινητικού δυναμομέτρου και γίνονταν οι απαραίτητες ρυθμίσεις στη θέση. Έτσι, ο άξονας περιστροφής του βραχίονα βρισκόταν στην ίδια ευθεία με τον έξω μηριαίο κόνδυλο του δεξιού γόνατος, το σημείο πρόσδεσης του βραχίονα βρισκόταν πάνω από το έσω και έξω σφυρό, και ο μηρός υποστηριζόταν από τη βάση του καθίσματος σε όλο του το μήκος χωρίς ωστόσο να περιορίζεται το εύρος της κάμψης του γόνατος από την επαφή των μαλακών μορίων με το κάθισμα. Εκτός από το σημείο πρόσδεσης του βραχίονα πάνω από το έσω και έξω σφυρό του δεξιού γόνατος, ένας μιάντας πρόσδεσης σταθεροποιούσε τον μηρό των δοκιμαζόμενων στο κάθισμα. Στους δοκιμαζόμενους δινόταν μια αδιαφανής, μαύρη μάσκα ύπνου την οποία φορούσαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ώστε να αποκλειστεί η συνεισφορά της όρασης στις δοκιμασίες και να απομονωθούν οι ιδιοδεκτικοί υποδοχείς ως κύριες πηγές αισθητικής πληροφόρησης. Οι δοκιμαζόμενοι λύνονταν και μπορούσαν να αφαιρέσουν την μάσκα στα διαλείμματα 5 λεπτών που γίνονταν μεταξύ των τριών δοκιμασιών αξιολόγησης. Στο χώρο του εργαστηρίου επικρατούσε ησυχία ώστε να μην αποσπώνται οι δοκιμαζόμενοι κατά τη συγκέντρωσή τους στις δοκιμασίες. Σχετική ανακοίνωση στην πόρτα του εργαστηρίου ενημέρωνε τους παρευρισκόμενους για τήρηση ησυχίας κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Το υπό μελέτη πρωτόκολλο περιλάμβανε τρεις δοκιμασίες. Η δοκιμασία 1 αφορούσε την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης του γόνατος, η δοκιμασία 2 αφορούσε την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος, ενώ η δοκιμασία 3 συνδύαζε στοιχεία τόσο για την αίσθηση της θέσης όσο και για την αίσθηση της ταχύτητας. Σε κάθε δοκιμασία γίνονταν 5 επαναλήψεις. Στην πρώτη δοκιμασία οι δύο πρώτες επαναλήψεις χρησίμευαν ως δοκιμαστικές για εξοικείωση των δοκιμαζόμενων με την διαδικασία της μέτρησης. Αντίστοιχα, στις υπόλοιπες δυο δοκιμασίες η πρώτη επανάληψη χρησίμευσε ως δοκιμαστική. Στην ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι τρεις τελευταίες επαναλήψεις για την πρώτη δοκιμασία, και οι τέσσερις τελευταίες επαναλήψεις για την δεύτερη και τρίτη δοκιμασία. Πριν από κάθε δοκιμασία ο υπεύθυνος ερευνητής ενημέρωνε τον συμμετέχοντα σχετικά με την διαδικασία ώστε αυτή να καταστεί σαφής και κατανοητή. Οι δοκιμαζόμενοι προτρέπονταν να ζητήσουν διευκρινήσεις σχετικά με οποιοδήποτε σημείο της διαδικασίας δεν ήταν πλήρως κατανοητό. Για την διερεύνηση της αξιοπιστίας της διαδικασίας μέτρησης, όλες οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Οι δοκιμασίες περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω, ενώ, συνοπτικά στοιχεία για τις δοκιμασίες παρατίθενται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας (Παράρτημα Β, σελ.59).

### 3.4.1. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 1

#### *ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ (JOINT POSITION SENSE, JPS)*

Στην δοκιμασία αυτή εξεταζόταν η ικανότητα των δοκιμαζόμενων να αντιληφθούν σε ποια θέση βρίσκεται το γόνατό τους. Για αυτόν τον λόγο οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν ότι το γόνατό τους θα κινηθεί παθητικά και θα σταματήσει σε συγκεκριμένη θέση και πως αυτοί πρέπει να εστιάσουν την προσοχή τους στην θέση αυτή. Στην συνέχεια, το γόνατο τους θα κινηθεί ξανά παθητικά και εκείνοι θα πρέπει να πατήσουν ένα κουμπί που θα τους δοθεί όταν το γόνατό τους φτάσει στην θέση που τους επιδείχθηκε νωρίτερα.

Για αυτή την δοκιμασία το ισοκινητικό δυναμόμετρο τέθηκε σε λειτουργία ιδιοδεκτικότητας παθητικά (Proprioception Mode-Passive). Το λογισμικό του Biodex 3 Pro διαθέτει έτοιμα πρωτόκολλα με τροποποιήσιμες παραμέτρους για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης διαφόρων αρθρώσεων (ώμος, αγκώνας, καρπός, ισχίο, γόνατο, ποδοκνημική). Ειδικότερα, το ισοκινητικό ρυθμίστηκε για μέτρηση του δεξιού γόνατος, το εύρος κίνησης ορίστηκε από τις 90° κάμψης μέχρι τις 0° έκτασης με τη χρήση γωνιομέτρου. Η ταχύτητα της παθητικής κίνησης ορίστηκε στις 5°/sec, η θέση-στόχος στις 45°, ο χρόνος παραμονής στη θέση-στόχο ρυθμίστηκε στα 5 δευτερόλεπτα, και οι επαναλήψεις στις 5. Αντίστοιχα πρωτόκολλα για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης έχουν περιγραφεί και από άλλους ερευνητές (Dieling et al., 2014; Han et al., 2016; Négyesi et al., 2019).

Έτσι, η διαδικασία της μέτρησης είχε ως εξής: Ο εξεταστής κινούσε τον βραχίονα στον οποίο ήταν προσδεμένο το άκρο (παθητική κίνηση για τον δοκιμαζόμενο) και το ισοκινητικό σταματούσε την κίνηση στην προκαθορισμένη θέση των 45° για 5 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια, το πόδι επέστρεφε στην αρχική θέση των 90° και από εκεί ξεκινούσε ξανά παθητική κίνηση και ο δοκιμαζόμενος πατούσε το κουμπί παύσης όποτε πίστευε ότι έφτασε στη θέση-στόχο. Η διαδικασία επαναλαμβανόταν 5 φορές. Στην πρώτη επανάληψη επιτρεπόταν στον δοκιμαζόμενο να βλέπει ενώ στις υπόλοιπες τα μάτια του ήταν κλειστά με μάσκα ύπνου. Η επίδοση στην δοκιμασία παρέμεινε κρυφή για τους δοκιμαζόμενους.

### 3.4.2. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 2

#### *ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ-ΣΤΟΧΟΥ (VELOCITY REPLICATION, VR)*

Για την αξιολόγηση της αίσθησης της ταχύτητας του γόνατος επιλέχθηκε μια δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας. Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν πως το γόνατο τους θα κινηθεί παθητικά με συγκεκριμένη ταχύτητα στην οποία πρέπει να εστιάσουν την προσοχή τους και

πως μετά, θα τους ζητηθεί να αναπαράγουν ενεργητικά την ίδια ταχύτητα με την οποία κινήθηκε το γόνατό τους από το ισοκινητικό δυναμόμετρο.

Για τους σκοπούς της δοκιμασίας το ισοκινητικό δυναμόμετρο τέθηκε, αρχικά, σε λειτουργία παθητικής κίνησης (Passive motion mode) ώστε να επιδειχθεί η ταχύτητα στον δοκιμαζόμενο. Η ταχύτητα της κίνησης ρυθμίστηκε στις 10°/sec, το εύρος κίνησης από τις 90° κάμψης μέχρι τις 0° έκτασης με χρήση γωνιομέτρου, για 5 επαναλήψεις (End by reps). Στο σημείο που ορίστηκε η αρχική γωνία των 90° του γόνατος, ο υπεύθυνος ερευνητής τοποθέτησε στον μεταλλικό βραχίονα του δυναμομέτρου το ψηφιακό κλισιόμετρο και κατέγραψε την ένδειξη. Η ενέργεια αυτή είχε ως στόχο να διευκολύνει την διαδικασία της μέτρησης και επεξηγείται παρακάτω. Αμέσως μετά, ο δοκιμαζόμενος φορούσε την μάσκα ύπνου και το ισοκινητικό δυναμόμετρο κινούσε 5 φορές παθητικά το γόνατο με την προκαθορισμένη ταχύτητα και στο συγκεκριμένο εύρος κίνησης.

Στη συνέχεια, και μετά το τέλος της παθητικής κίνησης, ο ερευνητής έλυνε τον δοκιμαζόμενο, του επέτρεπε να βγάλει την μάσκα, περιέστρεφε το κάθισμα προς το πλάι και του ζητούσε να μείνει χαλαρός μέχρι το ισοκινητικό δυναμόμετρο να ρυθμιστεί για την αναπαραγωγή της ταχύτητας. Η διαδικασία μέχρι την εκ νέου ρύθμιση του ισοκινητικού δυναμομέτρου διαρκούσε περίπου 1 λεπτό.

Για την αναπαραγωγή της ταχύτητας το ισοκινητικό δυναμόμετρο τέθηκε σε ισοκινητική λειτουργία μειομετρικής συστολής και προς τις δυο κατευθύνσεις (Isokinetic Mode, CON/CON). Η ταχύτητα ορίστηκε στις 500°/sec και ο χρόνος καταγραφής δεδομένων στα 120 δευτερόλεπτα (End by time). Αυτό επέτρεπε στον δοκιμαζόμενο να αναπαράγει την ταχύτητα όπως ο ίδιος την αντιλαμβανόταν χωρίς να τον περιορίζει το ισοκινητικό δυναμόμετρο. Το εύρος κίνησης ήταν 90° με 0° και οριζόταν με την βοήθεια κλισιόμετρου από τον ερευνητή χωρίς το άκρο του δοκιμαζόμενου να είναι δεμένο στο βραχίονα καθώς αυτό θα επηρέαζε την αντιπροσώπευση/απομνημόνευση της κίνησης κριτηρίου στο ΚΝΣ. Η προηγούμενη καταγεγραμμένη μέτρηση του κλισιόμετρου χρησίμευε στην εύρεση της ακριβούς θέσης του βραχίονα που αντιστοιχούσε στις 90° κάμψης του γόνατος του δοκιμαζόμενου.

Μετά από τις παραπάνω ρυθμίσεις, ο ερευνητής γυρνούσε το κάθισμα με τον δοκιμαζόμενο, το πόδι δενόταν στον βραχίονα, ο δοκιμαζόμενος φορούσε την μάσκα, και αναπαρήγαγε ενεργητικά την ταχύτητα-στόχο 5 φορές.

### 3.4.3. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 3

#### *ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΣΗΣ-ΣΤΟΧΟΥ ΥΠΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (DYNAMIC POSITION SENSE, DPS)*

Η συγκεκριμένη δοκιμασία συνδυάζει στοιχεία των δοκιμασιών για την αίσθηση της θέσης και για την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης. Η δοκιμασία αυτή, παρότι εμφανίζει κοινά σημεία με τις δοκιμασίες για την αίσθηση της δυναμικής θέσης (Dynamic position sense) που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια για την αίσθηση της ταχύτητας, διαφοροποιείται ως προς την ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας από τον δοκιμαζόμενο. Η δοκιμασία που επιλέχθηκε στην παρούσα έρευνα αναλύεται παρακάτω.

Στην συγκεκριμένη δοκιμασία, οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν πως το γόνατό τους θα κινηθεί παθητικά με συγκεκριμένη ταχύτητα και θα σταματήσει σε συγκεκριμένη θέση. Οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να συγκεντρωθούν τόσο στην ταχύτητα της κίνησης όσο και στην θέση που σταμάτησε το πόδι. Στην συνέχεια, ο ερευνητής ζητούσε από τον κάθε δοκιμαζόμενο να αναπαράγει ενεργητικά την ταχύτητα που του επιδείχθηκε και να πατήσει το κουμπί παύσης όταν αντιληφθεί την θέση στην οποία σταμάτησε το γόνατο νωρίτερα.

Αρχικά, για την επίδειξη της θέσης και της ταχύτητας, το ισοκινητικό δυναμόμετρο τέθηκε σε ισοκινητική λειτουργία μειομετρικής συστολής και προς τις δυο κατευθύνσεις (Isokinetic mode, CON/CON), με ταχύτητα 10°/sec και σε εύρος κίνησης από 90° κάμψης μέχρι 45° έκτασης με χρήση γωνιομέτρου, και για 5 επαναλήψεις (End by reps). Στο σημείο που ορίστηκε η αρχική γωνία των 90° του γόνατος, ο υπεύθυνος ερευνητής τοποθέτησε στον μεταλλικό βραχίονα του δυναμομέτρου το ψηφιακό κλισιόμετρο και κατέγραψε την ένδειξη. Με τον δοκιμαζόμενο να φοράει την μάσκα ύπνου, ο ερευνητής κινούσε τον βραχίονα του ισοκινητικού δυναμομέτρου (παθητική κίνηση για τον δοκιμαζόμενο) με την προκαθορισμένη ταχύτητα που επέτρεπε το μηχάνημα. Στο τέλος του εύρους κίνησης, δηλαδή στη θέση των 45°, ο ερευνητής παρέμενε για 5 δευτερόλεπτα ώστε ο δοκιμαζόμενος να απομνημονεύσει την θέση, και ύστερα επέστρεφε στην αρχική θέση των 90°. Η διαδικασία επαναλήφθηκε 5 φορές.

Στη συνέχεια, και μετά το τέλος της παθητικής κίνησης, ο ερευνητής έλυνε τον δοκιμαζόμενο, του επέτρεπε να βγάλει την μάσκα, περιέστρεφε το κάθισμα προς το πλάι και του ζητούσε να μείνει χαλαρός μέχρι το ισοκινητικό δυναμόμετρο να ρυθμιστεί για την αναπαραγωγή της θέσης και της ταχύτητας. Η διαδικασία μέχρι την εκ νέου ρύθμιση του ισοκινητικού δυναμομέτρου διαρκούσε περίπου 1 λεπτό.

Για την αναπαραγωγή της θέσης και της ταχύτητας το ισοκινητικό δυναμόμετρο τέθηκε σε ισοκινητική λειτουργία μειομετρικής συστολής και προς τις δυο κατευθύνσεις (Isokinetic Mode, CON/CON). Η ταχύτητα ορίστηκε στις 500°/sec και ο χρόνος καταγραφής δεδομένων στα 100 δευτερόλεπτα (End by time). Το εύρος κίνησης ορίστηκε από 90° μέχρι 0° και ρυθμιζόταν με την βοήθεια κλισιόμετρου από τον ερευνητή χωρίς το άκρο του δοκιμαζόμενου να είναι δεμένο στο βραχίονα για τους λόγους που αναφέρθηκαν νωρίτερα.

Μετά από τις παραπάνω ρυθμίσεις, ο ερευνητής γυρνούσε το κάθισμα με τον δοκιμαζόμενο, το πόδι δενόταν στον βραχίονα, ο δοκιμαζόμενος φορούσε την μάσκα, και αναπαρήγαγε ενεργητικά την ταχύτητα-στόχο 5 φορές και πατούσε το κουμπί παύσης όταν πίστευε πως ήτανε στη θέση-στόχο.

Είναι σημαντικό να ειπωθεί πως στην αρθρογραφία, για την άρθρωση του γόνατος, έχουν δοκιμαστεί διάφορες θέσεις και διάφορες ταχύτητες για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας αντίστοιχα. Στη παρούσα έρευνα επιλέχθηκαν αυτές ως οι καλύτερες για την διαδικασία, αλλά επειδή στόχος είναι η δημιουργία ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης, οι ταχύτητες και οι θέσεις αυτές μπορούν να αλλάξουν ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε ερευνητή.

Όλες οι παραπάνω μετρήσεις έγιναν από τον ίδιο αξιολογητή (Αξιολογητής Β-Τσουκαλάς Κωνσταντίνος) εφόσον ο εθελοντής είχε ολοκληρώσει όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από έναν άλλο αξιολογητή (Αξιολογητής Α-Μαλιούσης Ιωάννης) και είχε γίνει ένα διάλειμμα 30 λεπτών. Ο Αξιολογητής Β ήταν τυφλός ως προς τις καταγραφές του πρώτου αξιολογητή. Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία και από τον αξιολογητή Β, ο συμμετέχοντας αποχωρούσε. Στον συμμετέχοντα ζητήθηκε στο μεσοδιάστημα που αφορά τις μετρήσεις ελέγχου-επανελέγχου του αξιολογητή Α να απέχει από οποιαδήποτε δραστηριότητα (π.χ. άθληση, εκπαίδευση ισορροπίας) που θα μπορούσε να επηρεάσει σημαντικά την σωματοαισθητικότητά του. Οι συνθήκες του εργαστηρίου παρέμειναν σταθερές σε όλες τις μετρήσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος IBM SPSS® version 26 (IBM Corp. Released 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.). Τα διαστήματα εμπιστοσύνης (CI) τέθηκαν στο 95% και η στατιστική σημαντικότητα στο  $P \leq 0.05$ . Η περιγραφή του δείγματος πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας περιγραφικούς στατιστικούς δείκτες όπως μέσους όρους και τυπικές αποκλίσεις. Η αξιοπιστία ελέγχθηκε μεταξύ των διαφορετικών αξιολογητών (inter-rater reliability) για όλες τις δοκιμασίες. Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν περιλάμβαναν τον συντελεστή ενδοταξικής συσχέτισης (Intraclass Correlation Coefficient, ICC) και τα αντίστοιχα ανώτατα και κατώτατα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης (CI), το τυπικό σφάλμα μέτρησης (Standard Error of Measurement, SEM) και την ελάχιστη ανιχνεύσιμη διαφορά (Smallest Detectable Difference, SDD). Χαρακτηριστικό του δείκτη ICC είναι ότι αντικατοπτρίζει τόσο τον βαθμό συσχέτισης όσο και την συμφωνία μεταξύ μετρήσεων για συνεχή δεδομένα (Koo & Li, 2016; Perinetti, 2018).

Για όλα τα δεδομένα των μετρήσεων, αρχικά, υπολογίστηκε το απόλυτο σφάλμα από τον στόχο δηλαδή η απόλυτη τιμή της διαφοράς από τις 10°/sec για την ταχύτητα και από τις 45° για την θέση. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των μεταβλητών για το σύνολο των επαναλήψεων της κάθε δοκιμασίας για κάθε εξεταστή. Για τις μετρήσεις της ταχύτητας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μόνο για την έκταση του γόνατος. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο two-way random-effect, absolute agreement, multiple raters ή ICC (2,k) ως το καταλληλότερο για αυτού του είδους τις μελέτες αξιοπιστίας και καθώς αποτελεί το συχνότερα χρησιμοποιούμενο μοντέλο στην αρθρογραφία και προσφέρει μεγαλύτερη γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων (Koo & Li, 2016; Perinetti, 2018). Το SEM υπολογίστηκε βρίσκοντας από τον πίνακα ANOVA την τετραγωνική ρίζα ( $\sqrt{\text{mean square}}$ ) στην στήλη “Residual”. Το SDD υπολογίστηκε από τον τύπο:  $SDD = 1.96 * \sqrt{2} * SEM$  (Portney & Watkins, 2009). Αυτούσιοι οι πίνακες όπως εμφανίζονται στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS παρουσιάζονται στα παραρτήματα (Παράρτημα Γ, σελ.61).

Στην στατιστική ανάλυση για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων συμπεριλήφθηκαν 41 άτομα. Από το σύνολο των 43 δοκιμαζόμενων δυο άτομα επέδειξαν τιμές με μεγάλη τυπική απόκλιση για την δοκιμασία 1 (αίσθηση της θέσης) και για την δοκιμασία 2 (αίσθηση της ταχύτητας). Για τον λόγο αυτό εξαιρέθηκαν από όλες τις δοκιμασίες στην στατιστική ανάλυση. Αξίζει να



σημειωθεί πως η αφαίρεση των δύο ατόμων με τις ακραίες τιμές δεν επηρέασε σε καμία περίπτωση σημαντικά τους υπόλοιπους δείκτες πέραν των δοκιμασιών στις οποίες τα άτομα αυτά εμφάνιζαν μεγαλύτερες διακυμάνσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα άτομα του δείγματος. Τέλος, όπως είχε αναφερθεί και νωρίτερα, στην στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις τελευταίες επαναλήψεις για την δοκιμασία 1 (Αίσθηση της θέσης ή Joint Position Sense), και οι τέσσερις τελευταίες επαναλήψεις για τις δοκιμασίες 2 (Αναπαραγωγή ταχύτητας-στόχου ή Velocity Replication) και δοκιμασία 3 (Αναπαραγωγή θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα ή Dynamic Position Sense). Για την δοκιμασία 3 έγινε μια στατιστική ανάλυση για την μεταβλητή της ταχύτητας και μια στατιστική ανάλυση για την μεταβλητή της θέσης.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (Inter-rater reliability) του προτεινόμενου πρωτοκόλλου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5. ΗΘΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Απαραίτητη προϋπόθεση για την διεξαγωγή της έρευνας ήταν η έγκρισή της από την επιτροπή ηθικής και δεοντολογίας του τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν πλήρως για το σκοπό της έρευνας προφορικά και γραπτώς και τους δινόταν επαρκής χρόνος να μελετήσουν το «Έντυπο Ενημέρωσης Υποψήφιου Εθελοντή» το οποίο και κρατούσαν. Πριν την έναρξη των μετρήσεων οι συμμετέχοντες υπέγραφαν το έντυπο «Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση» και κρατούσαν ένα αντίγραφο αυτού. Όλα τα έντυπα που δόθηκαν στους συμμετέχοντες καθώς και η έγκριση της επιτροπής ηθικής παρουσιάζονται στα παραρτήματα της παρούσας εργασίας (Παράρτημα Δ, σελ.65).

Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν πως ο σκοπός της έρευνας είναι η δημιουργία ενός πρωτοκόλλου για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης και της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος και η διερεύνηση της αξιοπιστίας του. Ο κάθε συμμετέχοντας μπορούσε να λάβει μέρος στην έρευνα μόνο μετά από έγγραφη συγκατάθεσή του και η συμμετοχή του είναι εθελοντική. Ο δοκιμαζόμενος είχε το δικαίωμα να αποχωρίσει από την έρευνα ακόμη και μετά την υπογραφή του εντύπου συναίνεσης και χωρίς να δώσει καμία εξήγηση και χωρίς καμιά συνέπεια. Τα προσωπικά δεδομένα που συλλέχθηκαν δεν αποκαλύφθηκαν αλλού και παρέμειναν εμπιστευτικά τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά το τέλος της έρευνας. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν γραπτώς τα στοιχεία επικοινωνίας του υπεύθυνου ερευνητή και του

εισηγητή της έρευνας. Οι δοκιμαζόμενοι παροτρύνονταν να επικοινωνήσουν με τον υπεύθυνο της έρευνας για οποιαδήποτε αμφιβολία είχαν ή αν χρειαζόνταν περισσότερες πληροφορίες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 6.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Συνολικά 41 άτομα, 23 γυναίκες και 18 άντρες με μέση ηλικία 20.7 έτη, συμπεριλήφθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων σχετικά με την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών. Η περιγραφική στατιστική για τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος εν συνόλω παρουσιάζεται παρακάτω (Πίνακας 6.1).

**Πίνακας 6. 1.** Περιγραφική στατιστική των σωματομετρικών χαρακτηριστικών του δείγματος συνολικά.

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ηλικία (χρόνια)	41	17.00	18.00	35.00	20.6585	2.88626
Ύψος (εκ)	41	36.00	155.00	191.00	172.0488	9.00819
Βάρος (κιλά)	41	68.00	44.00	112.00	70.0244	12.75243
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	41	15.30	17.40	32.70	23.5683	3.24280
Valid N (listwise)	41					

Στους κάτωθι πίνακες (Πίνακας 6.2 και Πίνακας 6.3) γίνεται περιγραφή των σωματομετρικών χαρακτηριστικών ανά φύλο.

**Πίνακας 6. 2.** Περιγραφική στατιστική των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των γυναικών του δείγματος.

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ηλικία (χρόνια)	23	17.00	18.00	35.00	20.9130	3.38329
Ύψος (εκ)	23	22.00	155.00	177.00	165.6957	5.02209
Βάρος (κιλά)	23	37.00	44.00	81.00	63.7826	9.08023
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23	10.50	17.40	27.90	23.2000	2.92621
Valid N (listwise)	23					

a. Φύλο = Γυναίκα

**Πίνακας 6. 3.** Περιγραφική στατιστική των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των ανδρών του δείγματος.

<b>Descriptive Statistics<sup>a</sup></b>						
	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ηλικία (χρόνια)	18	10.00	18.00	28.00	20.3333	2.14202
Ύψος (εκ)	18	21.00	170.00	191.00	180.1667	5.82338
Βάρος (κιλά)	18	49.00	63.00	112.00	78.0000	12.48529
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18	12.60	20.10	32.70	24.0389	3.63919
Valid N (listwise)	18					

a. Φύλο = Άνδρας

## **6.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΤΩΝ**

Η περιγραφή των αποτελεσμάτων που παρατίθενται σε αυτό το κεφάλαιο έγινε σε συμφωνία με τις γενικότερες οδηγίες περιγραφής του δείκτη αξιοπιστίας ICC. Έτσι, τιμές μικρότερες από 0.5 είναι ενδεικτικές φτωχής αξιοπιστίας, τιμές μεταξύ 0.5 και 0.75 είναι ενδεικτικές μέτριας αξιοπιστίας, τιμές μεταξύ 0.75 και 0.90 είναι ενδεικτικές καλής αξιοπιστίας, και τιμές μεγαλύτερες από 0.90 καταδεικνύουν εξαιρετική αξιοπιστία (Koo & Li, 2016; Perinetti, 2018).

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, για την δοκιμασία 1 (αίσθηση της θέσης, JPS) ο δείκτης ICC για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) ήταν μεταξύ φτωχής και μέτριας αξιοπιστίας έχοντας τιμή 0.54 με τα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης (95%CI) να κυμαίνονται από 0.15 έως 0.75 ( $p=0.007$ ). Το τυπικό σφάλμα μέτρησης (SEM) ήταν 1.58 και η ελάχιστη ανιχνεύσιμη διαφορά (SDD) ήταν 4.38.

Για την δοκιμασία 2 (Αναπαραγωγή ταχύτητας-στόχου, VR) ο δείκτης ICC για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) ήταν μεταξύ φτωχής και καλής αξιοπιστίας έχοντας τιμή 0.64 με τα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης (95%CI) να κυμαίνονται από 0.32 έως 0.81 ( $p=0.001$ ). Το τυπικό σφάλμα μέτρησης (SEM) ήταν 1.40 και η ελάχιστη ανιχνεύσιμη διαφορά (SDD) ήταν 3.88.

Για την δοκιμασία 3 (Αναπαραγωγή θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα ή DPS) ο δείκτης ICC για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) ως προς την ταχύτητα (Velocity) ήταν μεταξύ φτωχής και καλής αξιοπιστίας έχοντας τιμή 0.69 με τα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης (95%CI) να κυμαίνονται από 0.39 έως 0.84 ( $p<0.001$ ). Το τυπικό σφάλμα μέτρησης (SEM) ήταν 0.88 και η ελάχιστη ανιχνεύσιμη διαφορά (SDD)

ήταν 2.44. Αντίστοιχα, ως προς την θέση (Position), ο δείκτης ICC για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) ήταν μεταξύ φτωχής και μέτριας αξιοπιστίας έχοντας τιμή 0.34 με τα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης (95%CI) να κυμαίνονται από -0.26 έως 0.65 ( $p=0.104$ ). Το τυπικό σφάλμα μέτρησης (SEM) ήταν 4.08 και η ελάχιστη ανιχνεύσιμη διαφορά (SDD) ήταν 11.31.

Συνολικά τα αποτελέσματα για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) για όλες τις δοκιμασίες του υπό διερεύνηση πρωτοκόλλου παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 6.4). Αυτούσι οι πίνακες των αποτελεσμάτων όπως εμφανίζονται στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS παρουσιάζονται στα παραρτήματα (Παράρτημα Γ, σελ.61).

**Πίνακας 6. 4.** Αποτελέσματα για την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability) για όλες τις δοκιμασίες του υπό διερεύνηση πρωτοκόλλου.

	ICC	95% CI lower	95% CI upper	SEM	Grand mean	SDD	SEM% of grand mean	SDD% of grand mean	p- value (Sig)
JPS	0.54	0.15	0.75	1.58	3.89	4.38	40.7	112.6	0.007
VR	0.64	0.32	0.81	1.40	2.48	3.88	56.2	156.5	0.001
DPS velocity	0.69	0.39	0.84	0.88	2.87	2.44	30.9	85.0	0.000
DPS position	0.34	-0.26	0.65	4.08	6.78	11.31	60.15	166.8	0.104

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### 7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### **7.1. ΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ (JOINT POSITION SENSE, JPS)**

Η αίσθηση της θέσης της άρθρωσης χρησιμοποιείται κατά κόρον σε κλινικό και ερευνητικό επίπεδο για την μέτρηση της ιδιοδεκτικής λειτουργίας του γόνατος αλλά και άλλων αρθρώσεων (Angoules et al., 2011; Dieling et al., 2014; Han et al., 2016; Hillier et al., 2015; Relph et al., 2014; Strong et al., 2021). Για παράδειγμα, οι δοκιμασίες για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης με χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου αποτελεί την συχνότερα χρησιμοποιούμενη διαδικασία για την μέτρηση της ιδιοδεκτικής λειτουργίας της άρθρωσης του γόνατος σε ασθενείς με τραυματισμό του προσθίου χιαστού συνδέσμου (Strong et al., 2021). Παρά την ευρεία χρήση του, ελάχιστες έρευνες αναφέρουν στοιχεία σχετικά με την αξιοπιστία της διαδικασίας μέτρησης με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου.

Η συστηματική ανασκόπηση των Smith et al., (2013) αποτελεί την πιο πρόσφατη προσπάθεια ολοκληρωμένης επισκόπησης της αξιοπιστίας των δοκιμασιών της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης του γόνατος με διάφορο εξοπλισμό (Smith et al., 2013). Η ανασκόπηση αυτή κατάφερε να εντοπίσει μόλις πέντε έρευνες οι οποίες χρησιμοποιούσαν ισοκινητικό δυναμόμετρο (Fatoye et al., 2008; Marks, 1995; Nobori et al., 2004; Pincivero et al., 2001; Selfe et al., 2006). Η περαιτέρω μελέτη των ερευνών αποκάλυψε πως μόνο δύο εξ αυτών χρησιμοποίησαν πρωτόκολλο παθητικής επίδειξης της θέσης και παθητικής αναπαραγωγής όπως η παρούσα έρευνα για μελέτη αξιοπιστίας (Fatoye et al., 2008; Nobori et al., 2004). Δυστυχώς, από το σύνολο των ερευνών μόνο η έρευνα των Nobori et al., (2004) αναφέρει στοιχεία αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability). Η έρευνα των Fatoye et al., (2008) παρότι χρησιμοποίησε παρόμοιο πρωτόκολλο, ανέφερε στοιχεία μόνο για την αξιοπιστία του ίδιου εξεταστή (intra-rater reliability) και στοιχεία για την αξιοπιστία μέτρησης-επαναμέτρησης (test-retest reliability) σε υγιή παιδιά και σε παιδιά με γενικευμένη συνδεσμική χαλαρότητα. Οι υπόλοιποι συγγραφείς και μια πιο πρόσφατη έρευνα χρησιμοποίησαν πρωτόκολλο παθητικής επίδειξης και ενεργητικής αναπαραγωγής για διάφορους πληθυσμούς και ανέφεραν στοιχεία μόνο για την αξιοπιστία του ίδιου εξεταστή (intra-rater reliability) και στοιχεία για την αξιοπιστία μέτρησης-επαναμέτρησης (test-retest reliability) (Marks, 1995; Springer et al., 2017). Οι Nobori et al., (2004) αναφέρουν αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών με δείκτη ICC=0.73.

Στην παρούσα έρευνα η αξιοπιστία βρέθηκε να ήταν από φτωχή έως μέτρια με ICC=0.54 (95%CI: 0.15-0.75), SEM=1.58° και SDD=4.38°. Ωστόσο, η σύγκριση των αποτελεσμάτων δεν είναι ασφαλής καθώς η έρευνα των Nobori et al., (2004) είναι δημοσιευμένη στα ιαπωνικά και μόνο η περίληψη αυτής είναι μεταφρασμένη στην αγγλική γλώσσα.

Σημειώνεται πως το SEM=1.58° που παρατηρήθηκε στην συγκεκριμένη δοκιμασία της παρούσας έρευνας αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 40.7% του μέσο όρου των συνολικών αποκλίσεων από τις 45° (SEM% of Grand mean) με Grand mean=3.89°.

Συμπερασματικά φαίνεται πως υπάρχει μεγάλο κενό στις μελέτες αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών για την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης του γόνατος με χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου. Έτσι, η παρούσα έρευνα προσφέρει σημαντικά και καινούργια στοιχεία προς αυτή την κατεύθυνση. Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη δεδομένων σχετικά με την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών για τις δοκιμασίες της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης του γόνατος με χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου στην αρθρογραφία, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας καταδεικνύουν πως οι συμμετέχοντες δεν μπόρεσαν με την ίδια συνέπεια να εντοπίσουν την θέση-στόχο όπως στις υπόλοιπες δοκιμασίες του προτεινόμενου πρωτοκόλλου. Έτσι, με βάση τα δεδομένα της παρούσας έρευνας κατά την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης του γόνατος με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου, η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ διαφορετικών εξεταστών θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Η ολοκληρωμένη περιγραφή των στατιστικών δεικτών όπως στην παρούσα έρευνα, αλλά και η συμπερίληψη όλων των μορφών αξιοπιστίας θα συμβάλλουν στην δημιουργία αξιόπιστων διαδικασιών δίνοντας την ικανότητα σε κλινικούς και ερευνητές να προσδιορίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια σε ποιο βαθμό οι παρατηρήσεις τους οφείλονται σε πραγματικές αλλαγές ή σε τυχαίο σφάλμα, και να χρησιμοποιούν κατάλληλα αλλά και να ερμηνεύουν ορθότερα τα δεδομένα που λαμβάνουν σχετικά με την ιδιοδεκτική αντίληψη της θέσης της άρθρωσης του γόνατος.

## **7.2. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ-ΣΤΟΧΟΥ (VELOCITY REPLICATION, VR)**

Η παρούσα έρευνα είναι πρώτη η οποία μελετάει την αίσθηση της ταχύτητας του γόνατος μέσω μιας δοκιμασίας αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου με χρήση μόνο ισοκινητικού δυναμόμετρου και η πρώτη που παραθέτει στοιχεία αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών (inter-rater reliability). Στην παρούσα έρευνα βρέθηκε ότι η αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών του προτεινόμενου πρωτοκόλλου είναι μεταξύ φτωχής και καλής αξιοπιστίας έχοντας τιμή ICC=0.64 (95%CI: 0.32-0.81), SEM=1.40°/sec και SDD=3.88°/sec.

Παρόμοιες προσπάθειες για την διερεύνηση αυτής της ελάχιστα μελετημένης πτυχής της ιδιοδεκτικότητας στην άρθρωση του γόνατος αφορούν περιορισμένο αριθμό μελετών, χωρίς ωστόσο να μελετώνται στοιχεία αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών.

Πρώτοι οι Drouin et al., (2003) μελέτησαν την αξιοπιστία και την ακρίβεια μιας δοκιμασίας αναπαραγωγής ταχύτητας στην άρθρωση του γόνατος σε 14 υγιή άτομα. Σε αντίθεση με την παρούσα έρευνα, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν διάφορες ταχύτητες (5, 10, 15 και 30 °/sec) και δύο διαφορετικά εύρη κίνησης (0°-30° και 60°- 90°). Επίσης, η διαδικασία που ακολούθησαν ήταν πολύπλοκότερη χρησιμοποιώντας ισοκινητικό δυναμόμετρο για παθητική επίδειξη της ταχύτητας-στόχου στο δεξί γόνατο και ηλεκτρογωνιόμετρο για καταγραφή της μεταβολής της γωνιακής μετατόπισης του αριστερού γόνατος. Οι ερευνητές αναφέρουν πως η αξιοπιστία μέτρησης-επαναμέτρησης (test-retest reliability) με διαφορά μίας μέρας είχε δείκτη ICC=0.44-0.88 χωρίς ωστόσο να εξετάζουν την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών καθιστώντας μη εφικτή την σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Πιο πρόσφατα οι Nagai et al., (2016) θέλοντας να μελετήσουν την συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών πτυχών και δοκιμασιών της ιδιοδεκτικότητας, συμπεριέλαβαν μια δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος και μέτρησαν 20 υγιή άτομα. Η δοκιμασία περιλάμβανε παθητική κίνηση του επικρατούς γόνατος μέσω ισοκινητικού δυναμόμετρου Biodex στις 20°/s σε εύρος 0° έως 90°, και ύστερα ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας από τον δοκιμαζόμενο και καταγραφή της ταχύτητας με σύστημα 3D ανάλυσης κίνησης. Οι ερευνητές αναφέρουν πως η αξιοπιστία της διαδικασίας είχε μελετηθεί νωρίτερα στο εργαστήριο τους και περιγράφουν τιμές ICC=0.68-0.81, SEM=1.08-0.80 χωρίς να αναφέρουν οτιδήποτε άλλο σχετικά με το είδος της αξιοπιστίας που μελετήθηκε ή το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε καθιστώντας την σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αδύνατη.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας για την δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου το SEM=1.40°/sec αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 56,2% του μέσο όρου των συνολικών αποκλίσεων από τις 10°/sec (SEM% of Grand mean) με Grand mean=2.48°/sec. Ωστόσο, κοιτώντας τα απόλυτα νούμερα, οι διαφορές αυτές στις γωνιακές ταχύτητες δεν αλλοιώνουν την αξία της μέτρησης καθώς δεν μπορούν να θεωρηθούν κλινικά μεγάλες διαφορές. Συγκριτικά, στην πρώτη δοκιμασία για την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης του γόνατος παρότι το SEM% of Grand mean είναι μικρότερο (40,7%), το SEM=1.58° και grand mean=3.89° εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές. Επίσης, καλύτερες τιμές

παρατηρούνται και στον δείκτη αξιοπιστίας ICC οποίος έχει τιμή ICC=0.64 (95%CI: 0.32-0.81) για την δεύτερη δοκιμασία και ICC=0.54 (95%CI: 0.15-0.75) για την πρώτη δοκιμασία.

Συμπερασματικά, η παρούσα έρευνα είναι η πρώτη που αναφέρει στοιχεία αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών για την δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου στην άρθρωση του γόνατος με χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υποστηρίζουν την χρήση του προτεινόμενου πρωτοκόλλου για περαιτέρω έρευνα και κλινική χρήση. Η ολοκληρωμένη μελέτη και των υπολοίπων μορφών αξιοπιστίας (αξιοπιστία μεταξύ του ίδιου εξεταστή και αξιοπιστία μέτρησης-επαναμέτρησης) μπορεί να δώσει ένα χρήσιμο και αξιόπιστο εργαλείο για την διερεύνηση της αίσθησης της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος η οποία παραμένει σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητη. Η δυναμική φύση της μέτρησης αντιπροσωπεύει σε μεγαλύτερο βαθμό την λειτουργία του ιδιοδεκτικού συστήματος και αυτό αντικατοπτρίζεται σε έναν βαθμό από την μεγαλύτερη συνέπεια με την οποία οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν την δοκιμασία αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου σε σχέση με την δοκιμασία της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης μεταξύ διαφορετικών εξεταστών. Είναι δηλαδή πιθανό ο εγκέφαλος να θεωρεί περισσότερο σημαντικές τις πληροφορίες σχετικά με την ταχύτητα κίνησης του γόνατος παρά τις πληροφορίες σχετικά με την θέση εν απουσία συνάρτησης με τον χρόνο. Σε κάθε περίπτωση, η ερμηνεία χρήζει περαιτέρω διερεύνησης και πιθανόν να οδηγήσει σε μια βαθύτερη κατανόηση του ιδιοδεκτικού συστήματος.

Η χρήση του προτεινόμενου πρωτοκόλλου προτείνεται για περαιτέρω έρευνες που θα εξετάζουν περισσότερες ταχύτητες έτσι ώστε να δοθεί μια πιο καθαρή εικόνα για την σημασία της αίσθησης της ταχύτητας κίνησης της άρθρωσης στην αποκατάσταση αλλά και στην ανθρώπινη κίνηση γενικότερα.

### **7.3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΣΗΣ-ΣΤΟΧΟΥ ΥΠΟ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (DYNAMIC POSITION SENSE, DPS)**

Περιορισμένος αριθμός μελετών έχει χρησιμοποιήσει δοκιμασίες Αναπαραγωγή θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα (Dynamic Position Sense, DPS) για την αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας στο κάτω άκρο κυρίως στην ποδοκνημική άρθρωση (Shields, Madhavan, & Cole, 2005; Verschueren et al., 2002) καθώς και σε έρευνες μελέτης του κινητικού ελέγχου κυρίως στο άνω άκρο (Cordo, Bevan, et al., 1995; Cordo et al., 1994; Cordo, Gurfinkel, et al., 1995; Verschueren et al., 1998). Η παρούσα έρευνα είναι η μόνη που περιλαμβάνει ενεργητική αναπαραγωγή της ταχύτητας. Σε αντίθεση, οι υπόλοιπες έρευνες κινούσαν παθητικά το άκρο σε διάφορες ταχύτητες και οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να προσδιορίσουν την θέση της άρθρωσης



που τους είχε επιδειχθεί νωρίτερα. Η επιλογή της ενεργητικής αναπαραγωγής της ταχύτητας έγινε γιατί θεωρήθηκε ότι κατά αυτόν τον τρόπο αντιπροσωπεύεται πιο ολοκληρωμένα το στοιχείο της ταχύτητας της δοκιμασίας και εκτός από την αντίληψη αυτής εξετάζεται και η ικανότητα αναπαραγωγής της. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις προαναφερθείσες έρευνες δεν είναι εφικτή λόγω διαφορετικού εξοπλισμού μέτρησης, διαφορετικού πρωτοκόλλου και άρθρωσης, και καθώς καμία δεν αναφέρει στοιχεία αξιοπιστίας.

Η μόνη έρευνα που χρησιμοποίησε αντίστοιχη δοκιμασία αλλά χωρίς ενεργητική αναπαραγωγή ταχύτητας στην άρθρωση του γόνατος είναι των Littmann et al., (2012). Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ισοκινητικό δυναμόμετρο και μέτρησαν 11 γυναίκες με ανακατασκευή προσθίου χιαστού συνδέσμου. Το πρωτόκολλο μέτρησης που χρησιμοποίησαν περιλάμβανε πολύ υψηλότερες ταχύτητες (40 έως 100°/sec) σε σχέση με την παρούσα έρευνα. Αν και είναι αμφίβολο το κατά πόσο ένα πρωτόκολλο με παθητική κίνηση αντιπροσωπεύει τις πραγματικές συνθήκες στις οποίες συμβάλει η αίσθηση της ταχύτητας στην ανθρώπινη κίνηση, οι ερευνητές παρατήρησαν πως μετά τις 90°/sec δεν μπορεί με ακρίβεια να επιτευχθεί η θέση-στόχος και πως ενώ στις αργές ταχύτητες χρησιμοποιούνται κυρίως πληροφορίες για την θέση, στις υψηλότερες ταχύτητες οι δοκιμαζόμενοι πρέπει να αναγνωρίσουν πρώιμα την ταχύτητα ώστε να προσδιορίσουν με ακρίβεια την θέση-στόχο. Σημειώνεται πως οι ερευνητές δεν αναφέρουν στοιχεία αξιοπιστίας για την διαδικασία και το πρωτόκολλο που χρησιμοποίησαν.

Η παρούσα έρευνα είναι η πρώτη η οποία μελετάει την αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών σε αυτή την δοκιμασία στην άρθρωση του γόνατος. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν πως ο δείκτης αξιοπιστίας ως προς την ταχύτητα (Velocity) ήταν μεταξύ φτωχής και καλής αξιοπιστίας έχοντας τιμή ICC=0.69 (95%CI:0.39-0.84), SEM=0.88°/sec και SDD= 2.44°/sec. Ωστόσο, ως προς την θέση (Position), ο δείκτης για την αξιοπιστία εμφάνισε χαμηλότερες τιμές και ήταν μεταξύ φτωχής και μέτριας αξιοπιστίας με ICC=0.34 (95%CI:-0.26-0.65), SEM=4.08° και SDD=11.31°.

Στην συγκριμένη δοκιμασία, οι διαφορές που συζητήθηκαν νωρίτερα μεταξύ της πρώτης και δεύτερης δοκιμασίας, φαίνεται να είναι ακόμη μεγαλύτερες. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να εστιάζουν ταυτόχρονα και στις πληροφορίες της ταχύτητας κίνησης του γόνατος αλλά και της θέσης που αυτό σταμάταγε. Έτσι, στην παρούσα δοκιμασία ως προς την ταχύτητα το SEM=0.88°/sec αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 30.9% του μέσο όρου των συνολικών αποκλίσεων από τις 10°/sec (SEM% of Grand mean) με Grand mean=2.87°/sec, ενώ ως προς την θέση το SEM=4.08° αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 60.15% του μέσο όρου

των συνολικών αποκλίσεων από τις 45° (SEM% of Grand mean) με Grand mean=6.78°. Επίσης, καλύτερες τιμές παρατηρούνται και στον δείκτη αξιοπιστίας ICC οποίος έχει τιμή ICC=0.69 (95%CI:0.39-0.84) για την ταχύτητα και ICC=0.34 (95%CI:-0.26-0.65) για την θέση. Οι χαμηλές τιμές του SEM και του Grand mean υπογραμμίζουν την αξιοπιστία της δοκιμασίας ως προς την ταχύτητα και οι αποκλίσεις αυτές θεωρούνται κλινικά αμελητέες.

Συμπερασματικά, η παρούσα έρευνα είναι η πρώτη η οποία αναφέρει στοιχεία αξιοπιστίας για την προτεινόμενη δοκιμασία. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται πως στην δοκιμασία αναπαραγωγής θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα (Dynamic Position Sense, DPS) οι δοκιμαζόμενοι επέδειξαν μεγαλύτερη συνέπεια στην αναπαραγωγή της ταχύτητας από ότι στην επίτευξη της θέσης όπως καταδεικνύεται από τους δείκτες αξιοπιστίας. Αυτό επιβεβαιώνει την παρατήρηση που έγινε στην προηγούμενη δοκιμασία της αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου ότι πιθανόν ο εγκέφαλος να ενδιαφέρεται περισσότερο για τις πληροφορίες της ταχύτητας από ότι της θέσης της άρθρωσης του γόνατος. Αυτή η παρατήρηση έρχεται να εγείρει ερωτήματα σχετικά την χρησιμότητα της ευρέως διαδεδομένης δοκιμασίας της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης του γόνατος για εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ιδιοδεκτική λειτουργία του κάτω άκρου. Έτσι, η παρούσα έρευνα, συμβάλλει στο να ανοίξει ο δρόμος προς την συμπερίληψη δοκιμασιών για την αίσθηση της ταχύτητας του γόνατος η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει πληρέστερα την λειτουργία του ιδιοδεκτικού συστήματος καθώς μόνο μια δυναμική μέτρηση θα μπορούσε να περιγράψει δυναμικές συμπεριφορές όπως η ανθρώπινη κίνηση.

#### **7.4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Στην παρούσα έρευνα τηρήθηκε αυστηρά το πρωτόκολλο που περιεγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, οι εξεταστές είχαν εξοικειωθεί με την διαδικασία μέτρησης, οι δοκιμαζόμενοι ήταν πλήρως ενημερωμένοι, οι συνθήκες του εργαστηρίου σταθερές και η αξιοπιστία των εργαλείων μέτρησης μελετημένη. Ωστόσο, παρά την προσπάθεια των ερευνητών για μείωση των παραγόντων οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια και την γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων, όπως σε κάθε έρευνα, μπορούν να αναφερθούν μερικοί περιορισμοί.

Αρχικά, η έρευνα αξιολογούσε νεαρά άτομα (μέση ηλικία 20,7 έτη) και χωρίς κάποια παθολογία. Παρ' ότι αυτό ήταν αναγκαίο για να μελετηθεί η αξιοπιστία του υπό διερεύνηση πρωτοκόλλου χωρίς την επιρροή της ηλικίας ή τραυματισμού που ως γνωστών επηρεάζουν την ιδιοδεκτικότητα (Clark et al., 2015; Ribeiro & Oliveira, 2007), θα μπορούσε να περιορίσει την γενίκευση των αποτελεσμάτων σε πληθυσμούς με παρόμοια χαρακτηριστικά. Όμως, ο

ικανοποιητικός αριθμός του δείγματος και η επιλογή στατιστικών μοντέλων συμβάλλουν στην υποστήριξη της γενικευσιμότητας των αποτελεσμάτων.

Επίσης, στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε μια ταχύτητα ( $10^\circ/\text{sec}$ ) και μια θέση ( $45^\circ$ ) για τις δοκιμασίες περιορίζοντας έτσι την διερεύνηση της αξιοπιστίας για διαφορετικές ταχύτητες και θέσεις. Αξίζει ακόμη να σημειωθεί πως στις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε μόνο η ταχύτητα αναπαραγωγής κατά την έκταση του γόνατος και δεν χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για την κάμψη. Ωστόσο, στην παρούσα έρευνα, με βάση το πλήθος των δοκιμασιών που εξετάστηκαν οποιαδήποτε επιπρόσθετη μεταβλητή πιθανόν να μην ήταν εφικτό να μετρηθεί με ακρίβεια λόγω κόπωσης των συμμετεχόντων και παράτασης του χρόνου των μετρήσεων.

Ένας ακόμη περιορισμός είναι ότι αν και δόθηκαν δοκιμαστικές επαναλήψεις για εξοικείωση με την διαδικασία, δεν προσδιορίστηκε εάν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος αριθμός δοκιμαστικών επαναλήψεων στις δοκιμασίες που να προσφέρει καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με την αξιοπιστία του πρωτοκόλλου. Στην αρθρογραφία δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο ποιος είναι ο ιδανικός αριθμός δοκιμαστικών επαναλήψεων και η υιοθέτηση στοιχείων από έρευνες με διαφορετικά πρωτόκολλα ή πληθυσμούς δεν θεωρήθηκε ορθή τακτική. Για παράδειγμα, για τις δοκιμασίες της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης κάποιοι ερευνητές αναφέρουν πως πρέπει να περιλαμβάνονται 3-5 επαναλήψεις για τις κύριες μετρήσεις, με το οποίο είναι σε συμφωνία η παρούσα έρευνα, αλλά ο αριθμός των δοκιμαστικών επαναλήψεων είναι μη καθορισμένος (Han et al., 2016) ενώ άλλοι ερευνητές αναφέρουν πως χρειάζονται 5-6 επαναλήψεις για την σταθεροποίηση της απόδοσης των δοκιμαζόμενων με σύνδρομο επιγονατιδομηριαίου πόνου (Selfe et al., 2006).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, αποδεχόμενοι τις εναλλακτικές υποθέσεις και για τις τρεις δοκιμασίες όπως περιεγράφηκαν νωρίτερα (Κεφάλαιο 2, σελ. 28) μπορεί να υποστηριχθεί ότι όλες οι δοκιμασίες εμφανίζουν αξιοπιστία μεταξύ διαφορετικών εξεταστών αλλά σε διαφορετικό βαθμό.

Οι δοκιμασίες για την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος του προτεινόμενου πρωτοκόλλου εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών σε σχέση με τις δοκιμασίες της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης. Οι δείκτες αξιοπιστίας της δοκιμασίας της αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου επιτρέπουν την περαιτέρω χρήση για ερευνητικούς σκοπούς και κλινικούς πληθυσμούς. Για την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης του γόνατος η σύγκριση των μετρήσεων μεταξύ διαφορετικών εξεταστών πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή λόγω χαμηλότερης αξιοπιστίας. Στην δοκιμασία της αναπαραγωγής θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα οι τιμές του δείκτη της αξιοπιστίας για την ταχύτητα είναι καλύτερες από τις τιμές του δείκτη αξιοπιστίας για την θέση της άρθρωσης. Φαίνεται, δηλαδή, πως οι συμμετέχοντες μπορούσαν να αναπαράγουν την ταχύτητα με μεγαλύτερη συνέπεια σε σχέση με την θέση. Ο μεγάλος αριθμός του δείγματος της παρούσας μελέτης ενισχύει την εμπιστοσύνη στα συμπεράσματα της εργασίας.

Οι διαφορές αυτές καταδεικνύουν πως ο ανθρώπινος εγκέφαλος, πιθανόν, στηρίζεται περισσότερο στις πληροφορίες για την αίσθηση της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος παρά στις πληροφορίες για την θέση της άρθρωσης. Η δυναμική φύση της μέτρησης της αίσθησης της ταχύτητας θεωρείται πως αντικατοπτρίζει πληρέστερα την ιδιοδεκτική λειτουργία και περιγράφει καλύτερα δυναμικές συμπεριφορές όπως η ανθρώπινη κίνηση σε σχέση με στατικές μετρήσεις της ιδιοδεκτικότητας.

#### **8.1. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ**

Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εστιάσει στην διερεύνηση της αξιοπιστίας του προτεινόμενου πρωτοκόλλου σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας ή σε κλινικούς πληθυσμούς ή σε διαφορετικές αρθρώσεις, να συμπεριλάβει περισσότερες ταχύτητες και θέσεις και να προσδιορίσει τον ιδανικό αριθμό των δοκιμαστικών επαναλήψεων. Επίσης η ανάλυση των δεδομένων της αναπαραγωγής ταχύτητας-στόχου κατά την πλειομετρική φάση της κίνησης θα μπορούσε να δώσει ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με την επίδραση του είδους της συστολής στην αίσθηση της ταχύτητας. Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί πως θα πρέπει να

υπάρχει ολοκληρωμένη περιγραφή των στατιστικών δεικτών στις μελλοντικές έρευνες και να εξετάζονται όλα τα είδη της αξιοπιστίας ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση των αποτελεσμάτων και να υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για κλινικούς και ερευνητές.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

### Ξένη Βιβλιογραφία

1. Kaya, D., Yosmaoglu, B., & Doral, M. N. (2018). *Proprioception in orthopaedics, sports medicine and rehabilitation*. Springer.
2. Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2009). *Foundations of clinical research: applications to practice* (Vol. 892). Pearson/Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
3. Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2010). *Motor control: translating research into clinical practice* (4 ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

### Αρθρογραφία

1. Abbruzzese, G., & Berardelli, A. (2003). Sensorimotor integration in movement disorders. *Mov Disord*, 18(3), 231-240. <https://doi.org/10.1002/mds.10327>
2. 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. *J Hand Ther*, 33(4), 507-516. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2019.06.002>
3. Angoules, A. G., Mavrogenis, A. F., Dimitriou, R., Karzis, K., Drakoulakis, E., Michos, J., & Papagelopoulos, P. J. (2011). Knee proprioception following ACL reconstruction; a prospective trial comparing hamstrings with bone-patellar tendon-bone autograft. *Knee*, 18(2), 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2010.01.009>
4. Bullock-Saxton, J. E., Wong, W. J., & Hogan, N. (2001). The influence of age on weight-bearing joint reposition sense of the knee. *Exp Brain Res*, 136(3), 400-406. <https://doi.org/10.1007/s002210000595>
5. Clark, N. C., Röijezon, U., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther*, 20(3), 378-387. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.01.009>
6. Cordo, P., Bevan, L., Gurfinkel, V., Carlton, L., Carlton, M., & Kerr, G. (1995). Proprioceptive coordination of discrete movement sequences: mechanism and generality. *Can J Physiol Pharmacol*, 73(2), 305-315. <https://doi.org/10.1139/y95-041>
7. Cordo, P., Carlton, L., Bevan, L., Carlton, M., & Kerr, G. K. (1994). Proprioceptive coordination of movement sequences: role of velocity and position information. *J Neurophysiol*, 71(5), 1848-1861. <https://doi.org/10.1152/jn.1994.71.5.1848>
8. Cordo, P., Gurfinkel, V. S., Bevan, L., & Kerr, G. K. (1995). Proprioceptive consequences of tendon vibration during movement. *J Neurophysiol*, 74(4), 1675-1688. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.74.4.1675>
9. Delhaye, B. P., Long, K. H., & Bensmaia, S. J. (2018). Neural Basis of Touch and Proprioception in Primate Cortex. *Compr Physiol*, 8(4), 1575-1602. <https://doi.org/10.1002/cphy.c170033>

10. Deshpande, N., Connelly, D. M., Culham, E. G., & Costigan, P. A. (2003). Reliability and validity of ankle proprioceptive measures. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(6), 883-889. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(03\)00016-9](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(03)00016-9)
11. Dieling, S., van der Esch, M., & Janssen, T. W. (2014). Knee joint proprioception in ballet dancers and non-dancers. *J Dance Med Sci*, 18(4), 143-148. <https://doi.org/10.12678/1089-313X.18.4.143>
12. Djupsjöbacka, M., & Domkin, D. (2005). Correlation analysis of proprioceptive acuity in ipsilateral position-matching and velocity-discrimination. *Somatosens Mot Res*, 22(1-2), 85-93. <https://doi.org/10.1080/08990220500083711>
13. Dover, G., & Powers, M. E. (2003). Reliability of Joint Position Sense and Force-Reproduction Measures During Internal and External Rotation of the Shoulder. *J Athl Train*, 38(4), 304-310.
14. Drouin, J. M., Arnold, B. L., & Gansneder, B. M. (2003). Active knee joint velocity replication measures are stable and accurate in healthy individuals. *Somatosens Mot Res*, 20(3-4), 281-287. <https://doi.org/10.1080/08990220310001623004>
15. Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol*, 91(1), 22-29. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0933-0>
16. Erickson, R. P. (1968). Stimulus coding in topographic and nontopographic afferent modalities: on the significance of the activity of individual sensory neurons. *Psychol Rev*, 75(6), 447-465. <https://doi.org/10.1037/h0026752>
17. Fatoye, F. A., Palmer, S. T., Macmillan, F., Rowe, P. J., & van der Linden, M. L. (2008). Repeatability of joint proprioception and muscle torque assessment in healthy children and in children diagnosed with hypermobility syndrome. *Musculoskeletal Care*, 6(2), 108-123. <https://doi.org/10.1002/msc.127>
18. Fu, S. N., & Hui-Chan, C. W. (2007). Are there any relationships among ankle proprioception acuity, pre-landing ankle muscle responses, and landing impact in man? *Neurosci Lett*, 417(2), 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.01.068>
19. Gill, K. P., & Callaghan, M. J. (1998). The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*, 23(3), 371-377. <https://doi.org/10.1097/00007632-199802010-00017>
20. Goble, D. J. (2010). Proprioceptive acuity assessment via joint position matching: from basic science to general practice. *Phys Ther*, 90(8), 1176-1184. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090399>
21. Gogia, P. P., Braatz, J. H., Rose, S. J., & Norton, B. J. (1987). Reliability and validity of goniometric measurements at the knee. *Phys Ther*, 67(2), 192-195. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.2.192>

22. Han, J., Waddington, G., Adams, R., Anson, J., & Liu, Y. (2016). Assessing proprioception: A critical review of methods. *J Sport Health Sci*, 5(1), 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>
23. Hancock, G. E., Hepworth, T., & Wembridge, K. (2018). Accuracy and reliability of knee goniometry methods. *J Exp Orthop*, 5(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s40634-018-0161-5>
24. Hillier, S., Immink, M., & Thewlis, D. (2015). Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities. *Neurorehabil Neural Repair*, 29(10), 933-949. <https://doi.org/10.1177/1545968315573055>
25. Jami, L. (1992). Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: functional properties and central actions. *Physiol Rev*, 72(3), 623-666. <https://doi.org/10.1152/physrev.1992.72.3.623>
26. Jerosch, J., Brinkmann, T., & Schneppenheim, M. (2003). The angle velocity reproduction test (AVRT) as sensorimotor function of the glenohumeral complex. *Arch Orthop Trauma Surg*, 123(4), 151-157. <https://doi.org/10.1007/s00402-003-0485-0>
27. Kerr, G. K., & Worringham, C. J. (2002). Velocity perception and proprioception. *Adv Exp Med Biol*, 508, 79-86. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0713-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0713-0_10)
28. Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*, 15(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
29. Littmann, A. E., Iguchi, M., Madhavan, S., Kolarik, J. L., & Shields, R. K. (2012). Dynamic-position-sense impairment's independence of perceived knee function in women with ACL reconstruction. *J Sport Rehabil*, 21(1), 44-53. <https://doi.org/10.1123/jsr.21.1.44>
30. Lönn, J., Djupsjöbacka, M., & Johansson, H. (2001). Replication and discrimination of limb movement velocity. *Somatosens Mot Res*, 18(1), 76-82. <https://doi.org/10.1080/08990220020021375>
31. Marks, R. (1995). Repeatability of position sense measurements in persons with osteoarthritis of the knee: a pilot study. *Clinical rehabilitation*, 9(4), 314-319.
32. Nagai, T., Allison, K. F., Schmitz, J. L., Sell, T. C., & Lephart, S. M. (2016). Conscious proprioception assessments in sports medicine: how individuals perform each submodality. *Sports Med: SM Online Scientific Resources*, 1-13.
33. Nagai, T., Sell, T. C., Abt, J. P., & Lephart, S. M. (2012). Reliability, precision, and gender differences in knee internal/external rotation proprioception measurements. *Phys Ther Sport*, 13(4), 233-237. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.11.004>
34. Nobori, H., Maruyama, H., Takahashi, N., & Saito, K. (2004). Development of a new apparatus for measuring proprioception of the knee joint: reliability of measurement values. *Rigakuryoho Kagaku*, 19, 299-303.



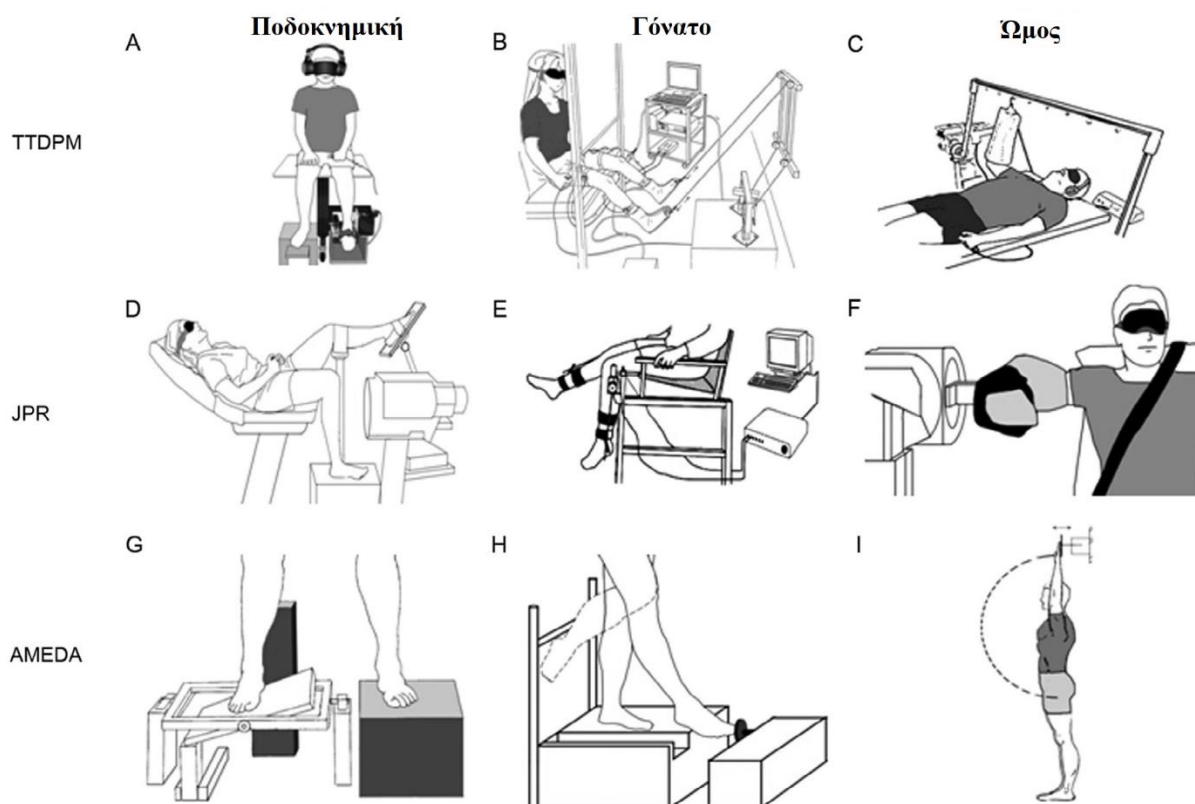
35. Négyesi, J., Galamb, K., Szilágyi, B., Nagatomi, R., Hortobágyi, T., & Tihanyi, J. (2019). Age-specific modifications in healthy adults' knee joint position sense. *Somatosens Mot Res*, 36(4), 262-269. <https://doi.org/10.1080/08990220.2019.1684888>
36. Parkhurst, T. M., & Burnett, C. N. (1994). Injury and proprioception in the lower back. *J Orthop Sports Phys Ther*, 19(5), 282-295. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.19.5.282>
37. Perinetti, G. (2018). StaTips Part IV: Selection, interpretation and reporting of the intraclass correlation coefficient. *South European journal of orthodontics and dentofacial research*, 5(1), 3-5.
38. Pincivero, D. M., Bachmeier, B., & Coelho, A. J. (2001). The effects of joint angle and reliability on knee proprioception. *Med Sci Sports Exerc*, 33(10), 1708-1712. <https://doi.org/10.1097/00005768-200110000-00015>
39. Proske, U. (1997). The mammalian muscle spindle. *Physiology*, 12(1), 37-42. <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.1997.12.1.37>
40. Proske, U., & Allen, T. (2019). The neural basis of the senses of effort, force and heaviness. *Exp Brain Res*, 237(3), 589-599. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5460-7>
41. Proske, U., & Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *J Physiol*, 587(Pt 17), 4139-4146. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.175372>
42. Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev*, 92(4), 1651-1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
43. Refshauge, K. M., Chan, R., Taylor, J. L., & McCloskey, D. I. (1995). Detection of movements imposed on human hip, knee, ankle and toe joints. *J Physiol*, 488 ( Pt 1), 231-241. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1995.sp020961>
44. Relph, N., Herrington, L., & Tyson, S. (2014). The effects of ACL injury on knee proprioception: a meta-analysis. *Physiotherapy*, 100(3), 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2013.11.002>
45. Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2007). Aging effects on joint proprioception: the role of physical activity in proprioception preservation. *European review of aging and physical activity*, 4(2), 71-76.
46. Richardson, J. K. (2002). The clinical identification of peripheral neuropathy among older persons. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(11), 1553-1558. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.35656>
47. Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*, 37(1), 71-79.
48. Riemann, B. L., Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2002). Sensorimotor system measurement techniques. *J Athl Train*, 37(1), 85-98.

49. Röijezon, U., Clark, N. C., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Man Ther*, 20(3), 368-377. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.01.008>
50. Selfe, J., Callaghan, M., McHenry, A., Richards, J., & Oldham, J. (2006). An investigation into the effect of number of trials during proprioceptive testing in patients with patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Res*, 24(6), 1218-1224. <https://doi.org/10.1002/jor.20127>
51. Shields, R. K., Madhavan, S., & Cole, K. (2005). Sustained muscle activity minimally influences dynamic position sense of the ankle. *J Orthop Sports Phys Ther*, 35(7), 443-451. <https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.7.443>
52. Shields, R. K., Madhavan, S., Cole, K. R., Brostad, J. D., Demeulenaere, J. L., Eggers, C. D., & Otten, P. H. (2005). Proprioceptive coordination of movement sequences in humans. *Clin Neurophysiol*, 116(1), 87-92. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.07.019>
53. Smith, T. O., Davies, L., & Hing, C. B. (2013). A systematic review to determine the reliability of knee joint position sense assessment measures. *Knee*, 20(3), 162-169. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2012.06.010>
54. Soltys, J. S., & Wilson, S. E. (2008). Directional sensitivity of velocity sense in the lumbar spine. *J Appl Biomech*, 24(3), 244-251. <https://doi.org/10.1123/jab.24.3.244>
55. Springer, S., Kelman, D., Brand, M., & Gottlieb, U. (2017). Knee position sense: does the time interval at the target angle affect position accuracy? *J Phys Ther Sci*, 29(10), 1760-1765. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1760>
56. Stillman, B. C. (2002). Making sense of proprioception: the meaning of proprioception, kinaesthesia and related terms. *Physiotherapy*, 88(11), 667-676.
57. Strong, A., Arumugam, A., Tengman, E., Röijezon, U., & Häger, C. K. (2021). Properties of Knee Joint Position Sense Tests for Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med*, 9(6), 23259671211007878. <https://doi.org/10.1177/23259671211007878>
58. Treleaven, J., Jull, G., & LowChoy, N. (2006). The relationship of cervical joint position error to balance and eye movement disturbances in persistent whiplash. *Man Ther*, 11(2), 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.04.003>
59. Tuthill, J. C., & Azim, E. (2018). Proprioception. *Curr Biol*, 28(5), R194-R203. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.064>
60. Tyson, S. F., Hanley, M., Chillala, J., Selley, A. B., & Tallis, R. C. (2008). Sensory loss in hospital-admitted people with stroke: characteristics, associated factors, and relationship with function. *Neurorehabil Neural Repair*, 22(2), 166-172. <https://doi.org/10.1177/1545968307305523>
61. Verschueren, S. M., Brumagne, S., Swinnen, S. P., & Cordo, P. J. (2002). The effect of aging on dynamic position sense at the ankle. *Behav Brain Res*, 136(2), 593-603. [https://doi.org/10.1016/s0166-4328\(02\)00224-3](https://doi.org/10.1016/s0166-4328(02)00224-3)

62. Verschueren, S. M., Cordo, P. J., & Swinnen, S. P. (1998). Representation of wrist joint kinematics by the ensemble of muscle spindles from synergistic muscles. *J Neurophysiol*, 79(5), 2265-2276. <https://doi.org/10.1152/jn.1998.79.5.2265>
63. Waddington, G., & Adams, R. (1999). Discrimination of active plantarflexion and inversion movements after ankle injury. *Aust J Physiother*, 45(1), 7-13. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(14\)60335-4](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(14)60335-4)
64. Westlake, K. P., Wu, Y., & Culham, E. G. (2007). Velocity discrimination: reliability and construct validity in older adults. *Hum Mov Sci*, 26(3), 443-456. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2006.12.002>
65. Yahia, L., Rhalmi, S., Newman, N., & Isler, M. (1992). Sensory innervation of human thoracolumbar fascia. An immunohistochemical study. *Acta Orthop Scand*, 63(2), 195-197. <https://doi.org/10.3109/17453679209154822>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α



**Εικόνα 1.** Διάφορες τεχνικές και εξοπλισμός αξιολόγησης της ιδιοδεκτικότητας (τροποποιημένη, από Han et al., 2016).

**Πίνακας 1.** Σύγκριση πρωτοκόλλων αξιολόγησης της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της κίνησης (τροποποιημένο, από Han et al., 2016).

Μεταβλητές	TTDPM	JPR	AMEDA
Είδος κίνησης	Παθητική	Παθητική/ενεργητική	Ενεργητική
Ταχύτητα κίνησης	Πολύ αργή	Αργή/φυσιολογική	Φυσιολογική
Αριθμός δοκιμαστικών μετρήσεων για εξάσκηση/εξοικείωση	Μη καθορισμένος	Μη καθορισμένος	Καθορισμένος, 15 μετρήσεις
Αριθμός μετρήσεων δοκιμασίας	3-5 σωστές απαντήσεις	Συνήθως 3-5, και μέχρι 10	50
Διαφορές στο είδος της κίνησης μεταξύ των μετρήσεων	Όχι	Εξαρτάται από το είδος της κίνησης που	Όχι

εξοικειώσης και δοκιμασίας		χρησιμοποιήθηκε στον καθορισμό της θέσης-στόχου και της αναπαραγωγής	
Ιδιοδεκτικές πληροφορίες	Κυρίως πληροφορίες κίνησης	Εξαρτάται από τον αν χρησιμοποιήθηκε φυσικό σταμάτημα κίνησης κατά τον καθορισμό της θέσης-στόχου	Πληροφορίες θέσης και κίνησης
Γενική όραση	Αποκλεισμένη	Αποκλεισμένη	Διαθέσιμη
Ακοή	Αποκλεισμένη	Διαθέσιμη	Διαθέσιμη
Στάση	Συνήθως ξαπλωμένος ή καθιστός	Συνήθως ξαπλωμένος ή καθιστός	Όρθιος
Κινητικοί περιορισμοί	Συνήθως υπάρχουν περιορισμοί	Συνήθως υπάρχουν περιορισμοί	Χωρίς περιορισμούς
Φόρτιση βάρους	Συνήθως καθόλου ή μερική φόρτιση	Καθόλου, μερική ή πλήρης φόρτιση	Πλήρης φόρτιση
Απαίτηση προσοχής	Πολύ υψηλή	Υψηλή	Μέτρια-υψηλή
Απαίτηση μνήμης	Πολύ χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Μέτρηση	Διαφορά μεταξύ της αρχικής θέσης και της θέσης απόκρισης	Σφάλμα μεταξύ της θέσης-στόχου και της εκτελεσθείσας θέσης	Περιοχή κάτω από την καμπύλη (area under the curve, AUC score)
Μονάδα μέτρησης	Μοίρες	Μοίρες	Περιοχή κάτω από την καμπύλη (area under the curve, AUC score)
Διάρκεια μέτρησης	Μέχρι 6 ώρες	Εξαρτάται από τον αριθμό των μετρήσεων	10 λεπτά

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### Συνοπτικά στοιχεία δοκιμασιών αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν

Θέση καθίσματος 110°

#### Δοκιμασία 1

##### *Αίσθηση της θέσης της άρθρωσης (Joint Position Sense)*

5 επαναλήψεις, οι δύο θα είναι δοκιμαστικές χωρίς ακουστικά, 1<sup>η</sup> με ανοιχτά μάτια, 2<sup>η</sup> με κλειστά μάτια.

- Ρύθμιση σε Proprioception mode-Passive
  - ROM 90°-0°, target 45°, 5 sec κράτημα, ταχύτητα 5°/s
  - Γωνιομέτρηση για 90°
- Κινούμε εμείς το πόδι μαζί με τον βραχίονα (παθητική κίνηση για τον δοκιμαζόμενο) και μένει 5 sec στην προκαθορισμένη θέση
- Το πόδι επιστρέφει στις 90° (πατάμε pause)
- (Μόλις πατήσουμε release) ξεκινάει παθητική κίνηση από το μηχάνημα και ο δοκιμαζόμενος πατάει το κουμπί όταν αντιληφθεί την θέση.
- Η δοκιμασία επαναλαμβάνεται 5 φορές, ανάλυση δεδομένων για τις 3 τελευταίες.

#### Δοκιμασία 2

##### *Αναπαραγωγή ταχύτητας-στόχου (Velocity Replication)*

- Ρύθμιση σε Passive Motion
  - ROM 90°-0°, ταχύτητα 10°/s, 5 επαναλήψεις, torque limit στο μέγιστο
  - Γωνιομέτρηση για 90° και καταγραφή ενδείξεων κλισιόμετρου
  - Έναρξη παθητικής κίνησης

Μόλις ολοκληρωθεί η κίνηση λύνουμε τον δοκιμαζόμενο και γυρνάμε την καρέκλα στο πλάι. Ζητάμε να είναι χαλαρός και να μην κουνάει τα πόδια. (όχι πάνω από 30 sec διάλειμμα μέχρι την αλλαγή πρωτοκόλλου)

- Ρύθμιση σε Isokinetic Mode

- ROM 90°-0° (θέτουμε limits με το χέρι για να μην επηρεάσουμε την αντιπροσώπευση της κίνησης στο ΚΝΣ) (χρήση κλισιόμετρου στον βραχίονα), CON/CON, ταχύτητα 500°/s, End by Time (120sec) \*
- Αναπαραγωγή ταχύτητας από δοκιμαζόμενο (\*παίρνουμε σήμα για 120 sec μετρώντας τις 5 επαναλήψεις)

### Δοκιμασία 3

#### *Αναπαραγωγή θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα (Dynamic Position Sense)*

- Ρύθμιση Isokinetic Mode
  - ROM 90°-45°, CON/CON, ταχύτητα 10°/s, 5 επαναλήψεις
  - Γωνιομέτρηση για 90° και καταγραφή ενδείξεων κλισιόμετρου
  - Κινούμε εμείς το πόδι μαζί με τον βραχίονα (παθητική κίνηση για τον δοκιμαζόμενο) και μένουμε 5sec στο τέλος της τροχιάς. Επιστροφή στην αρχική θέση. 5 επαναλήψεις.

Λύνουμε τον δοκιμαζόμενο και γυρνάμε την καρέκλα στο πλάι. Ζητάμε να είναι χαλαρός και να μην κουνάει τα πόδια. (όχι πάνω από 30 sec διάλειμμα μέχρι την αλλαγή πρωτοκόλλου).

- Ρύθμιση Isokinetic Mode
  - ROM 90°-0° (θέτουμε limits με το χέρι για να μην επηρεάσουμε την αντιπροσώπευση της κίνησης στο ΚΝΣ) (χρήση κλισιόμετρου στον βραχίονα), CON/CON, 500°/s, End by Time (100 sec) \*
  - Αναπαραγωγή ταχύτητας και στόχου (πάτημα pause στη θέση για λίγα sec ώστε να είναι ξεκάθαρο σε ποια γωνία έγινε παύση κατά την ανάλυση των δεδομένων), (\*παίρνουμε σήμα για 100 sec μετρώντας τις 5 επαναλήψεις).

### Διάρκεια δοκιμασιών

Δοκιμασία 1: 6 λεπτά

Δοκιμασία 2: 7 λεπτά

Δοκιμασία 3: 7 λεπτά

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

### Στατιστικοί πίνακες αποτελεσμάτων

#### Αίσθηση της θέσης της άρθρωσης (Joint Position Sense)

#### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	41	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	41	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.546	2

#### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between People		220.382	40	5.510		
Within People	Between Items	5.902	1	5.902	2.361	.132
	Residual	99.986	40	2.500		
	Total	105.889	41	2.583		
Total		326.271	81	4.028		

Grand Mean = 3.8862

#### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.368 <sup>a</sup>	.081	.602	2.204	40	40	.007
Average Measures	.538	.149	.751	2.204	40	40	.007

Two-way random effects model where both people effects and measures effects are random.

a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.

b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.



## Αναπαράγωγή ταχύτητας-στόχου (Velocity Replication)

### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	41	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	41	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.637	2

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between People		214.915	40	5.373		
Within People	Between Items	1.078	1	1.078	.553	.462
	Residual	78.003	40	1.950		
	Total	79.081	41	1.929		
Total		293.996	81	3.630		

Grand Mean = 2.4829

### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			Sig
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	
Single Measures	.470 <sup>a</sup>	.193	.678	2.755	40	40	.001
Average Measures	.640	.324	.808	2.755	40	40	.001

Two-way random effects model where both people effects and measures effects are random.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.  
 b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

## Αναπαράγωγή θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα (Dynamic Position Sense)

### Ταχύτητα (Velocity)

#### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	41	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	41	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.726	2

#### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between People		114.099	40	2.852		
Within People	Between Items	7.275	1	7.275	9.302	.004
	Residual	31.284	40	.782		
	Total	38.560	41	.940		
Total		152.658	81	1.885		

Grand Mean = 2.8655

#### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.524 <sup>a</sup>	.240	.721	3.647	40	40	.000
Average Measures	.688	.387	.838	3.647	40	40	.000

Two-way random effects model where both people effects and measures effects are random.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.  
 b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

## Αναπαράγωγή θέσης-στόχου υπό συγκεκριμένη ταχύτητα (Dynamic Position Sense)

### Θέση (Position)

#### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	41	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	41	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.332	2

#### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between People		996.314	40	24.908		
Within People	Between Items	.037	1	.037	.002	.962
	Residual	665.994	40	16.650		
	Total	666.031	41	16.245		
Total		1662.345	81	20.523		

Grand Mean = 6.7835

#### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.203 <sup>a</sup>	-.116	.481	1.496	40	40	.104
Average Measures	.337	-.261	.649	1.496	40	40	.104

Two-way random effects model where both people effects and measures effects are random.

- a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.  
 b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ**

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ  
ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

3<sup>ο</sup> 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:**

Διερεύνηση της αξιοπιστίας ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας του γόνατος.

#### **Πρόσκληση στην έρευνα:**

Σας καλούμε να λάβετε μέρος στην έρευνα που διεξάγει το τμήμα Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας. Διαβάστε τις παρακάτω πληροφορίες σχετικά με τον σκοπό της μελέτης και τα πιθανά ευρήματα πριν αποφασίσετε αν θέλετε να λάβετε μέρος ή όχι. Δεν είναι δεσμευτικό να απαντήσετε τώρα. Μπορείτε να μας απαντήσετε για την συμμετοχή σας σε δεύτερο χρόνο αφού το σκεφτείτε ή το συζητήσετε και με άλλους. Ρωτήστε μας για να σας δώσουμε περισσότερες πληροφορίες αν κάτι δεν είναι ξεκάθαρο.

#### **Ποιος είναι ο σκοπός της μελέτης/έρευνας;**

Οι άνθρωποι, μπορούμε να αντιλαμβανόμαστε την θέση των μελών μας στο χώρο (π.χ. σε ποια θέση βρίσκεται τώρα το γόνατο σας;), καθώς και την ταχύτητα με την οποία αυτά κινούνται χωρίς απαραίτητα να τα κοιτάμε ή να το σκεφτόμαστε. Σε αντίθεση με την αίσθηση της θέσης, η αίσθηση της ταχύτητας είναι ελάχιστα μελετημένη. Σκοπός της έρευνας είναι να δούμε κατά πόσον είναι αξιόπιστη η μέτρηση της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας του γόνατος. Η συνολική διάρκεια της έρευνας μέχρι την εξαγωγή των συμπερασμάτων θα είναι περίπου 5 μήνες. Ωστόσο, η δική σας συμμετοχή περιορίζεται μόνο σε 2 διαδοχικές ημέρες μετρήσεων και ο χρόνος που θα αφιερώσετε θα είναι από 20 λεπτά μέχρι 1 ώρα για κάθε μέρα.

### **Γιατί επιλέχθηκα;**

Στην έρευνα μπορεί να συμμετέχει οποιοσδήποτε ενήλικας υγιής εθελοντής. Συνολικά στη μελέτη θα συμμετέχουν 35 εθελοντές.

### **Είναι υποχρεωτικό να λάβω μέρος;**

Η συμμετοχή σας στην έρευνα δεν είναι σε καμία περίπτωση υποχρεωτική. Μπορείτε να λάβετε μέρος μόνο εφόσον το θελήσετε. Αν αποφασίσετε τελικά να λάβετε μέρος θα σας δοθεί ένα έντυπο που ονομάζεται Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση για να το υπογράψετε. Μπορείτε να αποχωρήσετε από την έρευνα οποιαδήποτε στιγμή το θελήσετε ακόμη και αν έχετε υπογράψει και χωρίς να δώσετε εξήγηση για τους λόγους αποχώρησής σας 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 συμμετέχετε στην έρευνα και υπογράψετε το έντυπο συναίνεσης ο υπεύθυνος ερευνητής θα σας εξηγήσει την διαδικασία των μετρήσεων. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων θα πρέπει να φοράτε άνετα ρούχα ώστε το γόνατό σας να μπορεί να κινηθεί με ευκολία. Συνολικά θα υποβληθείτε σε 4 δοκιμασίες μέτρησης καμία εκ των οποίων δεν είναι επώδυνη ή δυσάρεστη. Οι μετρήσεις θα γίνουν από καθιστή θέση σε μια ειδική καρέκλα για την μέτρηση της θέσης και της ταχύτητας. Για την σταθεροποίηση του κάτω άκρου και του κορμού θα χρησιμοποιηθούν κάποιοι ιμάντες. Το δοκιμαζόμενο άκρο θα δεθεί πάνω από τον αστράγαλο σε ένα κινητό βραχίονα του μηχανήματος για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Σε όλες τις μετρήσεις τα μάτια σας θα είναι κλειστά με τη χρήση μάσκας ματιών ατομικής χρήσης που θα σας δοθεί. Αυτό γίνεται ώστε να μετρηθεί η κίνηση χωρίς την βοήθεια της όρασης. Μετά από κάθε μέτρηση η μάσκα μπορεί να αφαιρεθεί και το πόδι θα λύνεται. Στην αρχή το γόνατό σας θα κινηθεί από το μηχάνημα παθητικά (χωρίς δική σας προσπάθεια). Στη συνέχεια θα σας ζητηθεί να αναπαράγετε την θέση ή/και την ταχύτητα της άρθρωσης του γόνατος ή να πατήστε ένα κουμπί ώστε να σταματήσει το μηχάνημα μόλις αντιληφθείτε ότι το γόνατό σας βρίσκεται στην ίδια θέση με αυτή που σταμάτησε το μηχάνημα αρχικά. Πριν την κάθε δοκιμασία θα υπάρχουν κάποιες δοκιμαστικές επαναλήψεις για εξοικείωση με την διαδικασία. Την πρώτη μέρα θα πραγματοποιήσετε τις 4 δοκιμασίες με τον πρώτο υπεύθυνο ερευνητή, θα κάνετε ένα διάλειμμα 20 λεπτών και μετά θα τις επαναλάβετε με τον δεύτερο υπεύθυνο ερευνητή. Την επόμενη ημέρα θα ξανά έρθετε στο εργαστήριο για να επαναλάβετε άλλη μία φορά τις δοκιμασίες. Η διάρκεια των μετρήσεων θα είναι συνολικά από 20 λεπτά έως μια ώρα.

**Τι περιορισμοί υπάρχουν;**

Στο διάστημα μεταξύ των δύο ημερών θα πρέπει να απέχετε από οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα ή προπόνηση ισορροπίας.

**Υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις;**

Η παρούσα έρευνα δεν εξετάζει θεραπευτικές παρεμβάσεις οπότε δεν τίθεται θέμα εναλλακτικών λύσεων.

**Υπάρχουν παρενέργειες;**

Όχι. Δεν υπάρχουν παρενέργειες από τη συμμετοχή σας στην έρευνα ή κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

**Πιθανοί κίνδυνοι ή μειονεκτήματα:**

Δεν υπάρχουν κίνδυνοι ή μειονεκτήματα.

**Ποιο είναι το όφελος του εθελοντή;**

Δεν υπάρχει συγκεκριμένο όφελος από την συμμετοχή στην έρευνα. Ωστόσο, η συμμετοχή είναι σημαντική για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την ανάπτυξη επιστημονικών εργαλείων μέτρησης προς όφελος μελλοντικών ασθενών.

**Νέες πληροφορίες έρχονται στο φως από την έρευνα:**

Κάποιες φορές, κατά την διάρκεια μιας έρευνας, καινούργιες πληροφορίες έρχονται στο φως που μπορεί να αλλάξουν τα δεδομένα της μελέτης. Αν αυτό συμβεί ο ερευνητής θα σας ενημερώσει και θα ξανασυζητήσει την συμμετοχή σας στην έρευνα σε περίπτωση που τα νέα δεδομένα αλλάξουν την γνώμη σας σχετικά με την συμμετοχή σας. Αν συνεχίσετε να συμμετέχετε ένα νέο έντυπο «Ενημέρωση Ασθενούς» που θα περιλαμβάνει τα νέα δεδομένα θα σας δοθεί για να το υπογράψετε. Υπάρχει επίσης περίπτωση ο ερευνητής να θεωρήσει ότι, βάση των νέων δεδομένων, δεν είναι προς το συμφέρον σας να συνεχίσετε να συμμετέχετε. Και σε αυτήν την περίπτωση πλήρεις πληροφορίες θα σας δοθούν.

**Τι γίνεται όταν τελειώσει η έρευνα;**

Θα ενημερωθείτε εάν κατά τη διάρκεια της έρευνας βρεθεί κάποια παθολογία ανεξαρτήτως αν αυτή δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της έρευνας.

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

Αν έχετε παράπονα με την συμπεριφορά του προσωπικού ή με τα αποτελέσματα της μελέτης ή για οποιονδήποτε άλλο λόγο μπορείτε να επικοινωνήσετε είτε με τους υπεύθυνους ερευνητές στα τηλέφωνα που βρίσκονται παρακάτω είτε με τον εισηγητή της έρευνας Δρ. Ασημάκη Κ. Κανελλόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή στο τηλέφωνο: 6973513040.

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

Αν αποφασίσετε να συναινέσετε και λάβετε μέρος στην έρευνα, τα προσωπικά σας στοιχεία θα γίνουν γνωστά στην ομάδα η οποία πραγματοποιεί την έρευνα ώστε αυτοί να αξιολογήσουν και να αναλύσουν τα αποτελέσματα. Επίσης τα στοιχεία σας μπορεί να γίνουν γνωστά στην Επιτροπή Ελέγχου της Έρευνας. Τα στοιχεία σας δεν θα αποκαλυφθούν αλλού. Όπου είναι δυνατό τα αποτελέσματα θα ελέγχονται με τα προσωπικά σας στοιχεία (όνομα, επώνυμο, διεύθυνση κλπ) καλυμμένα. Τα στοιχεία σας θα παραμείνουν εμπιστευτικά ακόμη και μετά το πέρας της έρευνας.

### **Τι θα γίνει με τα αποτελέσματα της μελέτης/έρευνας;**

Τα αποτελέσματα της έρευνας θα περιλαμβάνονται στην διπλωματική εργασία η οποία μετά τη συγγραφή της θα κατατεθεί στην βιβλιοθήκη του τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στη Λαμία.

### **Περισσότερες πληροφορίες;**

Για περισσότερες πληροφορίες μπορείτε να απευθυνθείτε στους υπεύθυνους ερευνητές:

- Τσουκαλάς Κωνσταντίνος  
Φυσικοθεραπευτής, Μεταπτυχιακός Φοιτητής  
Τηλ: 6947590901  
Email: [ktsoukalas93@gmail.com](mailto:ktsoukalas93@gmail.com)
- Μαλιούσης Ιωάννης  
Φυσικοθεραπευτής, Μεταπτυχιακός Φοιτητής  
Τηλ: 6984022352  
Email: [imaliouisis@uth.gr](mailto:imaliouisis@uth.gr)

Και στον εισηγητή της έρευνας:

- Δρ. Ασημάκης Κ. Κανελλόπουλος  
Επίκουρος Καθηγητής  
Τηλ: 6973513040  
Email: akanellopoulos@uth.gr

Ευχαριστούμε για την συμμετοχή σας στην έρευνα και είμαστε στη διάθεσή σας για περαιτέρω πληροφορίες.

**Σημαντική σημείωση:** Ο εθελοντής κρατάει ένα αντίγραφο του παρόντος εγγράφου καθώς και ένα αντίγραφο από το υπογεγραμμένο έντυπο Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση.

**Ημερομηνία παράδοσης:**.....





ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ  
ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

3<sup>ο</sup> χλμ ΠΕΟ Λαμίας-Αθηνών, Λαμία 35132

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

Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

### Συναίνεση μετά από Πληροφόρηση

Ημερομηνία: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Όνοματεπώνυμο εθελοντή (ασθενή): \_\_\_\_\_

Αριθμός αναγνώρισης ασθενούς στην παρούσα έρευνα (#ID):

Ημερομηνία γέννησης: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Προϊστάμενος ερευνητής - εισηγητής: Δρ. Ασημάκης Κ. Κανελλόπουλος

Φοιτητής/ερευνητής: Τσουκαλάς Κωνσταντίνος, Μαλιούσης Ιωάννης

Υπεύθυνος γιατρός: \_\_\_\_\_

Άρρεν  Θήλυ

Ιδιαιτερότητες εθελοντή (ασθενή):

---



---



---

Άλλες πληροφορίες:

---



---



---

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

**Δήλωση και υποχρεώσεις του υπεύθυνου φοιτητή - ερευνητή:**

Έχω εξηγήσει τη διαδικασία της έρευνας στον συμμετέχοντα (εθελοντή). 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 συμμετέχων θέλει περαιτέρω πληροφορίες πριν ή και μετά τη διεξαγωγή του πειράματος μπορεί να επικοινωνήσει στο τηλέφωνο: 6947590901

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

**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:

«Διερεύνηση της αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος».

Μικρή επεξήγηση της ερευνητικής εργασίας:

Θα διερευνηθεί η αξιοπιστία ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος. Οι μετρήσεις θα γίνουν στο ισοκινητικό δυναμόμετρο και οι δοκιμασίες θα πραγματοποιηθούν από δυο ερευνητές.

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.

<p>Βάλτε σε κάθε τετράγωνο ✓ αν συμφωνείτε</p>
--

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

---

---

---

Υπογραφή συμμετέχοντα:

Ημερομηνία \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Έγκριση Εσωτερικής Επιτροπής Δεοντολογίας**

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

Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

Λαμία 9-9-2021

Αριθμ. Πρωτ.: 649

**Αίτηση Εξέτασης της πρότασης για διεξαγωγή Έρευνας με τίτλο:** Διερεύνηση της αξιοπιστίας μεταξύ διαφορετικών εξεταστών ενός πρωτοκόλλου αξιολόγησης της αίσθησης της θέσης και της αίσθησης της ταχύτητας της άρθρωσης του γόνατος.

**Επιστημονικώς υπεύθυνος/η – επιβλέπων:** Ασημάκης Κανελλόπουλος

**Ιδιότητα:** Επίκουρος Καθηγητής

**Τμήμα:** Φυσικοθεραπείας

**Ίδρυμα:** Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Κύριος/α ερευνητής/τρια - φοιτητής/τρια:** Τσουκαλάς Κων/νος

**Πρόγραμμα Σπουδών:** ΠΜΣ Προηγμένη Φυσικοθεραπεία

**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 X Διδακτορική Έρευνα  Ανεξάρτητη έρευνα

**Τηλ. επικοινωνίας:**

**E-mail επικοινωνίας:**

Η Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μετά την συνεδρίασή της, στις 8-9-2021 **εγκρίνει** τη διεξαγωγή της προτεινόμενης έρευνας.

Η Πρόεδρος της  
Εσωτερικής Επιτροπής  
Δεοντολογίας του Τμήματος  
Φυσικοθεραπείας  
Καθηγήτρια Ελένη Καπρέλη