



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

**ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ  
ΤΡΙΚΕΦΑΛΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΜΥΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ  
ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ**

**Γαρύφαλος Μπάγιος**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΕΛΙΟ: ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΑΘΛΗΜΑΤΩΝ**

**ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΑΘΛΟΠΑΙΔΙΕΣ**

**ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2023**

© Copyright

Γαρύφαλος Μπάγιος

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντίστασης 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Σημείωμα Συγγραφέα

Το δοκίμιο αυτό αποτελεί Μεταπτυχιακή Διατριβή που συντάχθηκε για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός», της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ και υποβλήθηκε το Δεκέμβριο του 2023.

Ο/Η συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων – όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

**Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής**

Επιβλέπων Καθηγητής

**Νούτσος Κων/νος**

**Αναπληρωτής Καθηγητής Προπονησιολογίας Χειροσφαίρισης**

Μέλος

**Μπουντόλος Κων/νος**

**Καθηγητής Αθλητικής Βιομηχανικής**

Μέλος

**Σωτηρόπουλος Κων/νος**

**Επίκουρος Καθηγητής Διδακτικής και Προπονητικής Πετοσφαίρισης**



ΠΡΑΚΤΙΚΟ  
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ


Του Γαρύφαλου Μπάγιου

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Συνέλευση του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 7/7/2023 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής του **κ. Γαρύφαλου Μπάγιου** με τίτλο: «Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα τρικεφάλου βραχιονίου μυός σε αθλητές πετοσφαίρισης και χειροσφαίρισης» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Κ. Νούτσο**, Αναπλ. Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), **Κ. Μπουντόλο**, Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Κ. Σωτηρόπουλο**, Επίκ. Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 15/12/2023 ημέρα Παρασκευή και ώρα 13:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε. Παυλίνη της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρινόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

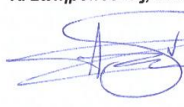
**Κ. Νούτσος**, Αναπληρωτής Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

 Νούτσος Κων/νος

**Κ. Μπουντόλος**, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

 Μπουντόλος Κων/νος

**Κ. Σωτηρόπουλος**, Επίκουρος Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

 Σωτηρόπουλος Κων/νος

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα από την καρδιά μου να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν να περατώσω την μεταπτυχιακή αυτή εργασία. Και πρώτα να ευχαριστήσω τους αθλητές της Πετοσφαίρισης και της Χειροσφαίρισης που συμμετείχαν στη μελέτη αυτή, καθώς και τους φοιτητές που ήταν στις ομάδες ελέγχου.

Τον Καθηγητή Αθλητικής Βιομηχανικής κ. Κωνσταντίνο Μπουντόλο που με εμπιστεύτηκε και μου παραχώρησε το Εργαστήριο της Αθλητικής Βιομηχανικής προκειμένου να εκπονηθεί τούτη η εργασία. Επίσης να τον ευχαριστήσω επειδή στάθηκε από πάνω μου και με βοήθησε σε όλα τα στάδια της εργασίας, παρέχοντάς μου όλες τις πληροφορίες που ήταν απαραίτητες τόσο για τις μετρήσεις όσο και για τη συγγραφή της εργασίας.

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Νούτσο Κωνσταντίνο και το μέλος της τριμελούς επιτροπής μου Επίκουρο Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Σωτηρόπουλο.

Την καθηγήτρια Αθλητικής Βιομηχανικής κα Ελισάβετ Ρουσάνογλου για τις πολύτιμες συμβουλές της στην καταγραφή και την ανάλυση των δεδομένων της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας.

Τη διδακτορική φοιτήτρια κα Αναλίνα Εμμανουήλ που με κατανόηση μοιραστήκαμε το εργαστήριο Αθλητικής Βιομηχανικής για την διεξαγωγή των μετρήσεων των διατριβών μας.

*Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στον πατέρα μου για τη στήριξη  
που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια.*

**ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΡΙΚΕΦΑΛΟΥ  
ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΜΥΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ  
ΧΕΙΡΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ**

**Περίληψη**

Η καταγραφή και ανάλυση της ανθρώπινης μυϊκής δραστηριότητας παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση της λειτουργίας των μυών του ανθρώπινου σώματος. Η ηλεκτρομυογραφία αποτελεί την πειραματική μέθοδο εντοπισμού και καταγραφής της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών κατά τη διάρκεια της ενεργοποίησής τους. Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να εξεταστεί η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των δύο κεφαλών (εσωτερική και εξωτερική) του τρικέφαλου βραχιόνιου μύος σε έμπειρους αθλητές βόλεϊ και χάντμπολ κατά τη διάρκεια της κρούσης και της ρίψης της μπάλας, αντιστοίχως, σε δύο βασικές επιθετικές ενέργειες αυτών των αθλημάτων - το σερβίς και το ελεύθερο σουτ. Δώδεκα (12) αθλητές βόλεϊ και δέκα (10) αθλητές χάντμπολ συμμετείχαν σε αυτήν τη μελέτη, μαζί με δύο ομάδες ελέγχου που ήταν χωριστές για κάθε άθλημα. Καταγράφηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των άνω άκρων και η ηλεκτρική δραστηριότητα των εσωτερικών και εξωτερικών κεφαλών του τρικέφαλου βραχιόνιου. Στην ηλεκτρομυογραφική ενεργοποίηση, βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην έξω κεφαλή του μύος τρικέφαλου βραχιόνιου μεταξύ της ομάδας βόλεϊ και της αντίστοιχης ομάδας ελέγχου στις παραμέτρους  $\max$  ( $p=.005$ ),  $\text{mean}$  ( $p=.001$ ) και  $\text{integral}$  ( $p=.039$ ) της ηλεκτρομυογραφίας. Η ομάδα χάντμπολ ενεργοποίησε την έξω και έσω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μύος για σημαντικά μικρότερη διάρκεια ( $dt$ ,  $p=.001$  και  $p=.001$ ) ( $dt$ ,  $p=.002$  και  $p=.006$ ) σε σύγκριση με και την ομάδα ελέγχου και την ομάδα βόλεϊ αντίστοιχα. Συμπερασματικά, οι μικρότερη χρονική διάρκεια και η υψηλότερη συχνότητα που παρατηρήθηκαν στην ομάδα χάντμπολ μπορεί να αποδοθούν στη μαστιγωτή κίνηση που χρησιμοποιούν οι ελίτ αθλητές. Η μελέτη αυτή έδειξε ότι και οι δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου ενεργοποιούνται με διαφορετική μυϊκή συνέργεια αναφορικά με τις αγωνιστικές ομάδες, καθώς διαφορετικές τεχνικές χρησιμοποιούνται σε αυτά τα αθλήματα. Περαιτέρω ανάλυση χρειάζεται για τον καθορισμό αξιόπιστων παραμέτρων

ηλεκτρομυογραφίας στις κινήσεις ρίψης και κρούσης του βραχίονα σε δυναμικές συνθήκες, καθώς και για την εξέταση της απόδοσης με γνώμονα την ταχύτητα, ακρίβεια και λήψη απόφασης.

**Λέξεις κλειδιά:** Ηλεκτρομυογραφία (EMG), Αθλοπαιδιές, Μέση τετραγωνική ρίζα (RMS)

## **ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY OF THE TRICEP MUSCLE IN ELITE HANDBALL AND VOLLEYBALL ATHLETES**

Garyfalos Bagios

National & Kapodistrian University of Athens, School of Physical Education and Sport Science, Department of Sport Games

### **Abstract**

The recording and analysis of human muscle activity provides significant information and knowledge for understanding the function of the body's muscles. Electromyography is the experimental method for detecting and recording the electrical activity of muscles during their activation. The purpose of this study is to examine the electromyographic activity of the two heads (inner and outer) of the triceps brachii muscle in elite volleyball and handball athletes during the ball impact and ball release, corresponding to two fundamental offensive actions in these sports - the serve and the free throw. Twelve (12) volleyball players and ten (10) handball players participated in this study, along with two control groups separate for each sport. The anthropometric characteristics of the upper extremities and the electrical activity of the inner and outer heads of the triceps brachii muscle were recorded. In electromyographic activation, significant differences were found in the outer head of the triceps brachii muscle between the volleyball group and its corresponding control group in max ( $p=.005$ ), mean ( $p=.001$ ) and integral ( $p=.039$ ) EMG parameters. The handball group activated both the outer and inner heads of the triceps brachii muscle for significantly shorter duration (dt,  $p=.001$  and  $p=.001$ ) (dt,  $p=.002$  and  $p=.006$ ) in comparison to both control group and volleyball group respectively. In conclusion, the shorter time and higher frequency EMG parameters observed in the handball group may be attributed to the whip-like motion utilized by elite athletes. This study showed that both heads of the triceps brachii muscle are activated with dissimilar muscle synergy regarding the athletic groups, since



different techniques are used in these sports. Further analysis is needed to establish reliable EMG parameters in upper arm throwing and striking movements in dynamic conditions, as well as examine performance, with velocity, accuracy and decision making in perspective.

**Key words:** Electromyography (EMG), sports games, root mean square (RMS)

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση της μεταπτυχιακής διατριβής.....	iv
Έκφραση Ευχαριστιών .....	v
Περίληψη στην ελληνική γλώσσα.....	vii
Περίληψη στην αγγλική γλώσσα (Abstract) .....	viii
Πίνακας Περιεχομένων .....	x
Κατάλογος Πινάκων .....	xii
Κατάλογος Εικόνων .....	xiii
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	4
1.2. Σκοπός της έρευνας.....	4
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις .....	4
1.4. Σημασία της έρευνας.....	5
1.5. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί .....	5
1.6. Περιγραφή των όρων.....	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....</b>	<b>7</b>
2.1. Παλαιότερες ηλεκτρομυογραφικές μελέτες .....	8
2.2. Νεότερες ηλεκτρομυογραφικές μελέτες .....	15
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....</b>	<b>21</b>
3.1. Ερευνητικός σχεδιασμός .....	21
3.2. Χαρακτηριστικά δοκιμαζομένων.....	22
3.3. Περιγραφή δοκιμασιών .....	23
3.3.1. Πρωτόκολλο καταγραφής ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών.....	23
3.3.2. Πρωτόκολλο δοκιμασίας ρίψης μπάλας πάνω από τον ώμο με στήριξη για τους χειροσφαιριστές και σερβίς από στάση για τους πετοσφαιριστές .....	24
3.3.3. Συλλογή δεδομένων της μυϊκής ενεργοποίησης .....	25

3.3.4. Διαδικασία ανάλυσης ηλεκτρομυογραφικού σήματος .....	25
3.4. Στατιστική ανάλυση .....	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>29</b>
4.1. Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και οι επιμέρους συγκρίσεις .....	29
4.2. Ηλεκτρομυογραφική ενεργοποίηση σε προσομοιωμένες προσπάθειες ρίψης μπάλας στη Χειροσφαίριση και σερβίς στην Πετοσφαίριση .....	29
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>35</b>
5.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των άνω άκρων .....	35
5.2. Μυϊκή ενεργοποίηση Ομάδων Πετοσφαίρισης – Χειροσφαίρισης σε έσω και έξω κεφαλή τρικέφαλου βραχιόνιου .....	36
5.3. Οργάνωση μυϊκής ενεργοποίησης έσω – έξω κεφαλής τρικέφαλου βραχιόνιου στην ομάδα Πετοσφαίρισης και στην ομάδα Χειροσφαίρισης ....	37
5.4. Μυϊκή ενεργοποίηση Ομάδων Πετοσφαίρισης – Χειροσφαίρισης και αντίστοιχων Ελέγχου για έσω – έξω κεφαλή τρικέφαλου βραχιόνιου .....	40
5.5. Συμπεράσματα και Προτάσεις .....	42
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....</b>	<b>45</b>
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	45
Ξενογλώσση Βιβλιογραφία .....	45
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</b>	<b>53</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 2.1.** Μυϊκή δράση των τραπεζοειδή, θωρακικού, τρικέφαλου και δικέφαλου κατά σειρά μεγέθους της μέσης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας [σε mV] για τις τρεις αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις δοκιμαζόμενων, τυχαία επιλεγμένων από τα τρία δείγματα και στα τρία είδη ρίψεων και στις δύο παραλλαγές του καθενός σε μία εύστοχη (E) και μία λιγότερο εύστοχη (A) προσπάθεια (συνολικά 12 προσπάθειες ο καθένας) (Μπάγιος, 1998)..... 12

**Πίνακας 4.1.** Μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις και στατιστική σημαντικότητα των ανθρωπομετρήσεων ανά ζεύγη ομάδων δοκιμαζόμενων Πετοσφαίρισης (N=12) και της Χειροσφαίρισης (N=10). Για κάθε ομάδα αθλητών υπήρχε και διαφορετική ομάδα Ελέγχου .....30

**Πίνακας 4.2.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση (mean±SD) της ΗΜΓ δραστηριότητας της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός και οι στατιστικοί δείκτες t και επίπεδο σημαντικότητας (p value) για τη σύγκριση μεταξύ κάθε αθλητικής ειδικευσης και την αντίστοιχη για αυτή ομάδα ελέγχου. Π=Πετοσφαίριση, Χ=Χειροσφαίριση, Ε= Ελέγχου .....31

**Πίνακας 4.3.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση (mean±SD) της ΗΜΓ δραστηριότητας της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός και οι στατιστικοί δείκτες t και επίπεδο σημαντικότητας (p value) για τη σύγκριση μεταξύ ομάδων για την ίδια κεφαλή. Π=Πετοσφαίριση, Χ=Χειροσφαίριση, Ε= Ελέγχου .....32

**Πίνακας 4.4.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση (mean±SD) της ΗΜΓ δραστηριότητας της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός και οι στατιστικοί δείκτες t και επίπεδο σημαντικότητας (p value) για τη σύγκριση μεταξύ ομάδων για την ίδια κεφαλή .....33

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 3.1.</b> Κεντρική μονάδα συστήματος ηλεκτρομυογραφίας και αισθητήρες ηλεκτρομυογραφίας και επιταχυνσιομετρίας (B) Τοποθέτηση αισθητήρων σε δοκιμαζόμενο, (Γ) ανάλυση ηλεκτρομυογραφικού σήματος με το λογισμικό AcqKnowledge5.0.0. ....	26
---	----



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανίχνευση, η καταγραφή και η πειραματική ανάλυση της ανθρώπινης μυϊκής δραστηριότητας αποτελεί σημαντικό αντικείμενο γνώσης κυρίως στην κινήσιολογία και έχει ως σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας των μυών του σώματος. Η υψηλή και συγχρονισμένη μυϊκή ενεργοποίηση συνιστά βασικό ρόλο στη μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης (Enoka, 2007). Ειδικότερα, η συνεργασία του μυϊκού και του νευρικού συστήματος αποτελεί δείγμα άριστης τεχνικής εκτέλεσης των κινήσεων και σηματοδοτεί την έναρξη και ολοκλήρωση της κίνησης για μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης. Η αποτελεσματικότητα μιας πετυχημένης αθλητικής προσπάθειας εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την εφαρμογή όλων των δυνάμεων (μυϊκών, βαρύτητας και εδαφικών), που επιδρούν ξεχωριστά ή από κοινού στο τελικό αποτέλεσμα (Badura, 2010). Η ποσοστιαία κατανομή των μυϊκών ιών, η εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ιών, η αρχιτεκτονική δομή των μυών και η νευρική ενεργοποίηση των πρωταγωνιστών μυών αποτελούν από τους κρίσιμους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή της μυϊκής ισχύος (Cormie, McGuigan & Newton, 2011).

Στον αθλητισμό και σε επιμέρους τεχνικές προσπάθειες, η μυϊκή ενεργοποίηση συγκεκριμένων τμημάτων του ανθρώπινου σώματος επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Υπάρχουν αρκετά αθλήματα στα οποία οι αθλητές χρησιμοποιούν τα άνω άκρα για να πετύχουν την τελική μέγιστη δυνατή και στοχευμένη δράση και η αντικειμενική αξιολόγησή τους αποτελεί σημαντικό εργαλείο στη διάθεση των ερευνητών για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους. Στις αθλοπαιδιές, κινητικές δραστηριότητες όπως η Χειροσφαίριση, η Πετοσφαίριση, η Αντισφαίριση, η Επιτραπέζια Αντισφαίριση το Αμερικάνικο Ποδόσφαιρο, το Μπέιζμπολ κ.ά., η ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών των άνω άκρων αποτελούν αντικείμενο επιστημονικής έρευνας. Η καταγραφή και η ανάλυση των μυών που συμμετέχουν ενεργά γίνεται κυρίως με τη χρήση της κινήσιολογικής ηλεκτρομυογραφίας (EMG). Πρόκειται κυρίως για την επιφανειακή και όχι ενδομυϊκή ηλεκτρομυογραφία, η οποία αξιοποιείται ως πειραματική μέθοδος καταγραφής αυτής της δραστηριότητας των μυών κατά την ενέργειά τους, που προκαλείται από ένα εξωτερικό ερέθισμα. Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) δέχεται τα εξωτερικά ερεθίσματα, σχεδιάζει και αποφασίζει την εκτέλεση εντολών μέσω του περιφερικού νευρικού συστήματος, οι οποίες εκτελούνται από τους μύες. Σύμφωνα με τον Κέλλη (2008), η ανατομική σύνδεση του μυός με το νευρικό σύστημα γίνεται μέσω των κινητικών μονάδων. Για να ενεργοποιηθεί ένας μυς, βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ενός νευρικού ερεθίσματος, το οποίο διαπερνά την κινητική μονάδα και προκαλείται η σύσπαση των μυϊκών ιών. Το ερέθισμα αυτό ονομάζεται δυναμικό ενέργειας και χαρακτηρίζεται από μεταβολές στην ηλεκτρική τάση ιδιαίτερα στην περιοχή της νευρομυϊκής σύναψης, και ακολούθως σε ολόκληρο το μυ (Enoka, 2007).

Η επιφανειακή ηλεκτρομυογραφία, ως εφαρμοσμένη μέθοδος ειδικά την τελευταία δεκαετία, έχει εξελιχθεί στην Αθλητική επιστήμη. Σ' αυτό συνέβαλλε η χρήση κυρίως των ασύρματων συστημάτων και η εφαρμογή τους όχι μόνο για την περιγραφή της μυϊκής δράσης, αλλά και ως ποσοτική μέθοδος αξιολόγησης. Η αξιοποίηση των διπολικών ρυθμίσεων, δηλ. η χρήση δύο ηλεκτροδίων, γίνεται

πλέον δημοφιλής στις μελέτες των αθλητικών κινήσεων και ως μη επεμβατική μέθοδος μπορεί να καταγράψει το άθροισμα των δυναμικών δράσης πάνω στο δέρμα, δίνοντας ως έξοδο ένα αναλογικό σήμα που δείχνει τη διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού (τάση) που ανιχνεύεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων (Merletti & Muceli, 2019).

Οι διαδικασίες επεξεργασίας που ακολουθούνται στη συνέχεια, όπως η διόρθωση και το φιλτράρισμα του σήματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ποσοτικοποίηση συντονισμένων ενεργοποιήσεων από το ΚΝΣ κατά την εκτέλεση μιας σύνθετης κίνησης, με τεχνικές λεπτομέρειες και έχοντας ως σκοπό την απόδοση. Αρκετές μελέτες, με αντικείμενο την επιφανειακή ηλεκτρομυογραφία, προσεγγίζουν την ανάλυση με υπολογισμό των παραμέτρων του εύρους, του χρονισμού και της συχνότητας.

Μία από τις πρώτες μελέτες στην κινησιολογική επιφανειακή ηλεκτρομυογραφία και τη σχέση με την απόδοση στη ρίψη της χειροσφαίρισης εκπονήθηκε στο τέλος της δεκαετίας του '90 (Μπάγιος, 1998) και αφορούσε την ενεργοποίηση συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών σε ρίψη με το χέρι να βρίσκεται πάνω από τον ώμο. Λόγω των ιδιοτήτων που παρουσιάζει η κίνηση της ρίψης (δυναμική), καθώς και η εφαρμογή της μεθόδου της ηλεκτρομυογραφίας, όπου εκείνη την περίοδο παρουσίαζε έλλειμμα πληροφόρησης σε τέτοιου είδους μελέτες, συζητήθηκαν ατομικές διαφορές τριών αντιπροσωπευτικών περιπτώσεων από τα εξεταζόμενα δείγματα (υψηλής απόδοσης, μέσης απόδοσης και αρχαρίων).

Σε συνέχεια της παραπάνω διατριβής (Rousanoglou et al., 2014) εξετάστηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα μυών του θώρακα, του βραχίονα και της άνω μοίρας του τραπεζοειδή. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπήρξε μία αμετάβλητη ενεργοποίηση των χρονικών χαρακτηριστικών της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας μεταξύ έμπειρων και αρχαρίων ασκούμενων της Χειροσφαίρισης, το οποίο πιθανώς να εξηγείται από το γεγονός ότι η απόκτηση της ριπτικής ικανότητας να συντελείται νωρίς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μάθησης. Επίσης, εξετάστηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός αλλά και του δικέφαλου βραχιόνιου μυός, όπου δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ αρχαρίων και έμπειρων αθλητών της Χειροσφαίρισης σε καμία από τις τρεις φάσεις της ρίψης. Το γεγονός ότι είχαν παρόμοια αποτελέσματα τόσο στη διάρκεια των φάσεων όσο και στην ενεργοποίηση του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός βρίσκει σύμφωνους και άλλους ερευνητές (van den Tillaar & Ettemma, 2006; Wagner et al., 2010). Αν και οι παραπάνω ερευνητές δεν είχαν μελετήσει την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, εντούτοις τόσο οι van den Tillaar & Ettemma, (2006) όσο και οι Wagner et al., (2010) αναφέρθηκαν στην έλλειψη σημαντικών διαφορών μεταξύ αρχαρίων και αθλητών στα επιμέρους χρονικά κινηματικά χαρακτηριστικά, κατά τη διάρκεια της ρίψης με άλμα και χωρίς άλμα στη Χειροσφαίριση. Παρά το γεγονός ότι ήταν σε διαφορετικό αθλητικό επίπεδο, εντούτοις τα ευρήματα των χρονικών προτύπων ήταν παρόμοια, κάτι που πιθανώς να εξηγείται από το γεγονός οι αρχαριοί αδυνατούν να αποθηκεύσουν την απαιτούμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια της φάσης προετοιμασίας. Επομένως, η σημαντικά μεγαλύτερη ταχύτητα που πέτυχαν οι αθλητές δεν αντανακλά και στην αντίστοιχη μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση.



Παλαιότερες όμως μελέτες (Toyoshima & Miyashita, 1973), χρησιμοποίησαν ηλεκτρομυογραφία και ηλεκτρογωνιομετρία, προκειμένου να διερευνήσουν τη συμμετοχή των διαφόρων μελών του σώματος στην αύξηση της ταχύτητας της μπάλας, η οποία επιτυγχάνεται με πέντε διαφορετικούς τρόπους ρίψης. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η συμμετοχή της έκτασης της άρθρωσης του αγκώνα στην ταχύτητα ρίψης, προέρχεται όχι μόνο από τη δύναμη της εθελούσιας συστολής του τρικέφαλου βραχιόνιου, αλλά και από την ορμή που εκδηλώνεται με την περιστροφή του κορμού. Επίσης, μία παρόμοια έρευνα έγινε το 1980 από τους Miyashita et al., οι οποίοι με ταυτόχρονη κινηματογράφηση και ηλεκτρομυογράφηση, εξέτασαν την κίνηση του σέρβις στην αντισφαίριση, καθώς επίσης και μία ίδια κίνηση, τη ρίψη πάνω από τον ώμο. Παρατηρήθηκε σχεδόν παρόμοια μυϊκή δραστηριότητα και στις δύο κινήσεις (σέρβις και ρίψη).

Η σχέση αγωνιστών - ανταγωνιστών μυών κατά τη ριπτική προσπάθεια στη χειροσφαίριση εξετάστηκε από τον Muller (1982), αναλύοντας κινηματικά και ηλεκτρομυογραφικά δύο (2) διαφορετικά σουτ, ενώ οι Pezarat - Correia et al., (1996), εξέτασαν ηλεκτρομυογραφικά το ρόλο των συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών στην απότομη έκταση του πήχη, κατά τη διάρκεια της ρίψης στη Χειροσφαίριση. Τα αποτελέσματα έδειξαν μία συστολή συνέργειας μεταξύ συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών λιγότερη από 30 ms, τα οποία συμφωνούν με αυτά του Pezarat - Correia (1995), όπου η έκταση του αγκώνα συνολικά εξαρτάται από τη ροπή που παράγεται από τον τρικέφαλο βραχιόνιο.

Σε νεότερες μελέτες (Hirashima et al., 2002) φάνηκε ότι ο δικέφαλος βραχιόνιος ενεργοποιείται πριν από τον τρικέφαλο βραχιόνιο και διακόπτει τη δραστηριότητά του σχεδόν την ίδια στιγμή κατά την οποία ξεκινά η σύσπαση του τρικέφαλου βραχιόνιου. Επίσης, οι Escamilla & Andrews, (2009) οδηγήθηκαν σε συμπέρασμα ότι υπάρχει μία υψηλή δραστηριότητα στην άρθρωση του ώμου που αγγίζει το 80-120% του σωματικού βάρους στις δύο τελευταίες φάσεις της ρίψης, δηλαδή στην ανύψωση του χεριού και τη φάση της επιβράδυνσης.

Από τη μελέτη της βιβλιογραφίας δεν βρέθηκαν εργασίες ηλεκτρομυογραφίας αναφορικά με την Πετοσφαίριση ενώ στην αντισφαίριση γίνονται κυρίως κινησιολογικές αναλύσεις σχετικά με τους χρόνους ενεργοποίησης των μυών του άνω άκρου που συμμετέχουν στο σερβίς (Kibler et al., 2007).

Υπάρχει περιορισμένος αριθμός μελετών στις οποίες γίνεται χρήση της ηλεκτρομυογραφίας (EMG) προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για τη δραστηριότητα των μυϊκών ομάδων που συμμετέχουν σε μία αγωνιστική κρουστική ή ριπτική κίνηση. Σε μία εξ αυτών (Stone, 2013) εξετάζεται κατά πόσον ο διαθέσιμος αλγόριθμος απεικονίζει τη δύναμη του σώματος στις μειομετρικές και πλειομετρικές ασκήσεις. Το σήμα λήφθηκε από δύο καμπτήρες μύες του βραχιόνιου (δικέφαλος βραχιόνιος, βραχιονοκερκιδικός) και έναν εκτείνοντα του αγκώνα (τρικέφαλος βραχιόνιος) μαζί με δεδομένα ισοκινητικού δυναμόμετρου (Biodex System 3) για σκοπούς ανάλυσης συσχέτισης. Μία άλλη μελέτη που αφορά στη δονησιομυογραφία ανιχνεύτηκε η ικανότητα του μυός να καταγράφει με ακρίβεια τη δύναμη που παράγεται σε μία εθελούσια ισομετρική συστολή του βραχιονοκερκιδικού μυός (Cole et al., 2006).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω δεν υπάρχουν πρόσφατες μελέτες που να δίνουν πληροφορίες για την ενεργοποίηση των μυών του χεριού που συμμετέχουν

στη ρίψη της μπάλας της Χειροσφαίρισης ή στην κρούση της μπάλας που εφαρμόζεται στην Πετοσφαίριση. Οι δύο μελέτες που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία για τη Χειροσφαίριση έχουν εκπονηθεί πριν από το 2000 (Muller, 1982; Pezarat - Correia et al., 1996). Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι αρκετές μελέτες ηλεκτρομυογραφίας (EMG) αφορούν μυϊκές ομάδες ποδιών και κυρίως του ορθού μηριαίου, ενώ λιγότερες αφορούν τα άνω άκρα. Επίσης, οι μελέτες που έχουν εκπονηθεί εστιάζουν κυρίως σε ιατρικούς σκοπούς σχετικά με την αποκατάσταση ατόμων και όχι σε αθλητικούς πληθυσμούς. Επομένως, δεν υπάρχουν μελέτες που να έχουν αξιοποιήσει μεθοδολογικά τη χρήση της ηλεκτρομυογραφίας (EMG) σε άνω ή σε κάτω άκρα σε αθλητές της Χειροσφαίρισης και της Πετοσφαίρισης, αλλά και γενικότερα στις αθλοπαιδιές.

### **1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος**

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει, ότι η επιφανειακή ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός δεν έχει μελετηθεί σε τεχνικές κινήσεις, που αφορούν από τις σημαντικές αγωνιστικές προσπάθειες της Πετοσφαίρισης και της Χειροσφαίρισης. Ειδικά, η επιχειρούμενη σύγκριση επιλεγμένων παραμέτρων ανάλυσης του ηλεκτρομυογραφήματος στις δύο αθλοπαιδιές παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη βελτίωση της απόδοσης των αθλητών. Ταυτόχρονα, αναδεικνύει και τη σημασία της πειραματικής αυτής μεθόδου να εφαρμοστεί σε δυναμικές και τεχνικές κινήσεις.

### **1.2. Σκοπός της μελέτης**

Ο σκοπός της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας είναι να συγκριθεί η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των δύο κεφαλών (έσω και έξω) του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός στην Πετοσφαίριση και τη Χειροσφαίριση κατά τη διάρκεια της κρούσης και ρίψης μπάλας, αντίστοιχα, σε δύο βασικές επιθετικές ενέργειες των παραπάνω αθλοπαιδιών, όπως είναι το σερβίς και το σουτ. Επίσης, να εξεταστεί η σχέση της μυϊκής ενεργοποίησης μεταξύ ομάδων με αγωνιστική εμπειρία και αντίστοιχων ομάδων ελέγχου.

### **1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις**

1<sup>ο</sup> ερώτημα: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των άνω άκρων τόσο μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου όσο και μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων;

2<sup>ο</sup> ερώτημα: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στην επιφανειακή ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, άρα και τη μυϊκή ενεργοποίηση της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου στην ομάδα της Πετοσφαίρισης και της Χειροσφαίρισης, κατά τη διάρκεια της κρούσης και ρίψης μπάλας;

3<sup>ο</sup> ερώτημα: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στην επιφανειακή ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, άρα και τη μυϊκή ενεργοποίηση μεταξύ της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός στην ομάδα της Πετοσφαίρισης και της Χειροσφαίρισης, κατά τη διάρκεια της κρούσης και ρίψης μπάλας;

Σύμφωνα με τις προηγούμενες αναφορές θα διατυπωθούν οι παρακάτω ερευνητικές υποθέσεις:

1η υπόθεση: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, τόσο μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου όσο και μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων.

2η υπόθεση: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός, στη βασική κίνηση της κρούσης και ρίψης μπάλας μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου.

3<sup>η</sup> υπόθεση: Πιθανόν να προκύψει σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός μεταξύ των δύο κεφαλών του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός στα δύο αγωνιστικά δείγματα, κατά τη διάρκεια κρούσης και ρίψης μπάλας αντίστοιχα.

#### **1.4. Σημασία της έρευνας**

Τα ευρήματα της εργασίας μπορούν να αξιοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους, όπως για παράδειγμα στην εφαρμογή ειδικών προγραμμάτων βελτίωσης της μυϊκής ισχύος των άνω άκρων και κατ' επέκταση βελτίωσης των κινήσεων για ισχυρότερο και αποτελεσματικότερο κτύπημα της μπάλας (σερβίς) στην Πετοσφαίριση και αύξηση της ταχύτητας ρίψης στη Χειροσφαίριση. Επιπλέον, η παραγόμενη μυϊκή δύναμη που εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της προσπάθειας, ενδεχομένως να ενισχύσει τη γνώση των ειδικών στην κατεύθυνση της πρόβλεψης για υψηλού επιπέδου ριπτική και κρουστική εκτέλεση των κινήσεων, με απώτερο σκοπό την ανίχνευση, επιλογή και παρακολούθηση των ταλέντων στον αθλητισμό. Τέλος, η μελέτη αυτή μπορεί να αναδείξει πλευρές της μυϊκής συνέργειας σε σύνθετες τεχνικές κινήσεις και να παρακινήσει τους ειδικούς των αθλημάτων σε αγωνιστικές δραστηριότητες όπου τα άνω άκρα πρωταγωνιστούν στην τελική απόδοση, να ασχοληθούν πιο έντονα και πιο μεθοδικά, ώστε να ανέβει το επίπεδο της εφαρμοσμένης αθλητικής γνώσης.

#### **1.5. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί**

Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τόσο στην Πετοσφαίριση όσο και στη Χειροσφαίριση αθλητές από ορισμένα σωματεία που βρίσκονταν στην περιοχή της Αττικής. Οι δοκιμαζόμενοι είχαν αθλητική εμπειρία τουλάχιστον δέκα ετών, με προπονητική και αγωνιστική ενασχόληση. Οι ομάδες ελέγχου προέρχονταν από φοιτητές που διδάχτηκαν τα βασικά εκμάθησης κινήσεων των αθλημάτων της Πετοσφαίρισης και Χειροσφαίρισης. Οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε μία συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα, έτσι που τα αποτελέσματά της δεν μπορούν να γενικευτούν. Το φύλο που εξετάστηκε ήταν μόνο άνδρες και οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε κλειστό και οργανωμένο εργαστηριακό χώρο της Αθλητικής Βιο-Μηχανικής, με ειδικό εξοπλισμό που δεν επηρέαζε την κίνηση των δοκιμαζομένων. Η προπόνηση των αθλητών δεν αποτελεί αντικείμενο της μελέτης, καθ' ότι δεν χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα παρέμβασης και δεν αξιολογήθηκε στην παρούσα μελέτη.

## 1.6. Περιγραφή των όρων

**Ηλεκτρομυογραφία** : Ορίζεται η μέθοδος καταγραφής της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών κατά την ενέργειά τους που προκαλείται από ένα εξωτερικό ερέθισμα.

**Delta T**: Είναι ο συνολικός χρόνος της μυϊκής ενεργοποίησης σε sec.

**Max**: Είναι η μέγιστη τιμή της σφοδρότητας της μυϊκής ενεργοποίησης σε mV.

**Mean**: Είναι η μέση τιμή της σφοδρότητας της μυϊκής ενεργοποίησης σε mV.

**Integral**: Είναι το ολοκλήρωμα της περιοχής της μυϊκής ενεργοποίησης σε mV-sec.

**Freq**: Είναι η συχνότητα του ηλεκτρικού ερεθίσματος σε Hz.

**Μυϊκής ισχύς**: Η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να υπερνικά εξωτερικές αντιστάσεις με μεγάλη ταχύτητα.

**Δύναμη** : Δύναμη ορίζεται η ικανότητα του ανθρώπου να υπερνικά αντιστάσεις με τη μυϊκή σύσπαση ή να εξισορροπεί αντιστάσεις με την αύξηση της πίεσης στους μύες ή να αποσβένει αντιστάσεις με την επιμήκυνση των μυών.

❖ *Απόλυτη ή μέγιστη δύναμη.* Η μεγαλύτερη αντίσταση που μπορεί να υπερνικήσει ο άνθρωπος με μια μυϊκή συστολή μέγιστης δύναμης.

❖ *Εκρηκτική δύναμη.* Η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να υπερνικά ορισμένες αντιστάσεις σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρονικό διάστημα.

❖ *Στατική δύναμη.* Αυτή η μορφή της δύναμης εκδηλώνεται με ισομετρικές ή στατικές μυϊκές συσπάσεις ή διατάσεις.

❖ *Δυναμική δύναμη.* Αυτό το είδος της δύναμης εκδηλώνεται με ισοτονικές μυϊκές συσπάσεις.

❖ *Σχετική δύναμη.* Είναι η σχέση της απόλυτης ή μέγιστης δύναμης του ατόμου ως προς το σωματικό του βάρος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ II - ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η ηλεκτρομυογραφία (EMG) στην επιστήμη χρησιμοποιείται προκειμένου να καταγραφεί και να αναλυθεί η δραστηριότητα των μυών που συμμετέχουν σε μία κίνηση, έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η λειτουργία τους, καθώς επίσης και να καθοριστεί το ποσοστό συμμετοχής του κάθε μυ στην τελική προσπάθεια. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και στην αθλητική επιστήμη προκειμένου να καταγραφούν και να μελετηθούν όλες οι αθλητικές κινήσεις. Προς την κατεύθυνση αυτή αρκετοί ερευνητές μελέτησαν τους μύες είτε με επιφανειακά ηλεκτρόδια είτε με βελόνες. Αρκετά όμως προβλήματα σε σχέση με την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των μετρήσεων παρατηρήθηκαν, και μέχρι σήμερα η μέθοδος αυτή συνεχώς βελτιώνεται και αποτελεί σημαντικό εργαλείο στην κατανόηση της μυϊκής εργασίας.

Ταυτόχρονα, και άλλες μέθοδοι καταγραφής της δραστηριότητας των μυών έχουν εμφανιστεί, συνεπικουρώντας τις ήδη γνωστές μεθόδους. Παράλληλα με την ηλεκτρομυογραφία (EMG) έχει εφαρμοστεί μία νέα μέθοδος καταγραφής της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών που ονομάζεται δονησιομυογραφία, η οποία παρουσιάζει μία σειρά από πλεονεκτήματα έναντι της ηλεκτρομυογραφίας. Η καταγραφή αυτής της διαδικασίας είναι εξόχως σημαντική για τους ερευνητές οι οποίοι στοχεύουν στην κατανόηση των μηχανισμών της μυϊκής ενεργοποίησης. Η δονησιομυογραφία αποτελεί μια μέθοδο καταγραφής της μυϊκής ενεργοποίησης μέσω των δονήσεων που παράγει ο μυς κατά τη σύσπασή του, με εφαρμογή σε δυναμικές και στατικές κινητικές δράσεις (Ibitoye et al., 2014).

Η καταγραφή αυτής της διαδικασίας είναι εξόχως σημαντική για τους ερευνητές οι οποίοι στοχεύουν στην κατανόηση των μηχανισμών της μυϊκής ενεργοποίησης. Η μέθοδος της δονησιομυογραφίας αποτελεί μαζί με την ακουστική μυογραφία και τη φωνομυογραφία, τη μηχανομυογραφία (Islam et al., 2012). Επιπλέον, πρόσφατα αναπτύχθηκε και άλλη μία μέθοδος η οποία ονομάζεται τενσιομυογραφία (TMG), η οποία είναι βασισμένη σε στοιχεία που μετρούν με ακρίβεια την ταχύτητα συστολής των μυών καθώς και τη μυϊκή δυσκαμψία. Στηρίζεται στη μετατόπιση της γαστέρας του μυός διαδοχικά σε ένα μόνο ηλεκτρικό ερέθισμα και εφαρμόζεται ευρέως τόσο στην έρευνα των αθλητικών επιδόσεων όσο και στην αθλητική ιατρική επιστήμη (Tous-Fajardo et al., 2010).

Όπως αναφέρθηκε, οι μελέτες που αφορούν στην ηλεκτρομυογραφική ή στη δονησιομυογραφική καταγραφή της ανθρώπινης κίνησης αποτελούν σημαντικό πεδίο επιστημονικής έρευνας. Η δονησιομυογραφική μυϊκή ενεργοποίηση παρουσιάστηκε πιο πρόσφατα σε σχέση με την αντίστοιχη ηλεκτρομυογραφική, ενώ η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των μετρήσεων αυτών προβάλλει σε σημαντικό βαθμό να χρησιμοποιείται ευρύτερα. Η ευκολία τοποθέτησης των εξαρτημάτων που εφαρμόζονται στη δονησιομυογραφική μυϊκή ενεργοποίηση σε σύγκριση με την ηλεκτρική μυϊκή ενεργοποίηση (EMG) την καθιστά εξίσου αποτελεσματική. Επιπλέον, γίνεται ευκολότερη η διαδικασία της προετοιμασίας των μυών που πρόκειται να εξεταστούν και απλοποιούνται τα βήματα για την καταγραφή της

δραστηριότητάς τους. Οι μελέτες δείχνουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων με τον συντελεστή συσχέτισης  $r$  κατά Pearson να κυμαίνεται γύρω στο  $r=0.80$  (Zhang et al., 1992; Yeung & Evans, 1998; Padmanathan et al., 2014). Πλέον, και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που η κάθε μία εμφανίζει.

Η ηλεκτρομυογραφία είναι η μέθοδος καταγραφής της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών κατά την ενέργειά τους που προκαλείται από ένα εξωτερικό ερέθισμα. Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) δέχεται τα εξωτερικά ερεθίσματα, σχεδιάζει και αποφασίζει την εκτέλεση εντολών μέσω του περιφερικού νευρικού συστήματος οι οποίες εκτελούνται από τους μύες. Σύμφωνα με τον Κέλλη (2008), η ανατομική σύνδεση του μυός με το νευρικό σύστημα γίνεται μέσω των κινητικών μονάδων. Για να ενεργοποιηθεί ένας μυς, βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ενός νευρικού ερεθίσματος το οποίο διαπερνά την κινητική μονάδα και προκαλείται η σύσπαση των μυϊκών ινών. Το ερέθισμα αυτό ονομάζεται δυναμικό ενέργειας και χαρακτηρίζεται από τις μεταβολές στην ηλεκτρική τάση ιδιαίτερα στην περιοχή της νευρικής και μυϊκής σύναψης και ακολούθως σε ολόκληρο το μυ. Η ποσοστιαία κατανομή των μυϊκών ινών, η εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών, η αρχιτεκτονική δομή των μυών και η νευρική ενεργοποίηση των πρωταγωνιστών μυών αποτελούν τους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή της μυϊκής ισχύος (Cormie, McGuigan & Newton, 2011).

### **2.1. Παλαιότερες ηλεκτρομυογραφικές μελέτες**

Οι Toyoshima & Miyashita (1973), χρησιμοποίησαν ηλεκτρομυογραφία και ηλεκτρογωνιομετρία, προκειμένου να αναλύσουν τη συμμετοχή των διαφόρων μελών του σώματος στην ταχύτητα της μπάλας, η οποία επιτυγχάνεται με πέντε διαφορετικούς τρόπους ρίψης. Οι ρίψεις περιλάμβαναν από απλή ρίψη με τη χρησιμοποίηση μόνο του πήχη έως την πλήρη ρίψη πάνω από τον ώμο. Οι μέσες ταχύτητες των επτά (7) δοκιμαζόμενων ήταν από 9 m/sec έως 27.7 m/s αντίστοιχα, για την πρώτη και την τελευταία ρίψη. Οι τρεις ενδιάμεσες ρίψεις περιλάμβαναν περισσότερα μέλη του σώματος που συμμετείχαν διαδοχικά στην κίνηση και πετύχαιναν ταχύτητες κοντά σε αυτές της τελικής ρίψης πάνω από τον ώμο. Όταν η ρίψη γινόταν μόνον με τον πήχη, συγκρινόμενη με αυτή της τελικής ρίψης πάνω από τον ώμο, η δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου ήταν περίπου η ίδια. Το εύρος όμως της γωνίας και η γωνιακή ταχύτητα στην έκταση του αγκώνα, ήταν διπλάσια στην τελική βολή, σε σχέση με τη βολή που γινόταν μόνο με τον πήχη. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι η συμμετοχή της έκτασης της άρθρωσης του αγκώνα στην ταχύτητα ρίψης, προέρχεται όχι μόνο από τη δύναμη της εθελούσιας συστολής του τρικέφαλου βραχιόνιου, αλλά και από την ορμή που εκδηλώνεται με την περιστροφή του κορμού. Επίσης η περιστροφή της λεκάνης επιβραδύνεται καθώς αρχίζει η έκταση του αγκώνα (Atwater, 1970), προφανώς για να πετύχει τη μεταφορά της κινητικής ενέργειας από τον κορμό προς τον πήχη. Η συμμετοχή του τρικέφαλου βραχιόνιου στην κίνηση της άρθρωσης του αγκώνα είναι θέμα που χρειάζεται προσεκτική μελέτη. Δεν έχει προσδιοριστεί, εάν ο μυς αυτός δραστηριοποιείται κατά τη διάρκεια της ριπτικής κίνησης, μόνον για να σταθεροποιήσει την άρθρωση του αγκώνα πριν από την απότομη έκταση, ή για να

παράγει την ταχύτατη έκταση του αγκώνα. Πιθανολογείται όμως (Roberts, 1971) ότι, ο κύριος ρόλος του τρικέφαλου βραχιόνιου είναι να εμποδίσει την υπέρμετρη έκταση της άρθρωσης του αγκώνα, η οποία με τη σειρά της, θα δημιουργούσε μία στιγμή αδράνειας στη δραστηριότητα του ώμου (έξω στροφή). Η γωνιακή ταχύτητα της έκτασης του αγκώνα κατά την απελευθέρωση της μπάλας, που επιτυγχάνεται από ρίπτες υψηλού επιπέδου, είναι τουλάχιστον 40 rad/s (Atwater, 1970) και είναι λογικό να αναμένεται ότι, ο τρικέφαλος βραχιόνιος θα παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή αυτής της ταχύτατης κίνησης. Όμως κάθε μία από τις μελέτες παρουσιάζει και έναν διαφορετικό ρόλο αυτού του μυός στην παραγωγή της κίνησης και χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

Η Anderson (1976) χρησιμοποίησε ταυτόχρονα κινηματογράφιση και ηλεκτρομυογράφιση, προκειμένου να εξετάσει τη συμμετοχή των μυϊκών ομάδων που συμμετέχουν στη ρίψη. Εξέτασε τη μέση τιμή της μυϊκής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της ρίψης και του σερβίς στην αντισφαίριση. Κατέγραψε τη δραστηριότητα στις μυϊκές ομάδες της κλειδικής μοίρας του μείζονα θωρακικού, της πρόσθιας και οπίσθιας μοίρας του δελτοειδή, του υπακάνθιου, του πρόσθιου οδοντωτού, της άνω μοίρας τραπεζοειδή, του μέσου και του μικρού τραπεζοειδή. Εννέα (9) αθλήτριες αντισφαίρισης χρησιμοποίησαν τον ίδιο αριθμό μυών κατά την προπαρασκευαστική και τελική φάση της κίνησης και στις δύο κινήσεις. Εντούτοις υπήρχαν διαφορές κατά τη διάρκεια της ενεργοποίησης των μυϊκών ομάδων. Το σερβίς χρειάστηκε μεγαλύτερο χρόνο για να εκτελεστεί και περιείχε διαφορετική συναρμογή των μυϊκών δραστηριοτήτων από ότι η ριπτική κίνηση. Εάν οι δοκιμαζόμενοι μπορούν να αντιληφθούν τη διαφορά του χρόνου μεταξύ 200 και 800 ms, τότε η πρακτική εξάσκηση της ρίψης μπορεί να βοηθήσει στην τεχνική εκτέλεση του σερβίς.

Μία παρόμοια έρευνα έγινε το 1980 από τους Miyashita et al., οι οποίοι με ταυτόχρονη κινηματογράφιση και ηλεκτρομυογράφιση, εξέτασαν την κίνηση του σερβίς στην αντισφαίριση, καθώς επίσης και μία ίδια κίνηση, τη ρίψη πάνω από τον ώμο. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν τρεις (3) αθλητές, εκ των οποίων ο ένας ήταν αθλητής της αντισφαίρισης και άλλοι δύο έκαναν προπονήσεις στο σερβίς του τένις, αλλά ο ένας από αυτούς γυμναζόταν και μία φορά ως αθλητής στο μπέιζμπολ (pitcher). Οι δοκιμαζόμενοι εξετάστηκαν στο σερβίς της αντισφαίρισης και στη ρίψη του μπέιζμπολ με κανονικές μπάλες αγώνων. Τους ζητήθηκε να καταβάλλουν την καλύτερή τους προσπάθεια. Όλα τα χαρακτηριστικά της κίνησης κινηματογραφήθηκαν με κάμερα 16mm υψηλής ταχύτητας. Ταυτόχρονα καταγράφηκαν με ηλεκτρομυογράφο επτά (7) μυϊκές ομάδες του ώμου και του κορμού: μέσος τραπεζοειδής, στερνική μοίρα του μείζονα θωρακικού, ακρωμιακή (μέση) μοίρα του δελτοειδή, υπακάνθιος, μακρά κεφαλή του δικέφαλου βραχιόνιου, μακρά κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου και κερκιδικός καμπτήρας του καρπού. Η ανάλυση έδειξε υψηλές ταχύτητες στην μπάλα του σερβίς και της ρίψης του μπέιζμπολ περισσότερο στους δοκιμαζόμενους αθλητές από ότι στους μη αθλητές. Παρατηρήθηκε σχεδόν παρόμοια μυϊκή δραστηριότητα και στις δύο κινήσεις (σερβίς και ρίψη). Επίσης έχει ενδιαφέρον το γεγονός ότι βρέθηκε μία νεκρή περίοδος στις μυϊκές δραστηριότητες. Οι περισσότερες μυϊκές ομάδες σταματούν τη δραστηριότητά τους στην αιώρηση για τη ρίψη στο σερβίς, ενώ για τη ρίψη στο μπέιζμπολ στο μισό της κίνησης.

Τη σχέση αγωνιστών - ανταγωνιστών μυών κατά τη ριπτική προσπάθεια στο χάντμπολ μελέτησε ο Muller (1982), ο οποίος ανέλυσε κινηματικά και ηλεκτρομυογραφικά δύο (2) διαφορετικά σουτ σε 119 δοκιμαζόμενους. Οι μύες που εξετάστηκαν ήταν για την ωμική ζώνη: Μείζων θωρακικός -αγωνιστής, Δελτοειδής - ανταγωνιστής, για το βραχίονα : Τρικέφαλος βραχιόνιος- αγωνιστής, Δικέφαλος βραχιόνιος - ανταγωνιστής, για τον πήχη: Κερκιδικός καμπτήρας του καρπού, ωλένιος καμπτήρας, μακρός παλαμικός - αγωνιστές, μακρός κερκιδικός εκτείνων τον καρπό, ωλένιος εκτείνων τον καρπό - ανταγωνιστές. Από τα δεδομένα φαίνεται ότι, στις ρίψεις η ενέργεια των ανταγωνιστών είχε αυξηθεί μετά την παραγωγή μέγιστης ταχύτητας και μειώθηκε μόνον σε μικρό αριθμό δοκιμαζόμενων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, ο ανταγωνιστής συμμετείχε πριν ακόμα ο αγωνιστής αποκτήσει τη μέγιστη ταχύτητα και εξαιτίας της μειωμένης συμμετοχής των αγωνιστών, κατά τη μεταφορά της κίνησης.

Από τις πρώτες μελέτες που έγιναν προκειμένου να δοκιμαστεί η μέθοδος της δονησιομυογραφίας έγινε το 1992 (Zhang et al., 1992). Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν ταυτόχρονα τα ηλεκτρικά σήματα της ηλεκτρομυογραφίας και της δονησιομυογραφίας κατά τη διάρκεια της μυϊκής συστολής με δόνηση χαμηλής συχνότητας σε άσκηση που έγινε στον τετρακέφαλο μηριαίο μυ. Τα ταυτόχρονα σήματα VMG και EMG που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της μυϊκής συστολής αξιολογήθηκαν σε γωνίες 30, 60, και 90 deg·s<sup>-1</sup>. Κατά την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ισοκινητικό δυναμόμετρο Cybex II προκειμένου να αξιολογήσει τη ροπή της δύναμης σε τέσσερα επίπεδα μυϊκής συστολής, δηλαδή 20, 40, 60 και 80% της μέγιστης εκούσιας συστολής. Διαπιστώθηκε ότι τόσο η ηλεκτρομυογραφία όσο και η δονησιομυογραφία κάτω από τις ίδιες συνθήκες είναι γενικά εξίσου ευαίσθητες στην αξιολόγηση της συστολής των μυών του τετρακέφαλου.

Η έρευνα των Pezarat - Correia et al., (1996), είχε ως σκοπό να εξετάσει μέσω της ηλεκτρομυογραφίας το ρόλο των συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών στη ξαφνική έκταση του πήχη κατά τη διάρκεια του σουτ στη Χειροσφαίριση. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν επτά (7) αθλητές, οι οποίοι εκτέλεσαν σουτ προς το τέρμα, ή απλή πάσα από απόσταση 30 μέτρων. Η ηλεκτρογωνιομέτρηση της άρθρωσης του αγκώνα έδωσε τη δυνατότητα να μετρηθούν οι παράμετροι της θέσης και της ταχύτητας. Στο ηλεκτρομυογράφημα χρησιμοποιήθηκαν επιφανειακά ηλεκτρόδια για την καταγραφή της δράσης των εξής μυών: έσω - έξω πλατύ μηριαίου, τρικέφαλου βραχιόνιου, δικέφαλος βραχιόνιου, βραχιονοκερκιδικού. Η ανάλυση έδειξε ότι, η έκταση του αγκώνα, κατά τη διάρκεια του σουτ ήταν ολοκληρωμένη και παρόμοια με αυτή που βρέθηκε στη βαλλιστική έκταση κατά τη διάρκεια των απλών αρθρικών κινήσεων. Ο συγχρονισμός των συναγωνιστών και το μέγεθος της μυϊκής δραστηριότητάς τους, πριν από την έναρξη της κίνησης, καθόρισε σημαντικά την επιτάχυνση. Από την άλλη πλευρά, ο συγχρονισμός των ανταγωνιστών συμφωνεί με τα χαρακτηριστικά της επιβράδυνσης των παλμών, που ελέγχουν το τέλος της φάσης επιτάχυνσης στις βαλλιστικές κινήσεις και δεν έχουν ρόλο σταθεροποιητή της άρθρωσης του αγκώνα, κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν μία συστολή μεταξύ συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών λιγότερη από 30 ms, τα οποία συμφωνούν με αυτά του Pezarat & Correia (1995), όπου η έκταση του αγκώνα συνολικά ήταν εξαρτημένη από τη ροπή που



παράγεται από τον τρικέφαλο βραχιόνιο. Επίσης, η συμβολή των εκτεινόντων μυών του αγκώνα στην ταχύτητα του πήχη είναι αναμφισβήτητη, αλλά η ενέργεια που περνά διαμέσου των πλησιέστερων προς τον κορμό αρθρώσεων, φαίνεται ότι είναι η πιο σημαντική πηγή για την αύξηση της ταχύτητας της κίνησης.

Η πρώτη καταγραφή της μυϊκής δραστηριότητας σε αθλητές της Χειροσφαίρισης έγινε στην Ελλάδα το 1997 (Μπάγιος, 1998) και αφορούσε την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών σε ρίψη με το χέρι να βρίσκεται πάνω από τον ώμο. Το δείγμα της έρευνας αποτελείτο από επίλεκτους αθλητές της Χειροσφαίρισης των δύο μεγαλύτερων κατηγοριών του Εθνικού Πρωταθλήματος καθώς και ομάδας ελέγχου.

Συγκεκριμένα, από την Α1 Εθνική κατηγορία έλαβαν μέρος δεκαπέντε (15) αθλητές και από την Α2 δώδεκα (12) αθλητές. Η επιλογή τους έγινε με βάση το σύνολο των τερμάτων που πέτυχαν στην αγωνιστική περίοδο 1996-97. Έτσι βρέθηκαν οι 15 πρώτοι σκόρερς της Α1 Εθνικής κατηγορίας της Νοτίου Ελλάδας και οι 12 πρώτοι της Α2. Οι ομάδες αυτές ήταν οι πειραματικές, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και μία ομάδα ελέγχου δεκαπέντε (15) ατόμων, που αποτελείτο από φοιτητές του Τ.Ε.Φ.Α.Α. Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η μέθοδος της ηλεκτρομυογράφησης εφαρμόστηκε για να εξεταστεί η ηλεκτρική δραστηριότητα τεσσάρων μυών (συναγωνιστών και ανταγωνιστών) που συμμετέχουν στην κίνηση ρίψης και πιο συγκεκριμένα η άνω μοίρα του τραπεζοειδούς, η κοιλιακή μοίρα του μεγάλου θωρακικού πριν τη μυοτενόντια ένωση, ο δικέφαλος βραχιόνιος και η έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου. Ο τρόπος της τοποθέτησης των ηλεκτροδίων έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες των Basmajian & De Luca, 1985 και συμπληρώθηκαν από αυτές του De Luca 1997. Χρησιμοποιήθηκε το φορητό σύστημα ηλεκτρομυογραφίας της MP100WS τεσσάρων καναλιών, της εταιρίας BIOPAC Systems, Ink. Santa Barbara, CA,. Λόγω των ιδιοτήτων που παρουσιάζει η κίνηση της ρίψης (δυναμική), καθώς και η εφαρμογή της μεθόδου της Η.Μ.Γ που παρουσιάζει έλλειμμα πληροφόρησης σε τέτοιου είδους μελέτες, συζητήθηκαν ατομικές διαφορές τριών αντιπροσωπευτικών περιπτώσεων από τα εξεταζόμενα δείγματα.

**Πίνακας 2.1.** Μνϊκή δράση των τραπεζοειδή, θωρακικού, τρικέφαλου και δικέφαλου κατά σειρά μεγέθους της μέσης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας [σε mV] για τις τρεις αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις δοκιμαζόμενων, τυχαία επιλεγμένων από τα τρία δείγματα και στα τρία είδη ρίψεων και στις δύο παραλλαγές του καθενός σε μία εύστοχη (E) και μία λιγότερο εύστοχη (A) προσπάθεια (συνολικά 12 προσπάθειες ο καθένας) (Μπάγιος, 1998).

Ομάδες	E/A	cm - m/sec	Τραπεζοειδής	Θωρακικός	Τρικέφαλος	Δικέφαλος
Ομάδα A <sup>1</sup>	E	8.00 - 26.36	****	**	*	***
	A	28.8 - 23.15	****	**	***	*
	E	8.00 - 27.04	****	*	***	**
	A	34.41 - 26.58	****	*	**	***
	E	8.94 - 28.88	****	*	**	***
	A	59.46 - 28.39	****	*	**	***
	E	0.00 - 28.62	****	*	**	***
	A	39.40 - 25.90	****	*	***	**
	E	5.66 - 23.75	****	*	**	***
	A	22.63 - 25.25	****	*	***	**
	E	4.00 - 27.17	****	***	**	*
	A	36.88 - 21.61	****	**	***	*
Ομάδα A <sup>2</sup>	E	8.00 - 22.58	***	*	****	**
	A	46.65 - 21.84	**	****	***	*
	E	8.00 - 21.58	**	*	****	***
	A	21.54 - 21.53	***	*	****	**
	E	0.00 - 22.55	**	****	*	***
	A	28.84 - 22.94	**	****	*	***
	E	8.00 - 22.05	**	****	*	***
	A	63.25 - 24.15	***	*	****	**
	E	12.65 - 21.03	*	****	***	**
	A	37.74 - 22.50	*	****	**	**
	E	0.00 - 21.13	*	**	****	***
	A	48.17 - 20.75	***	*	****	**
Ομάδα Ελέγχου	E	0.00 - 16.00	***	****	**	*
	A	58.82 - 14.45	***	****	**	*
	E	0.00 - 14.45	***	****	**	*
	A	77.90 - 16.40	***	****	**	*
	E	11.31 - 19.57	***	****	**	*
	A	56.46 - 20.20	***	****	**	*
	E	4.00 - 20.39	***	****	**	*
	A	73.43 - 19.57	***	****	**	*
	E	45.61 - 14.83	***	****	**	*
	A	115.45 - 15.07	***	****	**	*
	E	0.00 - 15.88	***	****	**	*
	A	78.59 - 15.84	***	****	**	*

\*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\*\*: χαμηλή, μεσαία, υψηλή, πολύ υψηλή ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα

Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων και τα δεδομένα του Πίνακα 2.1, η μυϊκή δραστηριότητα διαφέρει σε κάθε ξεχωριστή περίπτωση κατά τη χρονική διάρκεια, τη μέση ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα και την επιφάνεια της μέσης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας. Ο δοκιμαζόμενος του δείγματος της A<sup>1</sup>, με ευστοχία που κυμαίνεται από 0.00 - 59.46 cm και ταχύτητα της μπάλας από 23.15 - 28.62 m/s, ενεργοποιεί κυρίως και με σταθερό τρόπο τον τραπεζοειδή μυ, ανεξάρτητα από το είδος ή την παραλλαγή της ρίψης, όπως επίσης και ανεξάρτητα της πιο εύστοχης ή λιγότερο εύστοχης προσπάθειας. Ο δεύτερος σε δραστηριότητα μυς είναι ο τρικέφαλος ή και σε ορισμένες περιπτώσεις ο δικέφαλος. Η συμμετοχή του θωρακικού μυ είναι υποβαθμισμένη, που σημαίνει ότι δεν τίθεται σε έντονη δραστηριότητα, εκτός από τη μία και μοναδική περίπτωση στη ρίψη με κατακόρυφο άλμα και στη δεύτερη παραλλαγή της ρίψης. Ο δοκιμαζόμενος του δείγματος της A<sup>2</sup>, με ευστοχία που κυμαίνεται από 0.00 - 63.25 cm και ταχύτητα της μπάλας από 20.75 - 24.15 m/s, παρουσιάζει μια διαφοροποιημένη κατάσταση, γεγονός που δείχνει τη μη σταθερή μυϊκή του δράση στη ρίψη της μπάλας. Ενεργοποιεί έντονα και εναλλάξ τον τρικέφαλο και το θωρακικό μυ, γεγονός που φανερώνει τη μη σταθερότητα στην εκτέλεση της κίνησης. Ο δικέφαλος και τραπεζοειδής μυς δραστηριοποιούνται κατά δεύτερο πάντα λόγο και ανεξάρτητα του είδους της ρίψης, της παραλλαγής, της εύστοχης ή της λιγότερο εύστοχης ρίψης της μπάλας. Ο δοκιμαζόμενος του δείγματος των φοιτητών, με ευστοχία στις κρινόμενες προσπάθειες που κυμαίνεται από 0.00 - 115.45 cm και ταχύτητα της μπάλας από 14.45 - 20.39 m/s, εμφανίζει μια σταθερή και έντονη δραστηριοποίηση του θωρακικού μυ. Η δράση αυτή καταγράφηκε σε όλες ανεξαιρέτα τις προσπάθειες, σε όλα τα είδη ρίψεων, των παραλλαγών ρίψης, εύστοχων ή λιγότερο εύστοχων προσπαθειών. Είναι χαρακτηριστική η σειρά δραστηριοποίησης για τον τραπεζοειδή και τον τρικέφαλο μυ (Πίνακας 2.1.). Από την παραπάνω συγκεντρωτική εικόνα φαίνεται ότι ο δοκιμαζόμενος με τις υψηλότερες τιμές ευστοχίας και ταχύτητας της μπάλας ενεργοποιεί ορθώς τον τραπεζοειδή μυ, αφού με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η σωστή από τεχνικής πλευράς εκτέλεση της ριπτικής κίνησης. Η μέσου επιπέδου ικανότητα ευστοχίας και ταχύτητας της μπάλας εκδηλώνεται από το δοκιμαζόμενο που ενεργοποιεί χωρίς σταθερότητα δύο μύες εναλλάξ, τον τρικέφαλο και θωρακικό μυ και σε σχεδόν υποδεέστερη μοίρα τον τραπεζοειδή. Τέλος, η ριπτική προσπάθεια του μη εξειδικευμένου στη ρίψη της μπάλας δοκιμαζόμενου φοιτητή είναι σταθερή για όλες τις προσπάθειες, με πρωταρχική ενεργοποίηση του θωρακικού μυός. Η δραστηριοποίηση αυτή είναι μη αποτελεσματική, αφού η τεχνική των κινήσεων δεν θέτει τον συγκεκριμένο μυ σε πρωταγωνιστικό ρόλο (Μπάγιος, 1998).

Την ανάλυση των τεσσάρων φάσεων της ρίψης πάνω από τον ώμο (προπαρασκευαστική, θέση ρίψης, επιτάχυνση και τελική φάση) καθώς και τον καθορισμό των βασικών μυών που συμμετέχουν σε αυτή στοχεύουν στην μελέτη τους οι Kelly et al., (2002). Βιντεογράφησαν είκοσι (20) αθλητές που συμμετέχουν σε ομάδες μπίτζμπολ υψηλού επιπέδου προκειμένου να καθοριστούν οι φάσεις της ρίψης, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και 14 αθλητές χαμηλότερου επιπέδου, στους οποίους τοποθετήθηκαν τόσο επιφανειακά ηλεκτρόδια όσο και βελόνες για την καταγραφή της μυϊκής δραστηριότητας βασικών μυών του χεριού ρίψης που συμμετέχουν στη ριπτική κίνηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν 4 φάσεις. Στην πρώτη

φάση (προπαρασκευαστική) αποδίδεται το  $49\% \pm 11\%$  της ρίψης. Η φάση αυτή αρχίζει με την τοποθέτηση του αντίθετου ποδιού από το χέρι ρίψης στο έδαφος και συνεχίζεται με τη μέγιστη οριζόντια απαγωγή και εξωτερική στροφή του ώμου. Στη δεύτερη φάση (θέση ρίψης) αποδίδεται το  $20\% \pm 6\%$ , στην τρίτη φάση το  $15\% \pm 4\%$  και στην τελευταία φάση το  $16\% \pm 5\%$ . Οι μυϊκές ομάδες που συμμετείχαν στη ρίψη χωριστήκαν σε δύο κατηγορίες. Τους σταθεροποιητές μύες και τους επιταχυντές. Στην πρώτη κατηγορία μιών ανήκουν ο υπερακάνθιος και ο υπακάνθιος οι οποίοι ενεργοποιούνται περισσότερο, ακολουθεί ο δελτοειδής ενώ τη μικρότερη μυϊκή ενεργοποίηση έχει ο δικέφαλος βραχιόνιος. Στη δεύτερη κατηγορία επιταχυντών μιών ανήκουν ο υποπλάτιος, πλατύς ραχιαίος, μεγάλος θωρακικός οι οποίοι ενεργοποιούνται περισσότερο κατά τη διάρκεια της τελικής φάσης της ρίψης, εκτός από τον πρόσθιο δελτοειδή και τον μεγάλο θωρακικό. Επίσης, φαίνεται ότι ο δικέφαλος βραχιόνιος ενεργοποιείται λιγότερο από 50% της δραστηριότητας των άλλων σταθεροποιητών μιών, κάτι που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Η ριπτική κίνηση αποτελεί μία ανοικτή κινηματική ενότητα (Hochmuth, 1984), στην οποία συμμετέχουν σχεδόν όλα τα μοχλικά συστήματα του σώματος. Οι μοχλοί αυτοί οι οποίοι ξεκινούν από τα πόδια και το ισχίο, στη συνέχεια μεταφέρονται στον κορμό, τον ώμο, καταλήγουν στον αγκώνα, τον καρπό και τις μετακαρποφαλαγγικές αρθρώσεις, εξαρτώνται λειτουργικά από το εσωτερικό αυτών των μιών (Muller, 1982). Για τις κινήσεις που εκτελούνται από σύνθετη κινηματική ενότητα ή περισσότερους μοχλούς, είναι απαραίτητη η χρήση διαφορετικών μυϊκών ομάδων. Μόνο σ' αυτή την περίπτωση έχουμε άριστη τεχνική εκτέλεση, που σημαίνει ότι όλες οι μυϊκές ομάδες οι οποίες συμμετέχουν στην κίνηση είναι μεταξύ τους συγχρονισμένες.

Ο καθορισμός της μυϊκής ενεργοποίησης μιών που συμμετέχουν στη ριπτική κίνηση από τα πλησιέστερα στον κορμό μέρη του σώματος προς τα πιο απομακρυσμένα που είναι ο βραχιόνας, ο πήχης και ο καρπός, μελετήθηκαν από τους Hirashima et al., (2002). Επιφανειακά ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν σε 17 μύες του κορμού και του χεριού ρίψης. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν 9 αθλητές που εκτελούν ριπτικές κινήσεις (μπέιζμπολ, αμερικανικό ποδόσφαιρο, αντισφαίριση) οι οποίοι εκτέλεσαν ρίψη μπέιζμπολ με την οδηγία να ρίξουν όσο γίνεται πιο γρήγορα προς ένα τοίχο που απείχε 8 μέτρα από αυτούς. Καθορίστηκαν 6 φάσεις (προπαρασκευαστική, βήμα, θέση ρίψης, επιτάχυνση, επιβράδυνση και τελική) και μελετήθηκαν οι διαφορές στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα μεταξύ των. Ειδικότερα, από τους 7 αγωνιστές μύες που συμμετέχουν στη ρίψη (ωλένιος καμπτήρας, στρογγύλος πρηνιστής, έξω κεφαλή τρικέφαλου, πρόσθια μοίρα δελτοειδή, μείζων θωρακικός, πρόσθιος οδοντωτός στη έκτη μοίρα και πρόσθιος οδοντωτός στην όγδοη μοίρα), ο πρόσθιος οδοντωτός στη έκτη του μοίρα ήταν ο πρώτος που ενεργοποιήθηκε και αμέσως, μετά ο ίδιος μυς στην πρόσφυσή του στην όγδοη μοίρα, και ακολούθησαν κατά σειρά, ο μείζων θωρακικός, η πρόσθια μοίρα του δελτοειδή, ο τρικέφαλος βραχιόνιος, ο στρογγύλος πρηνιστής και ο ωλένιος καμπτήρας του καρπού. Όσον αφορά τη δραστηριότητα των ανταγωνιστών μιών, ο δικέφαλος βραχιόνιος ενεργοποιείται πριν από τον τρικέφαλο, και σταματά τη δραστηριότητά του σχεδόν την ίδια στιγμή κατά την οποία ο τρικέφαλος αρχίζει τη σύσπαση. Ο δικέφαλος ενεργοποιείται για δεύτερη φορά πριν τη στιγμή της

απελευθέρωσης. Το ίδιο μοντέλο ακολουθείται και μεταξύ του κερκιδικού εκτείνοντα τον καρπό και του ωλένιου καμπτήρα του καρπού. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ο εκτείνων τον αγκώνα (τρικέφαλος βραχιόνιος), ο ωλένιος καμπτήρας του καρπού και ο πρηνιστής του καρπού ενεργοποιήθηκαν σχεδόν ταυτόχρονα. Επίσης, από τα αποτελέσματα προκύπτει το ερώτημα: γιατί ο τρικέφαλος βραχιόνιος δεν προηγείται στην ενεργοποίηση σε σχέση με τους άλλους δύο πιο απομακρυσμένους μύες; Αυτό είναι κάτι που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, καθότι είναι πιθανόν ο συγχρονισμός των τριών αυτών μυών να σχετίζεται με το ρόλο που έχουν οι μύες αυτοί ιδιαίτερα στην ευστοχία. Έχει βρεθεί (Roberts, 1971; Toyoshima et al., 1974) ότι ο τρικέφαλος βραχιόνιος δεν είναι ο κατεξοχήν μυς που συμβάλει στην επιτάχυνση της κίνησης για τη ρίψη της μπάλας. Επιπρόσθετα, έχει μελετηθεί (Sakurai & Ohtsuki, 2000) η σημαντικότητα των μυών του καρπού στις εύστοχες ρίψεις και έχει εξαχθεί το συμπέρασμα ότι στην ευστοχία της ρίψης κυρίαρχο ρόλο έχει η έκταση των δακτύλων (Hore, 1994; Hore et al., 1996).

### 2.1. Νεότερες ηλεκτρομυογραφικές μελέτες

Πότε και πώς ενεργοποιούνται οι μυϊκές ομάδες του ώμου στα αθλήματα που χρησιμοποιούν το χέρι που δραστηριοποιείται τελευταίο σε μία αθλητική κίνηση, αναφέρεται σε μελέτη που εστιάζει σε αθλήματα αθλοπαιδιών (Escamilla & Andrews, 2009). Στην εργασία αυτή μετρήθηκαν αθλητές στη ρίψη του μπέιζμπολ, του αμερικάνικου ποδοσφαίρου και του σόφτμπολ, αθλητές της Πετοσφαίρισης σε καρφί και σερβίς, αθλητές της αντισφαίρισης στο σερβίς και αθλητές του γκολφ στην αιώρηση του χεριού για το χτύπημα της μπάλας. Διαμέσου της ηλεκτρομυογραφίας αξιολογήθηκαν οι μύες της ωμικής ζώνης και οι μύες του βραχίονα. Φαίνεται ότι υπάρχει μία υψηλή δραστηριότητα στην άρθρωση του ώμου που αγγίζει το 80-120% του σωματικού βάρους στις δύο τελευταίες φάσεις της ρίψης δηλαδή στην ανύψωση του χεριού και τη φάση της επιβράδυνσης. Κατά τη διάρκεια της ανύψωσης του χεριού ρίψης η μέγιστη τιμή της στροφικής δραστηριότητας αποτελεί το 49-99% της μέγιστης εθελούσιας ισομετρικής συστολής (MVIC) στη ρίψη του μπέιζμπολ και 41-67% της MVIC στο αμερικάνικο ποδόσφαιρο. Σε σχέση με τη φάση επιβράδυνσης, η μέγιστη τιμή της στροφικής δραστηριότητας αποτελεί το 37-84% της MVIC στη ρίψη του μπέιζμπολ και 86-95% της MVIC στο αμερικάνικο ποδόσφαιρο. Υψηλή επίσης είναι η μέγιστη τιμή της στροφικής δραστηριότητας στο σόφτμπολ (75-93%) της MVIC, στο σερβίς και το καρφί στην Πετοσφαίριση (54-71% της MVIC), στην αντισφαίριση (40-113% της MVIC) στο μπέιζμπολ (28-39% της MVIC) και στο γκολφ (28-68% της MVIC).

Στη μελέτη των Padmanathan et al., (2014) δίνονται δεδομένα συσχέτισης μεταξύ των δύο μεθόδων καταγραφής της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας, δηλαδή της δονησιομυογραφίας και της ηλεκτρομυογραφίας. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας δονησιομυογραφίας (VMG) καθώς και αισθητήρας ηλεκτρομυογραφίας (EMG). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το καταγραφικό σύστημα Biodex για την αξιολόγηση της μυϊκής απόδοσης. Ως σήμα αναφοράς ορίστηκε το επιφανειακό ηλεκτρομυογράφημα από την παραγόμενη ροπή δύναμης που εφαρμόστηκε στο Biodex και συγκρίθηκε με το σήμα που ανιχνεύτηκε από το

δονησιομογράφημα. Στην έρευνα πήραν μέρος 5 υγιή άτομα τα οποία πραγματοποίησαν ισοκινητική άσκηση έκτασης του γόνατος σε δύο ταχύτητες, 90 deg·s<sup>-1</sup> και 120 deg·s<sup>-1</sup>. Ο συντελεστής συσχέτισης στις δύο ταχύτητες ήταν υψηλός και στα δεδομένα του VMG (r=0,80 και r=0,81) αλλά και στα δεδομένα του EMG (r=0,89 και r=0,88). Επιπλέον, υψηλή συσχέτιση βρέθηκε και μεταξύ των δύο μεθόδων (VMG-EMG) με το συντελεστή να είναι (r=0,78 και r=0,77) για την ταχύτητα 90 deg·s<sup>-1</sup> και 120 deg·s<sup>-1</sup>, αντίστοιχα.

Μία άλλη μελέτη που αφορά στη δονησιομογραφία (VMG) ανιχνεύτηκε η ικανότητα του μυός να καταγράψει με ακρίβεια τη δύναμη που παράγεται σε μία εθελούσια ισομετρική συστολή του βραχιονοκερκιδικού μυός (Cole et al., 2006). Τα σήματα VMG συλλέχθηκαν από 24 υγιείς δοκιμαζόμενους (ηλικίας 26.6 ±9.8 έτη) και χρησιμοποιήθηκε τεχνική ανάλυση κυματομορφής για τον προσδιορισμό των σημάτων που σχετίστηκαν με τη μυϊκή δύναμη. Το σημαντικότερο μέρος της εργασίας ήταν η δυνατότητα πρόβλεψης της παραγωγής δύναμης του βραχιονοκερκιδικού χωρίς την προηγούμενη γνώση της μέγιστης εθελούσιας μυϊκής συστολής ενός ατόμου. Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι η VMG είναι σε θέση να ανιχνεύσει το απόλυτο επίπεδο ισχύος σε αντίθεση με τη μέθοδο EMG που δίνει πληροφορίες μόνο για τα σχετικά επίπεδα δύναμης, γεγονός που βρίσκει πολλές εφαρμογές στη θεραπευτική αξιολόγηση και την αποκατάσταση.

Μία ακόμη μελέτη εστιάζει σε δεδομένα που συσχετίζουν τις δύο μεθόδους δονησιομογραφίας (VMG) και ηλεκτρομυογραφίας (EMG). Είναι η πρώτη προσπάθεια ποσοτικοποίησης του παραγόμενου μυϊκού έργου (Matheson et al., 1997) ενώ ακολούθησε αυτή των Sarver & Seliktar (2000). Δέκα τέσσερις (14) εθελοντές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες υψηλής και χαμηλής δύναμης και αξιολογήθηκαν με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου Cybex. Ένα δονησιομογραφικό επιταχυνσιόμετρο (Dytran 3115A) καθώς και επιφανειακά ηλεκτρόδια (EMG) τοποθετήθηκαν στον ορθό μηριαίο μυ και καταγράφηκε η παραγωγή του έργου σε διαφορετικά ποσοστά της μέγιστης μυϊκής σύσπασης (20, 40, 60, 80, 100%). Παρατηρήθηκε ότι ενώ το EMG μπορεί να διακρίνει την παραγωγή της δύναμης, η VMG διαχωρίζει καλύτερα τις απόλυτες τιμές της μυϊκής δύναμης μεταξύ των διαφορετικών ατόμων.

Μια άλλη μελέτη διερεύνησε τις σχέσεις των δονησιομογραφικών σημάτων και των ηλεκτρομυογραφικών σημάτων κατά τη διάρκεια διάφορων επιπέδων ισομετρικής συστολής σε ένα πείραμα στον ορθό μηριαίο (Yeung & Evans, 1998). Συμμετείχαν πέντε άνδρες, με κάθε άτομο να πραγματοποιεί άσκηση σε πέντε διαφορετικά επίπεδα συστολής (20, 40, 60, 80 και 100% της μέγιστης συστολής) ενώ ταυτόχρονα γινόταν καταγραφή των σημάτων VMG και EMG από τον ορθό μηριαίο. Το αποτέλεσμα της παρούσας μελέτης δείχνει μια γραμμική σχέση μεταξύ της VMG και των σημάτων EMG, τόσο στη σχέση χρόνος-επίπεδο συστολής όσο και στη σχέση συχνότητα-επίπεδο συστολής. Επομένως, η ανάλυση σημάτων EMG και VMG μπορούν να παρέχουν έναν αξιόπιστο δείκτη για την παρακολούθηση των φυσιολογικών και μηχανικών ιδιοτήτων του μυός κατά την εκούσια συστολή.

Ακόμη μία μελέτη που διερευνά τη σχέση μεταξύ των δύο μεθόδων καταγραφής της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (VMG και EMG) αναφέρεται η εργασία των Sarver & Seliktar (2000). Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια ποσοτικοποίησης του επιπέδου της μυϊκής ενεργοποίησης σε συνθήκες

ισομετρικής συστολής. Σε έναν δοκιμαζόμενο ζητήθηκε να καταβάλει το 25, 50, 75 και 100% της μέγιστης ισομετρικής εθελούσιας έκτασης του αγκώνα. Ένα μονοαξονικό επιταχυνσιόμετρο τοποθετήθηκε στο δεξί τρικέφαλο βραχιόνιο μυ προκειμένου να καταγράψει παραμέτρους επιτάχυνσης του συγκεκριμένου μύος. Ταυτόχρονα με τα δεδομένα της δονησιομυογραφίας ελήφθησαν επίσης και ηλεκτρομυογραφικά δεδομένα από τη μακρά και βραχεία κεφαλή του ίδιου μύος. Στη συνέχεια με τη χρήση παραδοσιακών αλγορίθμων και επεξεργασίας των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι μεταξύ των τεσσάρων επιπέδων μέγιστης ισομετρικής εθελούσιας έκτασης του αγκώνα, ξεχωρίζουν τα επίπεδα προσπάθειας των 75 και 100% της δονησιομυογραφίας έναντι της ηλεκτρομυογραφίας.

Μια πληθώρα μυοσκελετικών τραυματισμών προκύπτουν από μυϊκές ανισορροπίες λόγω κακής χρήσης του μυϊκού συστήματος. Είναι σημαντικό να αναπτυχθεί ένα ακριβές, μη επεμβατικό μέσο για τον έλεγχο των μυϊκών ανισορροπιών ώστε να επιβραδύνει την εξέλιξη τραυματισμών σε αρθρώσεις, καθώς και τη βελτίωση των συνθηκών της αποκατάστασης μετά από τραυματισμό. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, στη παρούσα διατριβή, η δονησιομυογραφία (VMG) διερευνήθηκε ως ένα πιθανό μέσο αξιολόγησης της μυϊκής ανισορροπίας στην άρθρωση του αγκώνα (Stone, 2013). Συγκεκριμένα εξετάζεται κατά πόσον ο διαθέσιμος αλγόριθμος VMG απεικονίζει την δύναμη του σώματος στις έκκεντρες και ομόκεντρες ασκήσεις με ακρίβεια. Το σήμα VMG λήφθηκε από δύο καμπτήρες μυς του βραχιονίου (δικέφαλος βραχιόνιος, βραχιονοκερκιδικός) και έναν εκτείνοντα τον αγκώνα (τρικέφαλος βραχιόνιος) μαζί με δεδομένα ισοκινητικού δυναμόμετρου (Biodex System 3) για σκοπούς ανάλυσης συσχέτισης. Το πρωτόκολλο περιλάμβανε 8 άτομα (4 άνδρες & 4 γυναίκες, 23-36 ετών) που εκτελούσαν οκτώ κύκλους κάμψης-έκτασης αγκώνα (0-115 μοίρες). Μια καταγραφή VMG λήφθηκε από κάθε μυ, μαζί με ροπή δυναμόμετρου σε συγκεκριμένες γωνιακές ταχύτητες (30, 60, 90 και 120 deg·s<sup>-1</sup>), ενώ χρησιμοποιήθηκε το σύστημα BIOPAC MP150 για την ανάλυση των σημάτων. Οι τρεις υπολογισμένες ροπές αθροίστηκαν και συγκρίθηκαν με τη διορθωμένη ροπή αγκώνα που μετράται από το ισοκινητικό δυναμόμετρο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια της κίνησης ο τρέχων αλγόριθμος VMG παρέχει μια λογική αξιολόγηση των μυών του βραχίονα.

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία αναφέρονται 3 είδη μηχανομυογραφίας. Η δονησιομυογραφία, η ακουστική μυογραφία και η φωνομυογραφία. Με τα τρία αυτά είδη ασχολήθηκε η μελέτη των Islam et al., (2012), η οποία επανεξέτασε τους όρους σχετικά με την τοποθέτηση των αισθητήρων, τις σειρές των συχνοτήτων εκπομπής καθώς και τις εφαρμογές για την αξιολόγηση των μυών. Από τις πιο γνωστές βάσεις δεδομένων ανασύρθηκαν 32 επιστημονικά άρθρα. Από την ανάλυση των άρθρων διαπιστώθηκε ότι το 100% και το 54% των μελετών φωνομυογραφίας και ακουστικής μυογραφίας αντίστοιχα, χρησιμοποιούσαν ένα μικρόφωνο ως αισθητήρια συσκευή, ενώ το υπόλοιπο 46% των μελετών ακουστικής φωνογραφίας κατέγραψε το σήμα με διαφορετικό τύπο αισθητήρων. Για την δονησιομυογραφία παρατηρήθηκε ότι το 91% των άρθρων ανίχνευσε το σήμα μέσω επιταχυνσιόμετρου. Επιπλέον, τα ευρήματα δείχνουν ότι η δονησιομυογραφία εφαρμόστηκε στην καταγραφή της δύναμης συστολής, της μυϊκής κόπωσης και της μυϊκής ισορροπίας.

Μια ακόμα έρευνα που ασχολήθηκε με την αξιολόγηση της μυϊκής προσπάθειας για κλινική παρακολούθηση ήταν αυτή των McLeod et al., (2012), οι οποίοι χρησιμοποίησαν τη δονησιομιογραφία (VMG) για μια ποσοτική καταγραφή της μυϊκής ανισορροπίας ασθενών με χαμηλά επίπεδα πόνου στη άρθρωση του γόνατος. Συμμετείχαν 30 δοκιμαζόμενοι, άνδρες και γυναίκες, ηλικίας 35-85 ετών, και χρησιμοποιήθηκαν 4 αισθητήρες VMG για να χαρακτηριστούν οι ανισορροπίες των μυών, έσω και έξω πλατύ μηριαίου, δικέφαλου μηριαίου και ραπτικού μυ σε ανεβάσματα και κατεβάσματα από σκαλί. Η στατιστική ανάλυση ανέδειξε την αδύναμη μυϊκή προσπάθεια των απαγωγών του ισχίου σε σχέση με το δικέφαλο μηριαίο ως τον καλύτερο προγνωστικό παράγοντα του πόνου στο γόνατο ( $p=0.00006$ ). Οι μυϊκές ανισορροπίες ήταν σε θέση να αντιπροσωπεύουν το 40% της διακύμανσης του αναφερόμενου πόνου και το παρατηρούμενο μοτίβο αύξησης του πόνου στο γόνατο με αυξανόμενη δύναμη του τετρακέφαλου κατά τη διάρκεια της σύγγεντρης προσπάθειας. Στη μελέτη αυτή αναφέρεται επίσης ότι η χρήση του VMG προτιμήθηκε από την ηλεκτρομιογραφία (EMG) και την δυναμομετρία καθώς αυτές οι μέθοδοι μπορούν να εμφανίσουν επιπλοκές όταν γίνεται ταυτόχρονη καταγραφή πολλών μυϊκών ομάδων.

Την αξιολόγηση της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας ενός οργάνου, του μηχανομιογραφήματος (Mechanomyogram, MMG), το οποίο ανιχνεύει τις αλλαγές που προκαλούνται από την κόπωση του μυός κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης καθώς και των σημάτων MMG από τη δύναμη του γαστροκνημίου μυός, κατέγραψε μελέτη η οποία αφορούσε τετανικές ηλεκτρικές συσπάσεις. Οι συσπάσεις αυτές μετρήθηκαν τόσο κατά της διάρκειας της σύσπασης όσο και αμέσως μετά, 2 και 7 λεπτά ως προς το χρόνο ανάκαμψης σε 23 δοκιμαζόμενους. Υπολογίστηκε η μέγιστη ροπή, ο χρόνος συστολής καθώς και ο χρόνος χαλάρωσης. Οι δείκτες εγκυρότητας και αξιοπιστίας κυμάνθηκαν σε υψηλά έως πολύ υψηλά επίπεδα και επομένως συμπεραίνεται ότι η MMG μπορεί να αντιπροσωπεύει μία μέθοδο παρακολούθησης των αλλαγών που προκαλούνται στη μηχανική συμπεριφορά των μυών και ως εκ τούτου θα μπορούσε να θεωρηθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική (Ce et al., 2013).

Μία σχετικά νέα τεχνική για την αξιολόγηση της μηχανικής απόκρισης των μυών αναπτύχθηκε βασισμένη σε στοιχεία που μετρούν με ακρίβεια την ταχύτητα συστολής των μυών καθώς και την μυϊκή δυσκαμψία. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται Τενσιομιογραφία (TMG) και εφαρμόζεται ευρέως τόσο στην έρευνα των αθλητικών επιδόσεων όσο και στην αθλητική ιατρική επιστήμη. Στηρίζεται στη μετατόπιση της γαστέρας του μυός διαδοχικά σε ένα μόνο ηλεκτρικό ερέθισμα (Tous-Fajardo, 2010). Η πληροφορία αυτή είναι ιδιαίτερος σημαντική καθώς ανιχνεύει κινδύνους τραυματισμού. Αν και η αξιοπιστία της μεθόδου έχει βρεθεί ότι είναι καλή, εντούτοις η αφαίρεση και η εκ νέου τοποθέτηση των ηλεκτροδίων για μέτρηση μέσω της TMG παραμένει άγνωστη.

Μία πιο πρόσφατη μελέτη (Rousanoglou et al., 2014) που εξέτασε ηλεκτρομιογραφική δραστηριότητα μυών του θώρακα, του βραχίονα και της άνω μοίρας του τραπεζοειδή. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπήρξε μία αμετάβλητη ενεργοποίηση των χρονικών χαρακτηριστικών της ηλεκτρομιογραφικής δραστηριότητας μεταξύ έμπειρων και αρχάριων αθλητών της Χειροσφαίρισης το οποίο πιθανώς να εξηγείται από το γεγονός ότι η απόκτηση της ριπτικής ικανότητας



να συντελείται νωρίς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μάθησης. Ένα ακόμη συμπέρασμα της μελέτης αυτής ήταν ότι οι έμπειροι αθλητές είχαν σημαντικά μεγαλύτερη ηλεκτρομυογραφική ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή και του μείζονα θωρακικού κατά τη διάρκεια της προπαρασκευαστικής φάσης της ρίψης, ενώ αντίθετη ήταν η εικόνα αυτών των διαφορών κατά τη διάρκεια της φάσης επιτάχυνσης του χεριού ρίψης, ταυτόχρονα μαζί με τη σημαντικά μεγαλύτερη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του δικέφαλου βραχιόνιου μυός σε σύγκριση με τη φάση επιτάχυνσης του χεριού ρίψης μόνο στους έμπειρους αθλητές της Χειροσφαίρισης. Ενώ ερευνήθηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός αλλά και του δικέφαλου βραχιόνιου μυός δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ αρχαρίων και έμπειρων αθλητών της Χειροσφαίρισης ούτε στη φάση προετοιμασίας, ούτε στη φάση επιτάχυνσης του χεριού ρίψης αλλά ούτε και στην τελική φάση (φάση επιβράδυνσης). Και οι δύο ομάδες έδειξαν παρόμοια χρονική στρατηγική της κίνησης χωρίς σημαντική διαφορά παρά το γεγονός ότι βρέθηκαν σημαντικές διαφορές τόσο στην ταχύτητα της μπάλας (30% μεγαλύτερη ταχύτητα) όσο και στην ευστοχία (50% καλύτερη) μεταξύ των αθλητών και των αρχαρίων.

Μία νεότερη μελέτη (Μπάγιος και συν., 2021) είναι αυτή που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο της Αθλητικής Βιομηχανικής της ΣΕΦΑΑ του ΕΚΠΑ. Η έρευνα αφορούσε μία πιλοτική μελέτη που σκοπό είχε να συγκρίνει τη μυϊκή ενεργοποίηση του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός σε αθλητές της Χειροσφαίρισης και της Αντισφαίρισης. Ένας δοκιμαζόμενος με άριστη τεχνική και υψηλή εμπειρία στη ρίψη της Χειροσφαίρισης και χαμηλότερη τεχνική και εμπειρία στο σερβίς της αντισφαίρισης εκτέλεσε 10 προσπάθειες σε κάθε κινητική δράση. Η μυϊκή ενεργοποίηση του τρικέφαλου βραχιόνιου (έξω κεφαλή) καταγράφηκε με δονησιογραφικό αισθητήρα (VMG TSD250-MEMS, MP150, Biopac Systems, δειγματοληψία 2000 Hz). Η ανάλυση των δεδομένων (λογισμικό AcqKnowledge) εκτός από τη χρονική διάρκεια μυϊκής ενεργοποίησης (s), αφορούσε και τις μεταβλητές για τη συνολική διάρκεια ρίψης Χειροσφαίρισης και σερβίς αντισφαίρισης, μονάδες VMG: μέγιστη τιμή, μέση τιμή και ολοκλήρωμα της δονησιογραφικής μυϊκής ενεργοποίησης. Για κάθε μεταβλητή υπολογίστηκε ο μέσος όρος των 10 προσπαθειών της αντίστοιχης κινητικής δράσης. Η διάρκεια μυϊκής ενεργοποίησης ήταν σημαντικά μικρότερη ( $p = 0.025$ ) στη ρίψη της Χειροσφαίρισης ( $0.400 \pm 0.05s$ ) συγκριτικά με το σερβίς στην αντισφαίριση ( $0.448 \pm 0.05s$ ). Σημαντικά υψηλότερα ήταν όλα τα μεγέθη δονησιογραφικής μυϊκής ενεργοποίησης στη ρίψη Χειροσφαίρισης συγκριτικά με το σερβίς αντισφαίρισης (για όλα:  $p = 0.000$ , μονάδες VMG) (μέγιστη τιμή :  $28.93 \pm 5.04$  και  $20.02 \pm 5.38$ , μέση:  $12.76 \pm 1.56$  και  $7.65 \pm 1.80$ , ολοκλήρωμα:  $5.41 \pm 0.92$  και  $3.57 \pm 0.78$ , για ρίψη Χειροσφαίρισης και σερβίς αντισφαίρισης, αντίστοιχα). Η μικρότερη χρονική διάρκεια ενεργοποίησης του τρικέφαλου βραχιόνιου στη ρίψη Χειροσφαίρισης συγκριτικά με το σερβίς αντισφαίρισης, συνδυάζεται με την υψηλότερη μυϊκή ενεργοποίηση στη ρίψη της μπάλας στη Χειροσφαίριση. Είναι πιθανόν, η μεγαλύτερη εμπειρία και υψηλή τεχνική του δοκιμαζόμενου στη ρίψη Χειροσφαίρισης να καθορίζουν τον υψηλότερο βαθμό ενεργοποίησης του τρικέφαλου βραχιόνιου, ως αποτέλεσμα της εξειδίκευσης του νευρομυϊκού

συντονισμού. Φυσικά, είναι απαραίτητη η διερεύνηση των ευρημάτων αυτών σε αριθμό δειγματος ικανό για υψηλή μεθοδολογική ισχύ.

Συμπερασματικά, όπως φαίνεται από τα παραπάνω δεν υπάρχουν πρόσφατες μελέτες που να δίνουν πληροφορίες για την ενεργοποίηση των μυών του χεριού που συμμετέχουν στη ρίψη της Χειροσφαίρισης ή στην κρούση που εφαρμόζεται στην Πετοσφαίριση. Οι δύο μελέτες που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία για τη Χειροσφαίριση έχουν εκπονηθεί πριν από το 2000 (Muller, 1982; Pezarat - Correia et al., 1996). Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι αρκετές μελέτες ηλεκτρομυογραφίας (EMG) αφορούν μυϊκές ομάδες ποδιών και κυρίως του ορθού μηριαίου, ενώ λιγότερες αφορούν τα άνω άκρα. Επίσης, οι μελέτες που έχουν εκπονηθεί εστιάζουν κυρίως σε ιατρικούς σκοπούς σχετικά με την αποκατάσταση ατόμων και όχι σε αθλητικούς πληθυσμούς. Επομένως, υπάρχουν ελάχιστες μελέτες που έχουν γίνει με τη χρήση της ηλεκτρομυογραφίας (EMG) σε άνω σε αθλητές της Χειροσφαίρισης και της Πετοσφαίρισης αλλά και γενικότερα στις αθλοπαιδιές.

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει ότι η μυϊκή ενεργοποίηση του τρικέφαλου μυός δεν έχει μελετηθεί σε κινήσεις που αφορούν στις εφαρμοσμένες αγωνιστικές συνθήκες της Πετοσφαίρισης και της Χειροσφαίρισης και η σύγκριση των επιμέρους βιολογικών παραμέτρων στις δύο αθλοπαιδιές παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο για τη βελτίωση της απόδοσης των αθλητών όσο και για την ενδεχόμενη πρόληψη από τραυματισμούς σ' αυτή την περιοχή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 3.1. Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μελέτη σχεδιάστηκε με τρόπο ώστε να εκπληρώσει με αξιόπιστο τρόπο τον προτεινόμενο σκοπό της και να απαντήσει διεξοδικά στα ερευνητικά ερωτήματα. Επειδή, περιλάμβανε προγραμματισμένη πειραματική διαδικασία βασισμένη στη χρήση ειδικού και αξιόπιστου εξοπλισμού, με σύγχρονα όργανα και η εφαρμογή της έγινε μέσα σ' ένα εργαστηριακό περιβάλλον, το οποίο δημιουργούσε κατάλληλες συνθήκες εκτέλεσης των προσπαθειών από όλους τους δοκιμαζόμενους, ακολουθήθηκε η εξής σειρά ενεργειών:

- α) Έλεγχο λειτουργίας των οργάνων συλλογής των δεδομένων
- β) Έλεγχος λειτουργίας λογισμικών ανάλυσης
- γ) Προκαταρκτικός έλεγχος συλλογής και ανάλυσης δεδομένων
- δ) Επιλογή δείγματος (εθελοντική) αθλητών υψηλού επιπέδου των δύο ειδικεύσεων και μετρήσεις
  - ε) Επιλογής δείγματος (εθελοντική) ελέγχου και μετρήσεις
  - στ) Αναλύσεις μέσω ειδικών λογισμικών όλων των αρχείων
  - ζ) Στατιστική επεξεργασία των δεδομένων

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν στο Εργαστήριο της Αθλητικής Βιομηχανικής του Τομέα Βιολογίας της Άσκησης της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Εκτός του υποψήφιου της μεταπτυχιακής διατριβής, που είχε τον κυριότερο ρόλο στη διεξαγωγή των μετρήσεων, συμμετείχε ομάδα συνεργατών για τη συλλογή των προσωπικών και σωματομετρικών χαρακτηριστικών, τοποθέτησης του εξοπλισμού, διαχείρισης των λογισμικών συλλογής των δεδομένων και ανάλυσης των αρχείων, που ήταν αποκλειστικά υπεύθυνος ο συντάξας τη μεταπτυχιακή διατριβή.

Κάθε δοκιμαζόμενος προσερχόμενος στο χώρο του εργαστηρίου είχε την απαραίτητη ενημέρωση και υπέγραφε τη συγκατάθεση συμμετοχής στη μελέτη (παράρτημα σελίδα 51). Στη συνέχεια καταγράφονταν τα ατομικά, δημογραφικά και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του στοιχεία (παράρτημα σελίδα 53).

Πριν από κάθε διαδικασία μέτρησης, ο δοκιμαζόμενος οδηγείτο σε παρακείμενο κλειστό γυμναστήριο, για να ακολουθήσει την απαραίτητη γενική και ειδική προθέρμανση των άνω άκρων και ειδικότερα του κυρίαρχου άνω άκρου.

Στη συνέχεια οι μετρήσεις περιλάμβαναν: Α) δοκιμασία κάμψης – έκτασης των αγκώνων από την πρηνή θέση (push ups) (κοινή δοκιμασία για όλο το δείγμα) και Β) δοκιμασία ρίψης της μπάλας πάνω από τον ώμο για την ομάδα της Χειροσφαίρισης και σερβίς από στάση για την ομάδα της Πετοσφαίρισης. Σε κάθε μία από τις δύο δοκιμασίες ο κάθε ασκούμενος εκτελούσε τουλάχιστον από πέντε (5) προσπάθειες και στην περίπτωση μιας άστοχης προσπάθειας δίνονταν και πρόσθετη εκτέλεση.

Οι ώρες διεξαγωγής των μετρήσεων ήταν μεταξύ 11.00 π.μ και 17.00 μ.μ. Εφαρμόστηκε τυχαιοποίηση των δοκιμαζόμενων όσον αφορά στη σειρά εκτέλεσης των δοκιμασιών.

Ο κάθε δοκιμαζόμενος καταγραφόταν με κωδικό όνομα, ως ξεχωριστό αρχείο, για την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Η πρόσβαση στα πρωτογενή δεδομένα είχε ο κύριος ερευνητής και το μέλος της τριμελούς επιτροπής, με ευθύνη του πειραματικού εξοπλισμού. Η έρευνα ήταν πειραματική, δεν τέθηκε θέμα πνευματικών δικαιωμάτων των συμμετεχόντων, ενώ για την ορθή εκτέλεση της τεχνικής, έγινε βιντεοσκόπηση της κάθε προσπάθειας και τα ψηφιοποιημένα αρχεία χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τη δυνατότητα διασταύρωσης των δεδομένων με τις αντίστοιχες προσπάθειες.

### **3.2. Χαρακτηριστικά δοκιμαζόμενων**

Στη μελέτη συμμετείχαν σαράντα πέντε (45) δοκιμαζόμενοι, είκοσι δύο (22) εξ' αυτών αθλητές Πετοσφαίρισης και Χειροσφαίρισης και είκοσι τρεις (23) φοιτητές, ως ομάδες ελέγχου της μελέτης. Ειδικότερα, δώδεκα (12) αθλητές της Πετοσφαίρισης και δέκα (10) αθλητές της Χειροσφαίρισης με τη χρονολογική ηλικία των δοκιμαζόμενων να είναι από 18 έως 30 ετών και συμμετείχαν στα Εθνικά πρωταθλήματα των αθλημάτων της Πετοσφαίρισης και της Χειροσφαίρισης στην ανώτατη αγωνιστική κατηγορία. Η αθλητική τους εμπειρία ήταν κατά μέσο όρο 13.6 έτη για την Πετοσφαίριση και 12.1 έτη για τη Χειροσφαίριση. Οι δοκιμαζόμενοι δεν ανέφεραν τραυματισμό στην άρθρωση του αγκώνα για τουλάχιστον ένα έτος.

Επίσης, οι δύο (2) ομάδες ελέγχου ήταν φοιτητές της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, η μία αποτελούνταν από έντεκα (11) φοιτητές, οι οποίοι ήταν η ομάδα ελέγχου για τις δοκιμασίες της Πετοσφαίρισης και η άλλη αποτελούμενη από δώδεκα (12) φοιτητές ήταν η ομάδα ελέγχου για τις δοκιμασίες της Χειροσφαίρισης.

Οι βασικές προϋποθέσεις για να λάβουν μέρος στη μελέτη ήταν να είναι υγιείς, και να δηλώσουν ότι δεν έχουν κάνει ποτέ χρήση απαγορευμένων ουσιών. Για τις ομάδες των αθλητών, η κατάσταση της υγείας τους επιβεβαιώθηκε από το δελτίο του αθλητή και την υπογραφή του σωματειακού γιατρού. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι-αθλητές ήταν άριστοι γνώστες της τεχνικής εκτέλεσης του σερβίς στην Πετοσφαίριση και της ρίψης στη Χειροσφαίριση. Όλοι τους υπέγραψαν το ειδικό έντυπο συναίνεσης, τους έγινε αναλυτική παρουσίαση της ερευνητικής μεθοδολογίας, ενώ μπορούσαν να αποχωρήσουν οποιαδήποτε στιγμή επιθυμούσαν ακόμη και εάν δεν είχαν ολοκληρώσει την πειραματική διαδικασία. Οι δοκιμαζόμενοι των ομάδων ελέγχου είχαν μια στοιχειώδη εκπαίδευση στα μαθήματα μεθοδικής προπονητικής και εκμάθησης της τεχνικής της Πετοσφαίρισης και της Χειροσφαίρισης.

### 3.3. Περιγραφή δοκιμασιών

#### 3.3.1. Πρωτόκολλο καταγραφής ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών

Τα ακριβή ανατομικά σημεία εφαρμογής καθώς και η διαδικασία μέτρησης ορίζονται σύμφωνα με τις οδηγίες των ερευνητών Ross & Marfell-Jones (1991) και Heyward & Stolarczyk (1996). Όλες οι ανθρωπομετρήσεις έγιναν στο δεξί τμήμα του σώματος του εξεταζόμενου (Heyward & Stolarczyk, 1996) και ακολουθήθηκε συγκεκριμένη διαδικασία από τον ίδιο εξεταστή. Τα χαρακτηριστικά που συλλέχθηκαν ήταν: η σωματική μάζα, το σωματικό ανάστημα, το μήκος βραχίονα, το μήκος αντιβραχίου, το μήκος παλάμης, το άνοιγμα παλάμης, η περίμετρος βραχιόνιου σε χάλαση και τρικεφαλική δερματική πτυχή.

Τα όργανα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή των δεδομένων, με σειρά μετρήσεων ήταν τα ακόλουθα:

α) Η μέτρηση της σωματικής μάζας έγινε με τη χρήση ψηφιακής βαθμονομημένης ζυγαριάς, ακρίβειας 0,1 kg (sega alfa model 770, Germany). β) Το σωματικό ανάστημα μετρήθηκε με τη βοήθεια ενός αναστημόμετρου, ακρίβειας  $\pm 0,1$  cm (220 Seca, Germany).

γ) Για τη μέτρηση του μήκους του βραχίονα και του αντιβράχιου, του μήκους και του ανοίγματος της παλάμης και της περιφέρειας του δικεφάλου σε χάλαση χρησιμοποιήθηκε μία απλή μη εκτατή μετροταινία, όπου κατέγραφε στο πλησιέστερο 0,1 cm.

δ) Η μέτρηση της τρικέφαλης δερματικής πτυχής, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δερματοπτυχόμετρου Harpenden Skinfold Caliper HSK-BI.

Η ακολουθία των μετρήσεων είχε ως εξής:

**Σωματική μάζα (kg):** Ζητήθηκε από τους δοκιμαζόμενους να ανέβουν στη ζυγαριά με το βάρος τους κατανεμημένο εξίσου και στα δύο πόδια με το κεφάλι να κοιτάζει ευθεία μπροστά. Ο ζυγός παρέμενε σταθερός σε επίπεδη επιφάνεια και ο εξεταζόμενος χωρίς υποδήματα με την ελαχίστη δυνατή ένδυση στέκονταν ακίνητος στο κέντρο της πλατφόρμας του ζυγού. Η τιμή καταγράφονταν με ακρίβεια μέτρησης 0,1 kg.

**Σωματικό ανάστημα (cm):** Για τη μέτρηση του σωματικού αναστήματος ο δοκιμαζόμενος στεκόταν όρθιος χωρίς υποδήματα με το κεφάλι τοποθετημένο στη θέση Frankfort horizontal plane (η οριζόντια γραμμή που εκτείνεται από το κάτω άκρο της κόγχης του ματιού και το μέσο της μύτης ως το μέσο του αυτιού). Το κορμί ήταν τεντωμένο, η πλάτη, τα ισχία και τα πόδια, ακουμπούσαν σε τοίχο με το βάρος να κατανέμεται εξίσου και στα δύο πόδια τα οποία ήταν ενωμένα. Πριν τη μέτρηση ζητήθηκε από τους δοκιμαζόμενους να πάρουν μια βαθιά ανάσα, για να εκταθεί η σπονδυλική στήλη μέχρι την καταγραφή της μέτρησης. Η τιμή της μέτρησης καταγράφονταν στο πλησιέστερο 0,1 cm.

**Το μήκος του βραχίονα (cm):** Ο δοκιμαζόμενος στέκονταν σε όρθια στάση. Η μέτρηση γίνονταν από την άκρη του ακρωμίου έως το ανώτατο σημείο του πλευρικού περιθωρίου του εγγύς άκρου της κερκίδας. Η τιμή της μέτρησης καταγράφονταν στο πλησιέστερο 0,1 cm.

**Το μήκος του αντιβραχίου (cm):** Ο εξεταζόμενος στέκονταν σε όρθια στάση. Η μέτρηση έγινε από το ανώτατο σημείο στο πλευρικό περιθώριο του εγγύτερου

άκρου της κερκίδας, στο πιο απομακρυσμένο σημείο της στυλοειδούς απόφυσης.

Η τιμή καταγράφονταν με ακρίβεια μέτρησης 0,1 cm

Το μήκος της παλάμης (cm): Μετρήθηκε η απόσταση μεταξύ του καρπού και του άκρου του μέσου δακτύλου των δοκιμαζόμενων. Η τιμή καταγράφονταν με ακρίβεια μέτρησης 0,1 cm.

Το άνοιγμα της παλάμης (cm): Μετρήθηκε η απόσταση μεταξύ του αντίχειρα και του μικρού δακτύλου των δοκιμαζόμενων, έχοντας την παλάμη σε μέγιστο άνοιγμα.

Η τιμή καταγράφονταν με ακρίβεια μέτρησης 0,1 cm.

Η περιφέρεια του δικεφάλου σε χάλαση (cm): Ο δοκιμαζόμενος στέκονταν σε όρθια θέση, με τα χέρια χαλαρά στο πλάι. Η μέτρηση πραγματοποιούνταν στη μέση απόσταση μεταξύ του ακρωμίου οστού της ωμοπλάτης και του ωλέκρανου του αγκώνα. Το χέρι ήταν χαλαρό όταν λαμβάνονταν η μέτρηση. Η τιμή καταγράφονταν με ακρίβεια μέτρησης 0,1 cm.

Τρικεφαλική δερματική πτυχή (mm): Για τη μέτρηση της δερματοπτυχής του τρικεφάλου, σημειώνεται το μέσο της απόστασης του βραχίονα μεταξύ της ακρώμια απόφυσης της ωμοπλάτης με το ωλέκραιο της ωλένης, που αποτελεί και το ενδεδειγμένο σημείο μέτρησης. Η πτυχή πιάνεται σταθερά από τον εξεταστή σε απόσταση περίπου 1 cm από το σημείο που πρέπει να γίνει μέτρηση και τοποθετούμε το δερματοπτυχόμετρο (Harpender Skinfold Caliper HSK-BI) κάθετα. Η μέτρηση καταγράφεται με ακρίβεια στο πλησιέστερο 0,1mm.

Η μέτρηση για κάθε ανθρωπομετρικό δείκτη πραγματοποιήθηκε δύο φορές και καταγράφηκε η μέση τιμή των αποτελεσμάτων.

### **3.3.2. Πρωτόκολλο δοκιμασίας ρίψης της μπάλας πάνω από τον ώμο με στήριξη για τους χειροσφαιριστές και σερβίς από στάση για τους πετοσφαιριστές**

Ρίψη πάνω από τον ώμο με στήριξη: Η ομάδα ελέγχου της Χειροσφαίρισης εκτέλεσε την ελεύθερη ρίψη της μπάλας πάνω από τον ώμο του κυρίαρχου άνω άκρου, με σταθερή στήριξη στο έδαφος και με το αντίθετο πόδι απ' το χέρι ρίψης σταθερό στο έδαφος. Ο βραχίονας του χεριού ρίψης βρίσκονταν σε παράλληλη θέση με το έδαφος και ο πήχης ήταν κάθετος στο βραχίονα με σκοπό να πετάξουν την μπάλα με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα απελευθέρωσης.

Σερβίς από στάση: Στην Πετοσφαίριση κάθε δοκιμαζόμενος τοποθετούσε το αριστερό πόδι πιο μπροστά από το δεξί, το αριστερό του χέρι κρατούσε τη μπάλα πάνω στην παλάμη του, ενώ το δεξί χέρι (κυρίαρχο – χέρι) βρίσκεται προς τα πίσω και πάνω από το κεφάλι. Από τη στάση αυτή το χέρι που κρατά τη μπάλα, τη συνοδεύει και την αφήνει σχεδόν στο σημείο που θα χτυπηθεί από το δεξί χέρι με σκοπό να στείλουν την μπάλα όσο πιο μακριά μπορούν για να πετύχουν τη μέγιστη απόδοση.

Ο κάθε δοκιμαζόμενος εκτελούσε πέντε (5) προσπάθειες και μεταξύ της κάθε προσπάθειας μεσολαβούσε διάλειμμα 60 δευτερολέπτων και είχε την ενθάρρυνση εκ μέρους του εξεταστή που επέβλεπε την ορθή εκτέλεση.

Οι μπάλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν για τη Χειροσφαίριση περιφέρεια 58-60 εκατοστά και βάρος 425-475 γραμμάρια και για την Πετοσφαίριση περιφέρεια 65-67 εκατοστά και βάρος 260-280 γραμμάρια.

### 3.3.3. Συλλογή δεδομένων της μυϊκής ενεργοποίησης

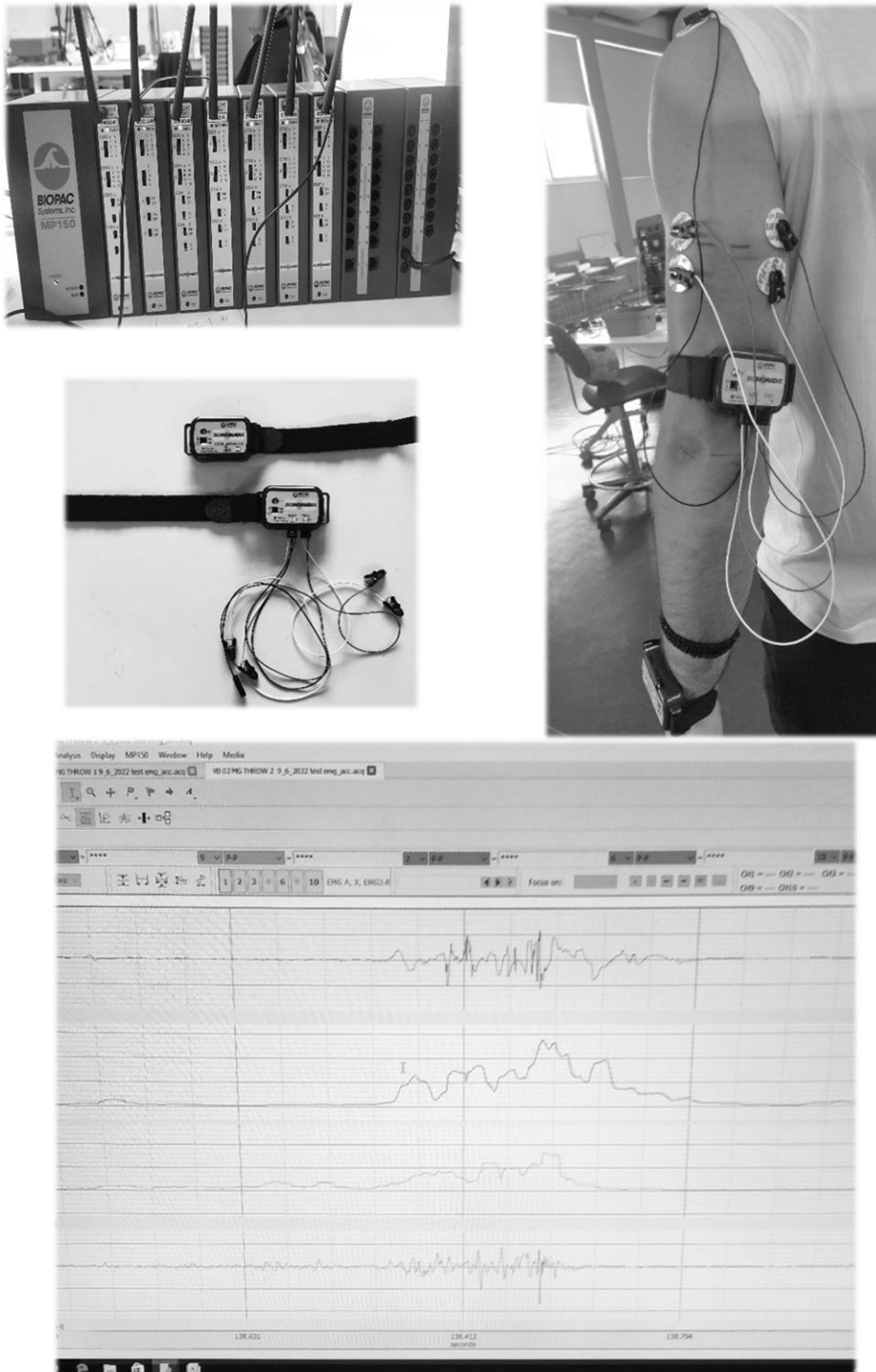
Η συλλογή των δεδομένων της μυϊκής ενεργοποίησης του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός συστήματος ασύρματου ηλεκτρομυογράφου BIONOMADIX MP150, της Biopac Systems, με δειγματοληψία 1000 Hz. και με δυνατότητα καταγραφής έως και δεκαέξι (16) πρωτογενών εγγραφών (Εικόνα 3.1.). Επιπρόσθετα, τοποθετήθηκε ασύρματο επιταχυνσιόμετρο προκειμένου να αναλυθεί η κινηματική σε τρισδιάστατη επιταχυνσιακή ακολουθία της κίνησης τόσο του σερβίς όσο και της ρίψης.

Ο τρικέφαλος βραχιόνιος μυς βρίσκεται στο οπίσθιο τμήμα του βραχιόνιου οστού, έχει τρεις εκφυτικές κεφαλές οι οποίες ενώνονται σε έναν κοινό καταφυτικό τένοντα ο οποίος, καταλήγει στο ωλέκρानο. Οι τρεις κεφαλές περιλαμβάνουν τη μακρά κεφαλή, η οποία εκφύεται από το υπογλήνιο φύμα της ωμοπλάτης, η έξω κεφαλή η οποία εκφύεται από την οπίσθια επιφάνεια του βραχιόνιου οστού και το έξω μεσομύιο διάφραγμα καθώς και την έσω κεφαλή, η οποία εκφύεται από την οπίσθια επιφάνεια του βραχιόνιου οστού και την σπειροειδή αύλακα. Οι κεφαλές αυτές ενώνονται και όλες μαζί καταφύονται με κοινό τένοντα στην οπίσθια επιφάνεια του ωλέκρανου. Νευρώνεται από το κερκιδικό νεύρο. Με την ενέργειά του προκαλείται έκταση και προσαγωγή του πήχη.

Για την ανίχνευση και την καταγραφή της μυϊκής ενεργοποίησης του τρικέφαλου τοποθετήθηκαν διπολικά επιφανειακά ηλεκτρόδια τα οποία είχαν βάρος 12 γραμμάρια και κολλούσαν στο δέρμα με αυτοκόλλητα διπλής όψεως, διαμέτρου 1.25 εκατοστά. Τα δύο ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν τόσο στην έσω όσο και στην έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός και συγκεκριμένα στο 50% της απόστασης μεταξύ του οπίσθιου χείλους του ακρωμίου και του ωλέκρανου, 2 δάχτυλα χαμηλότερα από τη μέση γραμμή. Τα ηλεκτρόδια ήταν συνδεδεμένα με ασύρματους υποδοχείς του ηλεκτρομυογραφικού σήματος, οι οποίοι παρείχαν τις πληροφορίες στην κεντρική μονάδα (Εικόνα 3.1.)

### 3.3.4. Διαδικασία ανάλυσης ηλεκτρομυογραφικού σήματος και παράμετροι

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό AcqKnowledge στην έκδοση 5.0.0. για την ανάλυση και επεξεργασία των σημάτων ηλεκτρομυογραφίας. Αρχικά, για τη μελέτη του σήματος, στο ανωτέρω λογισμικό έγινε άνοιγμα σε αρχείο που πραγματοποιήθηκε η καταγραφή της ηλεκτρομυογραφίας. Στη συνέχεια, απομονώθηκαν τα κανάλια που αφορούσαν τα σήματα ηλεκτρομυογραφίας για τις δυο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός και έγινε παραμετροποίηση των κυματομορφών με τη μέση τετραγωνική ρίζα (Root Mean Square ή RMS analysis). Η παράμετρος αυτή αποτελεί μία από τις πολλές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των κυματομορφών που εύκολα αναλύονται από το θορυβώδες ακατέργαστο ΗΜΓ σήμα.



**Εικόνα 3.1.** Κεντρική μονάδα συστήματος ηλεκτρομυογραφίας και αισθητήρες ηλεκτρομυογραφίας και επιταχυνσιομετρίας (B) Τοποθέτηση αισθητήρων σε δοκιμαζόμενο, (Γ) ανάλυση ηλεκτρομυογραφικού σήματος με το λογισμικό AcqKnowledge 5.0.0.



Με αυτή τη ρύθμιση, δημιουργήθηκαν νέες κυματομορφές όπου συνεχίστηκε η ανάλυση. Στη συνέχεια, έγινε επιλογή του τμήματος της ενεργοποίησης στις νέες αυτές κυματομορφές, ξεχωριστά για την κάθε κεφαλή, ορίζοντας το χωρίο που περιλάμβανε την υψηλότερη κορύφωση και δίνοντας έμφαση στην αρχή και το τέλος της μυϊκής ενεργοποίησης.

Παράλληλα, η ανάλυση που ακολουθούσε ήταν με βάση τις εξής παραμέτρους: Α) χρονικής διάρκειας ενεργοποίησης, Β) μέγιστης τιμής Γ) μέσης τιμής Δ) τυπικής απόκλισης ΣΤ) ολοκληρώματος και Ζ) συχνότητας των κυματομορφών που επιλέχθηκαν.

Η συλλογή των δεδομένων περάστηκε σε ειδικούς πίνακες επεξεργασίας τόσο για την έσω όσο και για την έξω κεφαλή των τεσσάρων (4) ομάδων, δύο αθλητικής ειδικεύσης και δύο ελέγχου (Εικόνα 3.1.).

### 3.4. Στατιστική ανάλυση

Α) Περιγραφική ανάλυση και υπολογισμός της μέσης τιμής (mean), της τυπικής απόκλισης (standard deviation), καθώς και του συντελεστή μεταβλητότητας (coefficient of variation).

Β) Για τον έλεγχο σημαντικότητας της διαφοράς μεταξύ ζευγών ομάδων δοκιμαζόμενων εφαρμόστηκε T-Test για ανεξάρτητα δείγματα.

Γ) Για τον έλεγχο σημαντικότητας της διαφοράς μεταξύ έσω και έξω κεφαλής του τρικεφαλου βραχιόνιου μυός εφαρμόστηκε T-Test για εξαρτημένα δείγματα.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0.05$  (SPSS 25.0).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης, όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια, αφορούν δύο βασικές ενότητες, Α) των ανθρωπομετρήσεων (Πίνακας 4.1) και Β) των ΗΜΓ στοιχείων της ενεργοποίησης για τη έσω και έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου. Τα αποτελέσματα για την ΗΜΓ ενεργοποίηση παρουσιάζονται ως εξής:

- Β.1. Σύγκριση μεταξύ κάθε αθλητικής ειδικεύσεως και την αντίστοιχη για αυτή ομάδα ελέγχου, σε κάθε ξεχωριστή κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός (Πίνακας 4.2.)
- Β.2. Σύγκριση μεταξύ αθλητικών ειδικεύσεων για την έσω και έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου, (Πίνακας 4.3.).
- Β.3. Σύγκριση μεταξύ των δύο κεφαλών του τρικέφαλου βραχιόνιου εντός των αθλητικών ειδικεύσεων (Πίνακας 4.4.).

### 4.1 Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και οι επιμέρους συγκρίσεις

Στον Πίνακα 4.1 οι δύο αθλητικές ειδικεύσεις εμφανίζονται με παρόμοια ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, εκτός της σημαντικής διαφοράς στην περίμετρο του βραχίονα ( $p = .04$ ), η οποία υπερισχύει στην ειδικεύση της χειροσφαίρισης.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.1. η χρονολογική ηλικία των αθλητών της Πετοσφαίρισης ( $27.46 \pm 4.57$  έτη) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη ( $p = .01$ ) από αυτή της ομάδας ελέγχου ( $22.38 \pm 4.54$  έτη). Σε καμία άλλη μεταβλητή σχετικά με τις ανθρωπομετρήσεις δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά ( $p > 0.05$ ).

Σε αντίθεση με την ομάδα της Πετοσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου, όπως διαπιστώνεται από τον Πίνακα 4.1. η ομάδα της Χειροσφαίρισης κατέγραψε σημαντικές διαφορές σε ορισμένα βασικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά από την ομάδα ελέγχου της Χειροσφαίρισης. Πιο συγκεκριμένα, σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στη χρονολογική ηλικία ( $p = .01$ ), στο σωματικό βάρος ( $p = .00$ ), στο μήκος του βραχίονα ( $p = .02$ ), στο μήκος της παλάμης ( $p = .03$ ) καθώς και στην περίμετρο του βραχίονα ( $p = .00$ ).

### 4.2. ΗΜΓ Ενεργοποίηση σε Προσομοιωμένες προσπάθειες ρίψης μπάλας στη Χειροσφαίριση και σερβίς στην Πετοσφαίριση

Στον Πίνακα 4.2. παρουσιάζονται τα δεδομένα των μετρήσεων που αφορούν στην ΗΜΓ δραστηριότητα της έσω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός για τις προσομοιωμένες προσπάθειες σερβίς στην Πετοσφαίριση.

**Πίνακας 4.1.** Μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις και στατιστική σημαντικότητα των ανθρωπομετρήσεων ανά ζεύγη ομάδων δοκιμαζομένων Πετοσφαίρισης (N=12) και της Χειροσφαίρισης (N=10). Για κάθε ομάδα αθλητών υπήρχε και διαφορετική ομάδα Ελέγχου.

Ανθρωπομετρικά Χαρακτηριστικά	Ζεύγη Ομάδων		t	p
	Πετοσφαίριση (N=12)	Χειροσφαίριση (N=11)		
Ηλικία (Ετη)	27.46±4.57	25.4±3.3	1.219	0.237
Σωματικό Ανάστημα (cm)	184±8.42	185.13±9.55	-0.291	0.774
Σωματική Μάζα (kg)	83.61±12.9	93.49±15.56	-1.601	0.127
Μήκος βραχίονα (cm)	35.78±1.74	37.3±2.63	-1.57	0.137
Μήκος αντιβραχίονα (cm)	28.75±2.17	29.67±2.52	-0.908	0.376
Μήκος παλάμης ( cm)	19.23±1.06	19.97±1.59	-1.253	0.229
Ανοιγμα παλάμης (cm)	23.47±1.49	24.79±1.94	-1.768	0.095
Περίμετρος βραχίονα (cm)	32.82±2.92	35.41±2.54	-2.227	<b>0.038</b>
Δερματοπτυχή τρικέφαλου (mm)	12.55±5.51	14.33±5.05	-0.789	0.439
	<b>Πετοσφαίριση (N=12)</b>	<b>Ελέγχου (11)</b>		
Ηλικία (Ετη)	27.46±4.57	22.38±4.54	2.67	<b>0.014</b>
Σωμ. Ανάστημα (cm)	184±8.42	176.88±8.82	1.976	0.062
Σωμ. Μάζα (kg)	83.61±12.9	75.37±10.13	1.71	0.102
Μήκος βραχίονα (cm)	35.78±1.74	34.79±2.26	1.163	0.260
Μήκος αντιβραχίονα (cm)	28.75±2.17	28.21±1.88	0.641	0.529
Μήκος παλάμης ( cm)	19.23±1.06	18.22±1.3	0.6	0.953
Ανοιγμα παλάμης (cm)	23.47±1.49	23.02±2.18	0.57	0.576
Περίμετρος βραχίονα (cm)	32.82±2.92	31.75±2.61	0.93	0.363
Δερματοπτυχή τρικέφαλου (mm)	12.55±5.51	12.87±6.21	-0.180	0.859
	<b>Χειροσφαίριση (N=11)</b>	<b>Ελέγχου (N=12)</b>		
Ηλικία (Ετη)	25.4±3.3	21.01±3.62	2.969	<b>0.008</b>
Σωμ. Ανάστημα (cm)	185.13±9.55	178.06±5.05	2.109	0.055
Σωμ. Βάρος (kg)	93.49±15.56	73.97±5.9	3.75	<b>0.003</b>
Μήκος βραχίονα (cm)	37.3±2.63	34.72±1.67	2.69	<b>0.017</b>
Μήκος αντιβραχίονα (cm)	29.67±2.52	27.85±1.44	2.025	0.063
Μήκος παλάμης ( cm)	19.97±1.59	18.58±0.85	2.501	<b>0.026</b>
Ανοιγμα παλάμης (cm)	24.79±1.94	23.82±1.38	1.333	0.201
Περίμετρος βραχίονα (cm)	35.41±2.54	31.45±2.82	3.46	<b>0.002</b>
Δερματοπτυχή τρικέφαλου (mm)	14.33±5.05	10.27±2.86	2.259	<b>0.041</b>

\*p value < 0.05

Όπως φαίνεται στο Πίνακα 4.2., ουδεμία σημαντική διαφορά δεν βρέθηκε σε όλες τις μετρούμενες μεταβλητές στην ΗΜΓ δραστηριότητα της έσω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μεταξύ της ομάδας αθλητών Πετοσφαίρισης και της αντίστοιχης ομάδας ελέγχου (p>0.05). Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.2.

φαίνεται ότι βρέθηκε σημαντική διαφορά στη χρονική διάρκεια της ΗΜΓ δραστηριότητας της έσω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός μεταξύ της ομάδας Χειροσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου ( $p = .00$ ). Ο χρόνος ενεργοποίησης για την ομάδα των αθλητών ήταν  $0.32 \pm 0.08$  sec, ενώ για την ομάδα ελέγχου ήταν  $0.44 \pm 0.12$  sec.

**Πίνακας 4.2.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ( $mean \pm SD$ ) της ΗΜΓ δραστηριότητας της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός και οι στατιστικοί δείκτες  $t$  και επίπεδο σημαντικότητας ( $p$  value) για τη σύγκριση μεταξύ κάθε αθλητικής ειδικότητας και την αντίστοιχη για αυτή ομάδα ελέγχου. Π=Πετοσφαίριση, Χ=Χειροσφαίριση, Ε= Ελέγχου.

ΕΣΩ Κεφαλή								
	Π (N=12)	Ε (11)	t	p	Χ (N=11)	Ε (N=12)	t	p
Delta T (s)	0.44±0.10	0.46±0.06	-0.53	0.61	0.32±0.08	0.45±0.12	-3.75	<b>0.00*</b>
Max (mV)	2.06±0.41	1.87±0.536	0.95	0.36	1.61±0.74	1.59±0.449	-0.20	0.84
Mean (mV)	0.73±0.16	0.63±0.21	1.23	0.23	0.68±0.32	0.60±0.2	1.08	0.30
Integral (mV-sec)	0.33±0.11	0.29±0.09	0.93	0.36	0.22±0.11	0.26±0.08	-0.54	0.60
Freq (Hz)	2.3±0.47	2.2±0.26	0.85	0.41	3.4±1.6	2.4±0.6	3.39	<b>0.00*</b>
ΕΞΩ Κεφαλή								
	Π (N=12)	Ε (11)	t	p	Χ (N=11)	Ε (N=12)	t	p
Delta T (s)	0.43±0.11	0.50±0.09	-1.68	0.11	0.30±0.06	0.42±0.09	-3.75	<b>0.00*</b>
Max (mV)	2.48±0.57	1.59±0.74	3.21	<b>0.01*</b>	2.07±0.91	2.14±0.74	-0.20	0.84
Mean (mV)	0.85±0.22	0.49±0.18	4.21	<b>0.00*</b>	0.87±0.41	0.71±0.236	1.08	0.30
Integral (mV-sec)	0.37±0.16	0.24±0.11	2.21	<b>0.04*</b>	0.27±0.16	0.30±0.121	-0.54	0.60
Freq (Hz)	2.4±0.5	2.1±0.4	1.81	0.09	3.5±0.9	2.5±0.5	3.39	<b>0.00*</b>

\* $p$  value < 0.05

Επιπλέον σημαντική διαφορά βρέθηκε στη συχνότητα ενεργοποίησης ( $p = .00$ ), με την ομάδα Χειροσφαίρισης να έχουν μεγαλύτερη συχνότητα ( $3.4 \pm 1.6$  έναντι  $2.3 \pm 0.6$  Hz της ομάδας ελέγχου) (Πίνακα 4.2.).

Σημαντική διαφορά όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.2. παρουσιάστηκε στις μεταβλητές που αφορούν την ΗΜΓ ενεργοποίηση της έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή της μέγιστης ενεργοποίησης ( $p = .01$ ), η μέση τιμή ( $p = .00$ ) αλλά και το ολοκλήρωμα της δραστηριότητας ( $p = .04$ ) διέφερε σημαντικά μεταξύ των αθλητών της Πετοσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου.

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.2. φαίνεται ότι η ΗΜΓ ενεργοποίηση της έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός μεταξύ της ομάδας Χειροσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου έχει σημαντική διαφορά στο χρόνο ενεργοποίησης αλλά και στη συχνότητα ( $p = .00$  και  $p = .00$ , αντίστοιχα). Ο χρόνος ενεργοποίησης για

την ομάδα των αθλητών ήταν  $0.3 \pm 0.06$  sec, ενώ για την ομάδα ελέγχου ήταν  $0.42 \pm 0.09$  sec. Η συχνότητα ενεργοποίησης της ομάδας Χειροσφαίρισης έχει μεγαλύτερη τιμή ( $3.5 \pm 0.9$  έναντι  $2.5 \pm 0.5$  Hz της ομάδας ελέγχου). Οι μεταβλητές που αφορούσαν τη συχνότητα της ΗΜΓ δραστηριότητας μεταξύ της ομάδας Χειροσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου δεν είχαν καμία σημαντική διαφορά ( $p > 0.05$ ).

Στον Πίνακα 4.3. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ΗΜΓ δραστηριότητας της έσω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μύος μεταξύ των ομάδων Πετοσφαίρισης και Χειροσφαίρισης. Η ομάδα της Χειροσφαίρισης είχε σημαντικά μικρότερη χρονική διάρκεια ενεργοποίησης ( $p = .01$ ) σε σύγκριση με την ομάδα Πετοσφαίρισης ( $0.32 \pm 0.08$  έναντι  $0.44 \pm 0.10$ , αντίστοιχα). Επιπρόσθετα, σημαντική διαφορά βρέθηκε και στο ολοκλήρωμα της μυϊκής ενεργοποίησης ( $p = .03$ ).

Στον Πίνακα 4.3. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ΗΜΓ δραστηριότητας της έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μύος μεταξύ των ομάδων Πετοσφαίρισης και Χειροσφαίρισης. Η ομάδα της Χειροσφαίρισης διέθετε σημαντικά μικρότερη χρονική διάρκεια μυϊκής ενεργοποίησης ( $p = .00$ ) σε σύγκριση με την ομάδα της Πετοσφαίρισης ( $0.3 \pm 0.06$  έναντι  $0.43 \pm 0.11$ , αντίστοιχα). Επιπρόσθετα, σημαντική διαφορά βρέθηκε και στη συχνότητα της μυϊκής ενεργοποίησης ( $p = .00$ ). Η ομάδα της Χειροσφαίρισης είχε σημαντικά μεγαλύτερη συχνότητα δραστηριότητας σε σύγκριση με την ομάδα της Πετοσφαίρισης ( $3.5 \pm 0.9$  έναντι  $2.4 \pm 0.5$ , αντίστοιχα).

**Πίνακας 4.3.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση (*mean*±*SD*) της ΗΜΓ δραστηριότητας της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μύος και οι στατιστικοί δείκτες *t* και επίπεδο σημαντικότητας (*p value*) για τη σύγκριση μεταξύ ομάδων για την ίδια κεφαλή. Π=Πετοσφαίριση, Χ=Χειροσφαίριση, Ε= Ελέγχου.

	ΕΣΩ κεφαλή		Π έναντι Χ		ΕΞΩ κεφαλή		Π έναντι Χ	
	Π (N=12)	Χ (N=11)	t	p	Π (N=12)	Χ (N=11)	t	p
Delta T(s)	0.44±0.10	0.32±0.08	-3.08	<b>0.01*</b>	0.43±0.11	0.30±0.06	-3.61	<b>0.00*</b>
Max (mV)	2.06±0.41	1.61±0.74	-1.72	0.11	2.48±0.57	2.07±0.91	-1.25	0.23
Mean (mV)	0.73±0.16	0.68±0.32	-0.49	0.63	0.85±0.22	0.87±0.41	0.12	0.91
Integral (mV-sec)	0.33±0.11	0.22±0.11	-2.33	<b>0.03*</b>	0.37±0.16	0.27±0.16	-1.49	0.15
Freq (Hz)	2.3±0.47	3.5±1.6	2.14	0.06	2.4±0.5	3.5±0.9	3.48	<b>0.00*</b>

\* *p value* < 0.05

Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 4.4. οι δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου μύος δεν είχαν σημαντικές διαφορές στην ενεργοποίησή τους σε όλες τις εξεταζόμενες μεταβλητές στην ομάδα της Πετοσφαίρισης ( $p > 0.05$ ).

Σε αντίθεση με τους αθλητές της Πετοσφαίρισης τον Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ΗΜΓ δραστηριότητας των δύο κεφαλών του τρικέφαλου βραχιόνιου μύος της ομάδας της Χειροσφαίρισης. Σημαντικές

διαφορές βρέθηκαν τόσο στη μέγιστη τιμή ( $p = .04$ ) όσο και στη μέση τιμή ενεργοποίησης ( $p = .04$ ). Η μέγιστη τιμή ενεργοποίησης ήταν για την έσω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μνός  $1.61 \pm 0.74$  mV και για την έξω κεφαλή  $2.07 \pm 0.91$  mV. Αντίστοιχα, η μέση τιμή ενεργοποίησης ήταν για την έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μνός  $0.676 \pm 0.323$  mV και για την έξω κεφαλή  $0.87 \pm 0.411$  mV.

**Πίνακας 4.4.** Μέση τιμή και τυπική απόκλιση ( $mean \pm SD$ ) της HMG δραστηριότητας της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μνός και οι στατιστικοί δείκτες  $t$  και επίπεδο σημαντικότητας ( $p$  value) για τη σύγκριση μεταξύ ομάδων για την ίδια κεφαλή.

	Πετοσφαίριση		Έσω vs έξω		Χειροσφαίριση		έσω vs έξω	
	Έσω (N=12)	Έξω (N=12)	t	p	Έσω (N=11)	Έξω (N=11)	t	p
Delta T(s)	0.44±0.10	0.43±0.11	0.79	0.44	0.32±0.08	0.30±0.06	2.06	0.07
Max (mV)	2.06±0.41	2.48±0.57	-2.20	0.05	1.61±0.74	2.07±0.91	-2.39	<b>0.04*</b>
Mean (mV)	0.73±0.16	0.85±0.22	-1.59	0.13	0.68±0.32	0.87±0.41	-2.34	<b>0.04*</b>
Integral (mV-sec)	0.33±0.11	0.37±0.16	-1.23	0.24	0.22±0.11	0.27±0.16	-1.78	0.1
Freq (Hz)	2.3±0.47	2.4±0.5	-0.84	0.42	3.4±1.6	3.5±0.9	-0.2	0.82

\*  $p$  value < 0.05





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ V - ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης αφορούν τις δύο βασικές ενότητες: Α) τη σύγκριση επιμέρους ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών μεταξύ των διαφορετικών αθλητικών ειδικεύσεων και κυρίως Β) τη σύγκριση της μυϊκής ενεργοποίησης του τρικέφαλου βραχιόνιου, κατά την εκτέλεση των κινήσεων κρούσης της μπάλας στην πετοσφαίριση (σερβίς) και ρίψη της μπάλας στη χειροσφαίριση.

Η μελέτη αυτή θέλει να αναδείξει τις διακριτές διαφορές σε μια βασική κίνηση της έκτασης του αγκώνα, όπου οι δύο κεφαλές (έξω και έσω) συνεισφέρουν ουσιαστικά στην οικοδόμηση της τεχνικής και την απόδοση των δύο αθλοπαιδιών. Η χρησιμοποίηση των ομάδων ελέγχου είχε σκοπό να περιγράψει την εικόνα της διαφοροποίησης που παρατηρείται μεταξύ αγωνιστικού επιπέδου και της μη συστηματικής ειδίκευσης σ' αυτές.

Τα επιμέρους ερωτήματα που ενδεχομένως θα συμβάλλουν στη συζήτηση είναι τα εξής:

1. Εάν υπάρχει σημαντική διαφορά στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των άνω άκρων τόσο μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου όσο και μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων.

2. Εάν υπάρχει σημαντική διαφορά στη μυϊκή ενεργοποίηση της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός μεταξύ των αγωνιστικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου στην Πετοσφαίριση και τη Χειροσφαίριση, κατά τη διάρκεια της κρούσης και ρίψης μπάλας.

3. Εάν υπάρχει σημαντική διαφορά στη μυϊκή ενεργοποίηση μεταξύ της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός στις ομάδες Πετοσφαίρισης και Χειροσφαίρισης, κατά τη διάρκεια της κρούσης και ρίψης μπάλας.

### 5.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των άνω άκρων

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 4.1. φαίνεται ότι η ομάδα της Χειροσφαίρισης παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερη περίμετρο του βραχίονα έναντι της ομάδας Πετοσφαίρισης ( $p = .038$ ). Μια εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι πως στη Χειροσφαίριση απαιτείται μεγαλύτερη μυϊκή δύναμη σε ιδιαίτερες κινήσεις σώμα με σώμα, κάτι το οποίο δεν παρατηρείται στην Πετοσφαίριση. Αυτό επιβεβαιώνεται και από ανθρωπομετρικές μελέτες που χαρακτηρίζουν τους αθλητές της Χειροσφαίρισης ως μεσόμορφους και με στοιχεία εξωμορφίας (Μπάγιος, 1998). Παρά το γεγονός ότι δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στη σωματική μάζα ( $p > 0.05$ ), εντούτοις η περίμετρος του βραχίονα αποτελεί μια σχετική ένδειξη για την περιγραφική κατατομή στο άθλημα της Χειροσφαίρισης.

Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά της ομάδας Χειροσφαίρισης διαφόρων αγωνιστικών επιπέδων έχουν μελετηθεί αναφορικά με τη σωματική μάζα (Gorostiaga et al., 2005; Laffaye et al., 2012; van den Tillaar & Ettemma, 2006; Fallahi & Jadidian, 2011), το σωματικό ανάστημα (Gorostiaga et al., 2005; Laffaye et al., 2012; van den Tillaar & Ettemma, 2006), το μήκος του βραχίονα και του πήχη (Skoufas et al., 2003), το μήκος του καρπού και της παλάμης (Fallahi & Jadidian,

2011; Skoufias et al., 2003). Από τις παραπάνω μελέτες όπως και στην παρούσα τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών ήταν μεγαλύτερα από τους αρχάριους. Ιδιαίτερη σημασία στη Χειροσφαίριση δίνεται στη σωματική μάζα καθώς οι αθλητές έχουν ένα πλεονέκτημα έναντι αυτών που η σωματική τους μάζα είναι μικρότερη. Οι αθλητές με μεγαλύτερη σωματική μάζα υπερέχουν στις αλληπάλληλες συγκρούσεις με τους αντιπάλους. Η ομάδα Πετοσφαίρισης διέφερε της ομάδας ελέγχου μόνο στην χρονολογική ηλικία ( $27.46 \pm 4.57$  έναντι  $22.38 \pm 4.54$  έτη, αντίστοιχα) και σε κανένα ανθρωπομετρικό χαρακτηριστικό, ενώ η ομάδα Χειροσφαίρισης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου διέφερε στη σωματική μάζα ( $p = .003$ ), στο μήκος του βραχίονα ( $p = .017$ ), στο μήκος της παλάμης ( $p = .026$ ), στην περίμετρο του βραχίονα ( $p = .002$ ) καθώς και στη δερματοπτυχή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός ( $p = .041$ ). Είναι φανερό πως η σωματοδομή των αθλητών της Χειροσφαίρισης ξεχωρίζει με τα πιο πάνω χαρακτηριστικά, τα οποία συνεισφέρουν στην απόδοση αλλά και διαμορφώνουν αυτή τη διακριτή εικόνα του αθλήματος.

## **5.2. Μυϊκή ενεργοποίηση Ομάδων Πετοσφαίρισης – Χειροσφαίρισης σε έσω και έξω κεφαλή τρικέφαλου βραχιόνιου**

Η μυϊκή ενεργοποίηση των αγωνιστικών ομάδων εμφανίζει σημαντικές διαφορές κυρίως α) στη χρονική διάρκεια και β) στο ολοκλήρωμα αυτής και στις δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει πως η ομάδα Πετοσφαίρισης και στις δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου εμφανίζει μεγαλύτερη χρονική διάρκεια ενεργοποίησης ( $p = .01$ ) σε συνδυασμό με το μικρότερο αντίστοιχο ολοκλήρωμα ( $p = .03$ ) για την έσω κεφαλή και ( $p = .00$ ) και ( $p = .00$ ) για την έξω κεφαλή (Πίνακας 4.3.). Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει την αντίληψη πως και οι δύο κεφαλές του τρικέφαλου στην ομάδα Χειροσφαίρισης λειτουργούν με διαφορετική μυϊκή συνέργεια, γεγονός το οποίο οφείλεται στη διακριτή κίνηση της κρουστικής από τη ριπτική δραστηριότητα. Το αυξημένο ολοκλήρωμα της μυϊκής ενεργοποίησης στην ομάδα Χειροσφαίρισης ενδεχομένως να σχετίζεται και με περιφερειακούς παράγοντες, όπως για παράδειγμα, η μπάλα από την έναρξη της προσπάθειας έως την απελευθέρωσή της βρίσκεται συνεχώς σε θέση λαβής. Το αντίστοιχο δεν ισχύει στην κίνηση της κρουστικής κίνησης, με την επαφή του άκρου χεριού και της μπάλας που παρατηρείται στην ομάδα της Πετοσφαίρισης, με ενδεχόμενο να εξαρτάται και σε ένα βαθμό ανασφάλειας αυτής της στιγμιαίας επαφής.

Η πιο πάνω άποψη μπορεί να χρειάζεται πρόσθετη διερεύνηση με την αξιολόγηση και στοιχείων απόδοσης, όπως είναι η ταχύτητα της μπάλας και η ευστοχία αυτής (Bayios et al., 1998). Επίσης, για να κατανοηθεί πιο ολοκληρωμένα η σχέση του ολοκληρώματος της μυϊκής ενεργοποίησης, θα ήταν προς τη σωστή κατεύθυνση να εξεταστούν και οι κεντρικοί παράγοντες, δηλαδή μέσω του Κ.Ν.Σ και με την αξιοποίηση της μεθόδου ηλεκτροεγκεφαλογραφίας.

Μία συμπερασματική πρόταση αυτής της ενότητας θα ήταν ότι η ομάδα της Χειροσφαίρισης ενεργοποιεί τις κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου πιο αποτελεσματικά, με μεγαλύτερη σιγουριά και σταθερά συγκριτικά με την ομάδα Πετοσφαίρισης. Επίσης, απ' τις εξεταζόμενες ηλεκτρομυογραφικές παραμέτρους, φαίνεται πως το ολοκλήρωμα του RMS είναι η πιο αξιόπιστη παράμετρος

(Renshaw et al., 2010). Επιπροσθέτως, ο μεγαλύτερος χρόνος προετοιμασίας για την εκτέλεση της κρούσης της μπάλας στην ομάδα Πετοσφαίρισης, καθ' ότι η μπάλα αιωρείται περισσότερο χρόνο στον αέρα, σε αντίθεση με τη ρίψη της μπάλας της ομάδας Χειροσφαίρισης, όπου η μπάλα κρατιέται συνεχώς σταθερά και ακολουθεί η εκτέλεση της ρίψης.

Οι μελέτες που εξετάζουν κυρίως την έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός (Hirashima et al., 2002; Toyoshima et al., 1974); Τοπαλίδου, 2009) δείχνουν ότι ο τρικέφαλος βραχιόνιος μυς δεν είναι ο κατ' εξοχήν μυς που επηρεάζει αποκλειστικά τη ριπτική κίνηση. Είναι γνωστό πως στη ριπτική κίνηση συμμετέχουν ως αγωνιστές μύες ο ωλένιος καμπτήρας, ο στρογγύλος πρηνιστής, η έξω κεφαλή τρικέφαλου, η πρόσθια μοίρα δελτοειδή, ο μείζων θωρακικός, ο πρόσθιος οδοντωτός στη έκτη μοίρα και ο πρόσθιος οδοντωτός στην όγδοη μοίρα. Από την ανάλυση της μυϊκής συνέργειας, που προσπαθούν να αναδείξουν οι πιο πάνω μελέτες, φαίνεται ότι ο πρόσθιος οδοντωτός στη έκτη του μοίρα θεωρείται ο πρώτος στη μυϊκή ενεργοποίηση και αμέσως, μετά ο ίδιος μυς στην πρόσφυσή του στην όγδοη μοίρα, και ακολούθησαν κατά σειρά, ο μείζων θωρακικός, η πρόσθια μοίρα του δελτοειδή, ο τρικέφαλος βραχιόνιος, ο στρογγύλος πρηνιστής και ο ωλένιος καμπτήρας του καρπού.

Όσον αφορά τη δραστηριότητα των ανταγωνιστών μυών, ο δικέφαλος βραχιόνιος ενεργοποιείται πριν από τον τρικέφαλο, και σταματά τη δραστηριότητά του σχεδόν την ίδια στιγμή κατά την οποία ο τρικέφαλος αρχίζει τη σύσπαση. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ο εκτείνων τον αγκώνα (τρικέφαλος βραχιόνιος), ο ωλένιος καμπτήρας του καρπού και ο πρηνιστής του καρπού ενεργοποιούνται σχεδόν ταυτόχρονα. Ένα ερώτημα που μπορεί να προκύπτει από την πιο πάνω συζήτηση είναι γιατί ο τρικέφαλος βραχιόνιος δεν προηγείται στην ενεργοποίηση σε σχέση με τους άλλους δύο πιο απομακρυσμένους μύες; Αυτό είναι κάτι που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, καθότι είναι πιθανόν ο συγχρονισμός των τριών αυτών μυών να σχετίζεται με το ρόλο που έχουν οι μύες αυτοί, ιδιαίτερα στην προσπάθεια για την ευστοχία (Bayios et al., 1998). Επίσης, σημειώνεται σε παλαιότερες μελέτες (Roberts, 1971; Toyoshima et al., 1974) πως ο τρικέφαλος βραχιόνιος δεν είναι ο κατεξοχήν μυς που συμβάλει στην επιτάχυνση της κίνησης του άνω άκρου για τη ρίψη της μπάλας. Όμως, σε πιο πρόσφατες μελέτες (Sakurai & Ohtsuki, 2000) υπογραμμίζεται η σημαντική συμμετοχή των μυών του καρπού στην ευστοχία των ρίψεων και έχει συμπερασματική κατάληξη ότι στην ευστοχία της ρίψης κυρίαρχο ρόλο έχει η έκταση των δακτύλων (Hore, 1996; Hore et al., 1994).

### **5.3. Οργάνωση μυϊκής ενεργοποίησης έσω – έξω κεφαλής τρικέφαλου βραχιόνιου στην ομάδα Πετοσφαίρισης και στην ομάδα Χειροσφαίρισης**

Η μυϊκή συνέργεια θεωρείται από τους κρίσιμους βιολογικούς παράγοντες, που καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την αποτελεσματικότητα της ανθρώπινης κίνησης και ειδικότερα της αθλητικής, η οποία οικοδομείται στα πλαίσια της τεχνικής. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν πως οι δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου διαφέρουν σημαντικά τόσο στην ομάδα της Πετοσφαίρισης ( $p = .050$ ), όπως και στην ομάδα της Χειροσφαίρισης ( $p = .041$ ), με αναφορά στη μέγιστη τιμή του RMS του ηλεκτρομυογραφικού σήματος. Ειδικότερα, η έξω κεφαλή του

τρικέφαλου βραχιόνιου ενεργοποιείται και στις δύο ομάδες πιο αποτελεσματικά, γεγονός που μπορεί να οφείλεται και στο ότι η συγκεκριμένη κεφαλή λόγω της πρόσφυσης στην ωμογλήνη της ωμοπλάτης συμμετέχει εκτός της έκτασης του αγκώνα και στην έκταση του ώμου (Hussain et al., 2020; Le Hanneur et al., 2018). Το συμπέρασμα είναι πως η έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου εμφανίζεται στις προσπάθειες της κρούσης για την ομάδα Πετοσφαίρισης και ρίψης για την ομάδα της Χειροσφαίρισης με μεγαλύτερη ενεργοποίηση επειδή παίζει διττό ρόλο, δηλαδή, αυτό της έκτασης του αγκώνα, αλλά της έκτασης του ώμου.

Η σύγκριση των τιμών των δύο εξεταζόμενων κεφαλών του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός στους αθλητές της Πετοσφαίρισης έδειξε ότι τόσο η χρονική διάρκεια όσο και η σφοδρότητα του ηλεκτρομυογραφικού σήματος είχαν παρόμοιες τιμές (Πίνακας 4.4.). Αυτό σημαίνει ότι και οι δύο εξεταζόμενες κεφαλές δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $p > 0.05$ ). Στην τεχνική εκτέλεση του χτύπηματος της μπάλας στην Πετοσφαίριση φαίνεται ότι ενεργοποιούνται και οι δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός με την ίδια συχνότητα ηλεκτρομυογραφικού σήματος, αλλά και έχουν παρόμοια χρονική διάρκεια ενεργοποίησης.

Σε αντίθεση με την ομάδα της Πετοσφαίρισης, η σύγκριση των τιμών των δύο εξεταζόμενων κεφαλών του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός στην ομάδα της Χειροσφαίρισης έδειξε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές αναφορικά με τη συχνότητα του ηλεκτρομυογραφικού σήματος (Πίνακας 4.4.). Πιο συγκεκριμένα, μεταξύ της έσω και έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός της ομάδας Χειροσφαίρισης βρέθηκε σημαντική διαφορά τόσο στη μέγιστη τιμή του ηλεκτρομυογραφικού σήματος ( $1.61 \pm 0.74$  mV για την έσω κεφαλή έναντι  $2.07 \pm 0.91$  mV για την έξω κεφαλή), όσο και στη μέση τιμή ( $0.68 \pm 0.32$  mV για την έσω κεφαλή έναντι  $0.87 \pm 0.41$  mV για την έξω κεφαλή) με στατιστική σημαντικότητα  $p = .04$  και  $p = .04$ , αντίστοιχα. Φαίνεται ότι σε αντίθεση με το χτύπημα της μπάλας στην Πετοσφαίριση, στη ριπτική κίνηση ενεργοποιείται περισσότερο η έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός προκειμένου να προσδοθεί στην μπάλα μεγαλύτερη ταχύτητα. Πιθανή εξήγηση είναι το γεγονός ότι στη Χειροσφαίριση πραγματοποιείται μεγαλύτερη συστολή στην έκταση του αγκώνα και μεγαλύτερος υπτιασμός κατά την τελική φάση της ρίψης. Αυτό έχει ως συνέπεια να διατείνεται περισσότερο η έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη συχνότητα ενεργοποίησης.

Από τις πιο πρόσφατες μελέτες (Μπάγιος και συν., 2021) είναι αυτή που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο της Αθλητικής Βιομηχανικής της ΣΕΦΑΑ του ΕΚΠΑ. Η έρευνα αφορούσε μία πιλοτική μελέτη που σκοπό είχε να συγκρίνει τη μυϊκή ενεργοποίηση του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός σε αθλητές της Χειροσφαίρισης και της Αντισφαίρισης. Ένας δοκιμαζόμενος με άριστη τεχνική και υψηλή εμπειρία στη ρίψη της Χειροσφαίρισης και χαμηλότερη τεχνική και εμπειρία στο σερβίς της αντισφαίρισης εκτέλεσε 10 προσπάθειες σε κάθε κινητική δράση. Η ανάλυση των δεδομένων (λογισμικό AcqKnowledge) εκτός από τη χρονική διάρκεια μυϊκής ενεργοποίησης (s), αφορούσε και τις μεταβλητές για τη συνολική διάρκεια ρίψης Χειροσφαίρισης και σερβίς Αντισφαίρισης, μονάδες VMG: μέγιστη τιμή, μέση τιμή και ολοκλήρωμα της δονησιογραφικής μυϊκής ενεργοποίησης. Για κάθε μεταβλητή υπολογίστηκε ο μέσος όρος των 10 προσπαθειών της αντίστοιχης κινητικής

δράσης. Η χρονική διάρκεια της μυϊκής ενεργοποίησης ήταν σημαντικά μικρότερη ( $p = .025$ ) στη ρίψη της Χειροσφαίρισης ( $0.400 \pm 0.05$  sec) συγκριτικά με το σερβίς στην αντισφαίριση ( $0.448 \pm 0.05$  sec). Φαίνεται ότι η χρονική διάρκεια της δραστηριότητας ήταν κοντά στα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης που ήταν για την έσω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός  $0.32 \pm 0.08$  sec και για την έξω κεφαλή  $0.30 \pm 0.06$  sec.

Στην πετοσφαίριση η χρονική διάρκεια της κίνησης για το χτύπημα ήταν για την ομάδα  $0.44 \pm 0.10$  στην έσω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός και στην έξω  $0.43 \pm 0.11$  sec (Πίνακας 4.4.). Μία αντίστοιχη μελέτη που δείχνει τη χρονική διάρκεια της κίνησης έχει μεγαλύτερες τιμές από την παρούσα εργασία (Seminati et al., 2015). Πιο συγκεκριμένα η χρονική διάρκεια της κίνησης μετρήθηκε  $0.62 \pm 0.01$  sec με την πληροφορία ότι το χτύπημα της μπάλας ήταν στα  $2.29 \pm 0.07$  μέτρα, κάτι που δεν υπήρχε στην παρούσα μελέτη. Επιπλέον, στην παρούσα εργασία όσο και στην αναφερόμενη παραπάνω δεν μετρήθηκε το ύψος που ανέβηκε η μπάλα, κάτι που επηρεάζει τη χρονική διάρκεια της κίνησης.

Από τα ερευνητικά δεδομένα της διατριβής του Μπάγιου (1998) φαίνεται ότι η χρονική διάρκεια της μυϊκής ενεργοποίησης του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός είναι σε αθλητές υψηλού επιπέδου  $0.397 \pm 0.108$  sec. Η τιμή αυτή είναι αρκετά κοντά στην τιμή που βρέθηκε και στην παρούσα εργασία ( $0.323 \pm 0.081$  sec). Μεγαλύτερη διαφορά στη χρονική διάρκεια της μυϊκής ενεργοποίησης του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός για τους αρχάριους βρέθηκε στην παραπάνω διατριβή ( $0.615 \pm 0.351$  sec) ενώ στην παρούσα εργασία ήταν  $0.42 \pm 0.09$  sec. Όμως και στις δύο μελέτες φαίνεται ότι η χρονική διάρκεια της μυϊκής δραστηριότητας των αρχαρίων ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των αθλητών. Επιπρόσθετα, η μέση ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός ήταν στην παρούσα εργασία  $0.68 \pm 0.32$  mV για την έσω κεφαλή και  $0.87 \pm 0.41$  mV για την έξω κεφαλή που ήταν σημαντικά μεγαλύτερη. Στην διατριβή του Μπάγιου (1998) η μέση ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός ήταν  $0.065 \pm 0.038$  mV γεγονός που αποκλίνει από τις τιμές που βρέθηκαν στην παρούσα εργασία. Η πιθανή εξήγηση πρέπει να εστιάσει στη μεθοδολογία μέτρησης μεταξύ των δύο μελετών.

Μία πιο πρόσφατη μελέτη (Rousanoglou et al., 2014) που εξέτασε ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα μυών του θώρακα, του βραχίονα και της άνω μοίρας του τραπεζοειδή. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπήρξε μία αμετάβλητη ενεργοποίηση των χρονικών χαρακτηριστικών της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας μεταξύ έμπειρων και αρχαρίων αθλητών της Χειροσφαίρισης το οποίο πιθανώς να εξηγείται από το γεγονός ότι η απόκτηση της ριπτικής ικανότητας να συντελείται νωρίς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μάθησης. Ένα ακόμη συμπέρασμα της μελέτης αυτής ήταν ότι οι έμπειροι αθλητές είχαν σημαντικά μεγαλύτερη ηλεκτρομυογραφική ενεργοποίηση της άνω μοίρας του τραπεζοειδή και του μείζονα θωρακικού κατά τη διάρκεια της προπαρασκευαστικής φάσης της ρίψης. Αντίθετη ήταν η εικόνα αυτών των διαφορών κατά της διάρκεια της φάσης επιτάχυνσης του χεριού ρίψης, ταυτόχρονα με τη σημαντικά μεγαλύτερη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του δικέφαλου βραχιόνιου μυός μόνο στους έμπειρους αθλητές της Χειροσφαίρισης. Ενώ ερευνήθηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός αλλά και του δικέφαλου

βραχιόνιου μυός δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ αρχαρίων και έμπειρων αθλητών της Χειροσφαίρισης ούτε στη φάση προετοιμασίας, ούτε στη φάση της επιτάχυνσης του χεριού ρίψης αλλά ούτε και στην τελική φάση (φάση επιβράδυνσης). Και οι δύο ομάδες έδειξαν παρόμοια χρονική στρατηγική της κίνησης χωρίς σημαντική διαφορά παρά το γεγονός ότι βρέθηκαν σημαντικές διαφορές τόσο στην ταχύτητα της μπάλας (30% μεγαλύτερη ταχύτητα) όσο και στην ευστοχία (50% καλύτερη) μεταξύ των αθλητών και των αρχαρίων. Το γεγονός ότι είχαν παρόμοια αποτελέσματα τόσο στη διάρκεια των φάσεων όσο και στην ενεργοποίηση του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός βρίσκει σύμφωνους και άλλους ερευνητές (van den Tillaar & Ettemma, 2006; Wagner et al., 2010). Αν και οι παραπάνω ερευνητές δεν είχαν μελετήσει την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, εντούτοις τόσο οι van den Tillaar & Ettemma, (2006) όσο και οι Wagner et al., (2010) αναφέρθηκαν στην έλλειψη σημαντικών διαφορών μεταξύ αρχαρίων και αθλητών στα επιμέρους χρονικά κινηματικά χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της ρίψης με άλμα και χωρίς άλμα στη Χειροσφαίριση. Παρά το γεγονός ότι ήταν σε διαφορετικό αθλητικό επίπεδο εντούτοις τα ευρήματα των χρονικών προτύπων ήταν παρόμοια, κάτι που πιθανώς να εξηγείται από το γεγονός οι αρχάριοι αδυνατούν να αποθηκεύσουν ελαστική ενέργεια κατά τη διάρκεια της φάσης προετοιμασίας. Επομένως, η σημαντικά μεγαλύτερη ταχύτητα που πέτυχαν οι αθλητές δεν αντανακλά και στη μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση. Προτείνεται μέσω της έρευνας αυτής οι νέοι αθλητές να δίνουν περισσότερη σημασία τόσο στη φυσική τους προετοιμασία όσο και στην τεχνική τους εξάσκηση προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την απόδοσή τους ιδιαίτερα στη φάση προετοιμασίας.

#### **5.4. Μυϊκή ενεργοποίηση Ομάδων Πετοσφαίρισης – Χειροσφαίρισης και αντίστοιχων Ελέγχου για έσω – έξω κεφαλή τρικέφαλου βραχιόνιου**

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν πως η χρονική διάρκεια και η συχνότητα μυϊκής ενεργοποίησης είναι δύο από τις παραμέτρους που αναδεικνύονται ως κρίσιμες στη ριπτική κίνηση της ομάδας Χειροσφαίρισης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου και για τις δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου. Οι μικρές χρονικές διάρκειες μυϊκής ενεργοποίησης σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη συχνότητα ενεργοποίησης ενδεχομένως να προέρχονται εξαιτίας της τεχνικής που ακολουθείται σ' αυτή την περίπτωση, η οποία προσομοιάζει της «μαστιγωτής» προσπάθειας και χαρακτηρίζει κυρίως τη Χειροσφαίριση. Το ίδιο δεν παρατηρείται στην ομάδα της Πετοσφαίρισης συγκριτικά με την αντίστοιχη ομάδα ελέγχου, ειδικά στην έσω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου, μια πληροφορία που παραπέμπει σε περαιτέρω διερεύνηση.

Σε ότι αφορά την μυϊκή ενεργοποίηση της έξω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου για την ομάδα Πετοσφαίρισης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου φαίνεται πως η ενεργοποίηση είναι μεγαλύτερη λόγω της συμμετοχής στην πρόσθετη κίνηση της έκτασης του ώμου, η οποία δείχνει πιο αποτελεσματική προσπάθεια στην αγωνιστική ομάδα και με πιο τελειοποιημένη τεχνική.

Μόνο σε δύο μεταβλητές βρέθηκε σημαντική διαφορά στην έσω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός μεταξύ της ομάδας Χειροσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου (Πίνακας 4.2.). Πιο συγκεκριμένα, σημαντική διαφορά ( $p = .00$ ) βρέθηκε στη χρονική διάρκεια της μυϊκής ενεργοποίησης με την ομάδα Χειροσφαίρισης να

έχουν μικρότερο χρόνο ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας έναντι της ομάδας ελέγχου ( $0.32 \pm 0.08$  έναντι  $0.45 \pm 0.12$  sec, αντίστοιχα). Παρά το γεγονός ότι η ομάδα Χειροσφαίρισης είχε μικρότερη διάρκεια μυϊκής ενεργοποίησης, αυτό δεν αντανακλά και τη συχνότητα του ηλεκτρομυογραφικού σήματος της έσω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός, όπως αυτό αποτυπώνεται από τις παραμέτρους της μέγιστης ενεργοποίησης (max), της μέσης τιμής (mean) καθώς και του ολοκληρώματος (integral) που δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα της έσω κεφαλής του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός ενεργοποιείται κατά τον ίδιο τρόπο τόσο στο αγωνιστικό δείγμα όσο και στην ομάδα ελέγχου της Χειροσφαίρισης. Επιπλέον, σημαντική διαφορά ( $p = .00$ ) βρέθηκε και στη συχνότητα του ηλεκτρομυογραφικού σήματος μεταξύ της ομάδας Χειροσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου με του αθλητές να έχουν σημαντικά μεγαλύτερη συχνότητα ( $3.4 \pm 1.6$  έναντι  $2.4 \pm 0.6$  Hz, αντίστοιχα).

Αναφορικά με την έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός η ομάδα της Πετοσφαίρισης είχε σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (Πίνακας 4.2.) σε όλες τις μετρούμενες μεταβλητές που ορίζουν τη συχνότητα του ηλεκτρομυογραφικού σήματος (max  $2.48 \pm 0.57$  έναντι  $1.59 \pm 0.74$  mV  $p = .01$ , mean  $0.85 \pm 0.22$  έναντι  $0.49 \pm 0.18$  mV  $p = .00$ , integral  $0.37 \pm 0.16$  έναντι  $0.24 \pm 0.11$  mV-sec  $p = .04$ , αντίστοιχα). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ενώ δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην έσω κεφαλή αυτές φαίνεται να υπάρχουν στην έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός μεταξύ της ομάδας Πετοσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου. Η σημαντική επομένως διαφοροποίηση είναι ότι η έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός ενεργοποιείται με μεγαλύτερη συχνότητα στην ομάδα Πετοσφαίρισης σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Και τούτο αποτυπώνεται σε όλες τις μετρούμενες μεταβλητές που ορίζουν την ένταση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας. Όμως να τονιστεί ότι δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στη χρονική διάρκεια της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας, κάτι που σημαίνει ότι η και οι δύο ομάδες είχαν παρόμοια χρονική μυϊκή ενεργοποίηση.

Σε αντίθεση με την ομάδα Πετοσφαίρισης και της ομάδας ελέγχου, η ομάδα της Χειροσφαίρισης δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές έναντι της ομάδας ελέγχου στους δείκτες που αναδεικνύουν τη συχνότητα του ηλεκτρομυογραφικού σήματος ( $p > 0.05$ ). Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τόσο η ομάδα της Χειροσφαίρισης όσο και η ομάδα ελέγχου είχαν παρόμοια ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η ομάδα ελέγχου της Χειροσφαίρισης ήταν εξοικειωμένη με τη βασική ρίψη της Χειροσφαίρισης και πιθανόν για το λόγο αυτό δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές. Σημαντική όμως διαφορά βρέθηκε ( $p = .00$ ) στη χρονική διάρκεια της μυϊκής ενεργοποίησης με του αθλητές να έχουν μικρότερο χρόνο να εκδηλώσουν τη ριπτική κίνηση ( $0.30 \pm 0.06$  έναντι  $0.43 \pm 0.09$  sec, αντίστοιχα). Το γεγονός αυτό πιθανόν να εξηγείται από την καλύτερη τεχνική κατάρτιση της ομάδας Χειροσφαίρισης στην εκτέλεση της ριπτικής κίνησης (Πίνακας 4.2.).

Από την παραπάνω συζήτηση φαίνεται ότι η συμμετοχή του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός είναι σημαντική στην έκταση του αγκώνα, μια επιμέρους δράση όμως σε μια πολυαρθρική κίνηση όπως είναι η ριπτική στη Χειροσφαίριση ή η κρουστική στην Πετοσφαίριση. Η συνέργεια με άλλες μυϊκές ομάδες του ώμου,

του αγκώνα, του καρπού και των μεταφαλλαγγικών αρθρώσεων είναι σημαντική για τον ενεργό ρόλο τον οποίο επιβάλλεται να παίζουν σ' αυτές τις κινήσεις (Muller, 1982; Hirashima et al., 2002; Escamilla & Andrews, 2009). Η παραγόμενη δύναμη του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός επηρεάζει την έκταση που πραγματοποιείται στην άρθρωση του αγκώνα (Hartmann & Tunnemann, 1991), ενώ οι Lehman et al., (2006) έδειξαν ότι ο τρικέφαλος βραχιόνιος ως διαρθρικός μυς λειτουργεί τόσο ως σταθεροποιητικός μυς όσο και ως μυς που εξασφαλίζει την κίνηση στην άρθρωση του αγκώνα και του ώμου. Για το λόγο αυτό ο τρικέφαλος βραχιόνιος μυς επηρεάζεται περισσότερο όταν ενεργοποιείται σε ασταθή επιφάνεια.

### **5.5. Συμπεράσματα & προτάσεις**

Η συζήτηση των αποτελεσμάτων οδηγεί σε ορισμένα βασικά συμπεράσματα, τα οποία υποστηρίζουν συνολικά την αναγκαιότητα να διερευνηθεί το θέμα της μυϊκής ενεργοποίησης του τρικέφαλου σε κινήσεις κρουστικού ή ριπτικού χαρακτήρα από αθλητές υψηλής απόδοσης στην Πετοσφαίριση και στη Χειροσφαίριση. Συνοπτικά τα συμπεράσματα αυτά είναι τα εξής:

1) Η μυϊκή ενεργοποίηση των αγωνιστικών ομάδων Πετοσφαίρισης και Χειροσφαίρισης είναι διαφορετική κυρίως στη χρονική διάρκεια ενεργοποίησης και στο ολοκλήρωμα του RMS και στις δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός. Επιβεβαιώνεται η αντίληψη πως και οι δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου στην ομάδα Χειροσφαίρισης λειτουργούν με διαφορετική μυϊκή συνέργεια, γεγονός το οποίο οφείλεται στη διακριτή κίνηση της κρουστικής από τη ριπτική δραστηριότητα.

2) Η μυϊκή συνέργεια των δύο κεφαλών του τρικέφαλου βραχιόνιου διαφέρουν σημαντικά τόσο στην ομάδα της Πετοσφαίρισης, όπως και στην ομάδα της Χειροσφαίρισης, με αναφορά στη μέγιστη τιμή του RMS του ηλεκτρομυογραφικού σήματος. Ειδικότερα, η έξω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου ενεργοποιείται και στις δύο αγωνιστικές ομάδες πιο αποτελεσματικά, γεγονός που μπορεί να οφείλεται και στο ότι η συγκεκριμένη κεφαλή λόγω της πρόσφυσης στην ωμογλήνη της ωμοπλάτης συμμετέχει εκτός της έκτασης του αγκώνα και στην έκταση του ώμου.

3) Η χρονική διάρκεια και η συχνότητα μυϊκής ενεργοποίησης είναι δύο από τις παραμέτρους που αναδεικνύονται ως κρίσιμες στη ριπτική κίνηση της ομάδας Χειροσφαίρισης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου και για τις δύο κεφαλές του τρικέφαλου βραχιόνιου. Οι μικρές χρονικές διάρκειες μυϊκής ενεργοποίησης σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη συχνότητα ενεργοποίησης ενδεχομένως να προέρχονται εξαιτίας της τεχνικής που ακολουθείται σ' αυτή την περίπτωση, η οποία προσομοιάζει της «μαστιγωτής» προσπάθειας και χαρακτηρίζει κυρίως τη Χειροσφαίριση. Το ίδιο δεν παρατηρείται στην ομάδα της Πετοσφαίρισης συγκριτικά με την αντίστοιχη ομάδα ελέγχου, ειδικά στην έσω κεφαλή του τρικέφαλου βραχιόνιου, μια πληροφορία που παραπέμπει σε περαιτέρω διερεύνηση.



Τα πιο πάνω συνοπτικά συμπεράσματα οδηγούν σε διατύπωση προτάσεων, που σκοπό έχουν να δώσουν την προοπτική για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος κι αυτές συνοψίζονται στις εξής:

1) Η καθιέρωση και η ταυτοποίηση των πιο αξιόπιστων παραμέτρων του ηλεκτρομυογραφικού σήματος στις ριπτικές και κρουστικές κινήσεις των άνω άκρων (δυναμικές με υψηλές επιταχύνσεις) θα δώσει μεγαλύτερη ώθηση στην έρευνα αυτού του θεματικού πεδίου.

2) Η συνδυαστική εφαρμογή της μεθοδολογίας, δηλαδή της επιφανειακής ηλεκτρομυογραφίας και ηλεκτροεγκεφαλογραφίας σε κινήσεις με χαρακτηριστικά την ανάπτυξη υψηλών επιταχύνσεων και ευστοχίας θα διευκολύνουν σημαντικά την εξήγηση μεταξύ λήψης αποφάσεων και περιφερειακής ενεργοποίησης των άνω άκρων σε ριπτικές και κρουστικές κινήσεις, και

3) Ο έλεγχος της απόδοσης, μέσω της ταχύτητας και της ευστοχίας, είναι αναγκαίο καθήκον σε επόμενη διερεύνηση του συγκεκριμένου θέματος, καθώς θα αναδειχθεί και η σχέση προκαταρκτικής σκέψης, μυϊκής ενεργοποίησης και τελικού αποτελέσματος.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- Enoka, R. (2007). *Αρχές εμβιομηχανικής και φυσιολογίας της κίνησης*. Εκδόσεις Πασχαλίδης.
- Hartmann, J., & Tunnemann, H. (1991). *Το Μεγάλο Βιβλίο της Δύναμης*. Εκδόσεις Salto.
- Κέλλης, Ε. (2008). *Νευρο-μηχανικές αρχές αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης*. Εκδόσεις Τελέθριο.
- Κλεισούρας, Β. (1991). *Εργομετρία: Μέτρηση της μυϊκής προσπάθειας*. Εκδόσεις Συμμετρία.
- Μπάγιος, Γ., Τσιάρα, Ι., Φινές, Λ., Μπουντόλος, Κ. (2021). *Δονησιογραφική μυϊκή ενεργοποίηση τρικέφαλου βραχιόνιου σε αντισφαίριση και Χειροσφαίριση: Πιλοτική μελέτη*. 6<sup>ο</sup> Συνέδριο Αθλητικής Επιστήμης, Γεφυρώνοντας την έρευνα με την πράξη, Προπόνηση, Απόδοση, Υγεία, 25-27 Ιουνίου, ΣΕΦΑΑ - ΕΚΠΑ.
- Μπάγιος, Ι. (1998). *Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα της μπάλας και την ευστοχία στη Χειροσφαίριση*. Διδακτορική Διατριβή, ΤΕΦΑΑ - ΕΚΠΑ.
- Τοπαλίδου Αναστασία Στανισλάβ (2009). *Βιοκινητική αξιολόγηση της άσκησης κάμψεις-εκτάσεις των άνω άκρων (push ups) από διαφορετικές αφετηρίες*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, ΤΕΦΑΑ - ΑΠΘ

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Anderson, M. (1976). *Muscle patterning in the overarm throw and tennis serve: An Electromyographic and film study of skilled and less skilled performers*. Doctoral Dissertation, University of Wisconsin, Madison.

- Atwater, A. (1970). *Movement characteristics of the overarm throw: A Kinematic analysis of men and women performers*. Doctoral Dissertation, University of Wisconsin, Madison.
- Badura, M. (2010). Biomechanical analysis of the discus at the 2009 IAAF World Championship in Athletics. *New Studies in Athletics*, 25, 23-35.
- Basmajian, J.V., & De Luca C.J. (1985). *Muscles Alive their Function Revealed by Electromyography*. Williams & Wilkins.
- Bayios, I., Georgiadis, G., & Boudolos, K. (1998). *An innovative device for measuring the accuracy of throwing in handball*. Conference ISBS Symposium, Konstanz - Germany.
- Cè, E., Rampichini, S., Limonta, E., & Esposito, F. (2013). Torque and mechanomyogram correlations during muscle relaxation: effects of fatigue and time-course of recovery. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(6), 1295-1303.
- Cole, J. P., Madhavan, G., & McLeod, K. J. (2006). *Vibromyographic quantification of voluntary isometric contractile force in the brachioradialis*. In: 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1708-1710.
- Cormie, P., McGuigan, M.R., & Newton, R.U. (2011). Developing maximal neuromuscular power. *Sports Medicine*, 41, 125-146.
- De Luca, C.J. (1997). The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 135-163.
- Escamilla, F.R., & Andrews, R.J. (2009). Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. *Sports Medicine*, 39(7), 569-90.

- Fallahi, A.A., & Jadidian, A.A. (2011). The effect of hand dimensions, hand shape and some anthropometric characteristics on handgrip strength in male grip athletes and non-athletes. *Journal of Human Kinetics*, 29, 151-159.
- Gorostiaga, E.M., Granados, C., Ibanez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 225-232.
- Heyward, V.H., & Stolarczyk, L.M. (1996). *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics (3<sup>rd</sup> ed).
- Hirashima, M., Kadota, H., Sakurai, S., Kudo, K., & Ohtsuki, T. (2002). Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *Journal of Sports Sciences*, 20, 301-310.
- Hochmuth, G. (1984). *Biomechanics of Athletic Movement*, 57-65, Sportverlag Berlin.
- Hore, J. (1996). Motor control, excitement, and overarm throwing. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 74, 385 - 389.
- Hore, J., Watt, S., & Tweed, D. (1994). Arm position constraints when throwing in three dimensions. *Journal of Neurophysiology*, 72(3), 1171-1180.
- Hussain, J., Sundaraj, K., Subramanian, I., & Lam, C. (2020). Muscle Fatigue in the Three Heads of Triceps Brachii During Intensity and Speed Variations of Triceps Push-Down Exercise. *Frontiers in Physiology*, 11, 112.
- Ibitoye, M.O., Hamzaid, N.A., Zuniga, M.J., & Wahab, A.K. (2014). Mechanomyography and muscle function assessment: a review of current state and prospects. *Clinical Biomechanics*, 29(6), 691-704.
- Islam, A., Sundaraj, K., Ahmad, B., Ahamed, N. U., & Ali, A. (2012). Mechanomyography sensors for muscle assessment: a brief review. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(12), 1359-1365.

- Kelly, T.B., Backus, I.S., Warren, F.R., & Williams, J.R. (2002). Electromyographic Analysis and Phase Definition of the Overhead Football Throw. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(6), 837-44.
- Kibler, W., Chandler, T., Shapiro, R., & Conuel, M. (2007). Muscle activation in coupled scapulohumeral motions in the high-performance tennis serve. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 745-49.
- Laffaye, G., Debanne, T., & Choukou, M.A. (2012). Is the ball velocity dependent on expertise? A multi-dimensional study in handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12, 629-642.
- Le Hanneur, M., Cambon-Binder, A., & Belkheyar, Z. (2018). Transfer of the triceps brachii to the finger and thumb extensors: anatomical study and report on one case. *Hand Surgery and Rehabilitation*, 37, 372-79.
- Lehman, G.J., MacMillan, B., MacIntyre, I., Chivers, M., & Flutter, M. (2006). Shoulder muscle EMG activity during push up variation on and off a Swiss ball. *Dynamic Medicine*, 5(7), 1-7.
- Matheson, G.O., Maffey-Ward, L., Mooney, M., Ladly, K., Fung, T., & Zhang, Y.T. (1997). Vibromyography as a quantitative measure of muscle force production. *Scandinavian Journal of Rehabilitation and Medicine*, 29(1), 29-35.
- McLeod, K., Morley, S., & Matsushima, A. (2012). Vibromyographic analysis of knee muscle imbalances in knee osteoarthritis. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 5, 190-197.
- Merletti, R., & Muceli, S. (2019). “Tutorial. Surface EMG detection in space and time: best practices,” *Journal Electromyography and Kinesiology*, 49, 102363.
- Miyashita, M., Tsunoda, T., Sakurai, S., Nishizono, H., & Mizuno, T. (1980). Muscular activities in the tennis serve and overhand throwing. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 2(2), 52-58.

- Muller, E. (1982). Zur Bewegungsübertragung bei Wurfbewegungen: Eine biokinematische und electromyographische analyse von wurfbewegungen mit handballen. *Leistungssport*, 12(4), 314-324.
- Padmanathan, Y., Pourmajidian, M., Yusoff, H., Wahab, A. K. A., Hasnan, N., Hamzaid, N. A., & Davis, G. M. (2014). *Assessment of muscle performance using vibromyography (VMG) and electromyography (EMG)*. In: 2014 IEEE 19th International Functional Electrical Stimulation Society Annual Conference (IFESS), 1-4.
- Pezarat-Correia, P., Cabri, J., Santos, P., & Veloso, A. (1995). *The modulation of the initial agonist activation (AGI) on the elbow extension of a throwing task performed at different speeds*. Book of Abstracts, XV International Society of Biomechanics, University of Jyvaskyla, 730-731.
- Pezarat-Correia, P., Veloso, A., Armada, P., Bentes, L., Coelho L., & Santos, P. (1996). *The muscular pattern in elbow ballistic extension during shot at goal in the handball*. Book of Abstracts, First Annual Congress Frontiers in Sport Science, Sport Science Faculty - University of Nice, France, 464-465.
- Renshaw, D., Bice, M., Cassidy, C., Eldridge, J., & Powell, D. (2010). A Comparison of Three Computer-based Methods Used to Determine EMG Signal Amplitude. *International Journal of Exercise Science*, 3(1), 43-48.
- Roberts, T.W. (1971). *Cinematography in Biomechanical investigation : selected topics in biomechanics*. In: Proceedings of the CIC Symposium on Biomechanics (edited by J.M. Cooper), Chicago, Athletic Institute, 41-50.
- Ross, W.D., & Marfell-Jones, J.M. (1991). *Kinanthropometry*. In: MacDougall DJ, Wenger AH, Green JH (Eds). *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign III: Human Kinetics, 175-222.
- Rousanoglou, E.N., Noutsos, K.S., Bayios, I.A., & Boudolos, K.D. (2014). Electromyographic Activation Patterns during Handball Throwing By Experts and Novices. *Journal of Athletic Enhancement*, 3(2), 1000142.

- Sakurai, S., & Ohtsuki, T. (2000). Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *Journal of Sports Science*, 18, 901-14.
- Sarver, J. J., & Seliktar, R. (2000). Study of the vibromyographic signal as a means for quantifying muscular effort. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 18(1), 33-36.
- Seminati, E., Marzari, A., Vacondio, O., & Minetti, A.E. (2015). Shoulder 3D range of motion and humerus rotation in two volleyball spike techniques: injury prevention and performance, *Sports Biomechanics*, 14(2), 216-231.
- Skoufas, D., Kotzamanidis, C., Hatzikotoylas, K., Bebestos, G., & Patikas, D. (2003). The relationship between anthropometric variables and throwing performance in handball. *Journal of Human Movement Studies*, 45, 469-484.
- Stone, K. E. (2013). *Vibromyographic assessment of upper extremity musculature during concentric and eccentric contractions*. Doctoral Dissertation, State University of New York at Binghamton.
- Tous-Fajardo, J., Moras, G., Rodriguez-Jimenez, S., Usach, R., Doutres, D.M., & Maffiuletti, N.A. (2010). Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 20, 761-766.
- Toyoshima, S., & Miyashita M. (1973). Force - velocity relation in throwing. *The Research Quarterly*, 44(1), 86-95.
- Toyoshima, S., Hoshikawa, T., Miyashita, M., & Oguri, T. (1974). *Contribution of the body parts to throwing performance*. In: Nelson R.C, Morehouse, C.A. (eds). *Biomechanics IV*. University Park Press, Baltimore.
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2006). A comparison between novices and experts of the velocity-accuracy trade-off in overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, 103, 503-514.



- Wagner, H., Buchecker, M., von Duvillard, S.P., & Müller, E. (2010). Kinematic description of elite vs. Low level players in team-handball jump throw. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9, 15-23.
- Yeung, S., & Evans, O. (1998). Relation of Vibromyographic and Electromyographic Signals during Isometric Voluntary Contraction. *Physiotherapy*, 84(11), 541-546.
- Zhang, T.Y., Frank, C.B., Rangayyan, R.M., & Bell, R.M. (1992). a comparative study of simultaneous vibromyography and electromyography with active human quadriceps. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 39(10), 1045-52.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Έγκριση Επιτροπής Ερευνητικής Δεοντολογίας και βιοηθικής.
- Το έντυπο συγκατάθεσης αθλητή.
- Τα πρωτόκολλα καταγραφής μετρήσεων EMG και σωματομετρήσεων.

## Έγκριση επιτροπής δεοντολογίας

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

### ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΒΙΟΗΘΙΚΗΣ

Δάφνη, Τετάρτη, 14 Ιουλίου 2021

Αριθμός πρωτοκόλλου έγκρισης: 1297/14-07-2021

Αγαπητέ κύριε Μπάγιο,

Η εσωτερική Επιτροπή Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, στη συνεδρίασή της στις 14-07-2021 εξέτασε την αίτησή σας από 04-07-2021, με τίτλο “«ΔΟΝΗΣΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΥΪΚΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΡΙΚΕΦΑΛΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΣΕ ΧΕΙΡΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ»” και αποφάσισε ότι η μελέτη εγκρίνεται ως έχει.

Ο συντονιστής της Επιτροπής

\*

Γρηγόρης Μπογδάνης,  
Καθηγητής ΣΕΦΑΑ, ΕΚΠΑ

\*Η υπογραφή έχει τεθεί επί του πρωτοτύπου που τηρείται στη Γραμματεία της Επιτροπής



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ “ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ  
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ”

**ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΚΑΙ ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ**

Επιστημονικός υπεύθυνος της έρευνας Μπάγιος Γαρύφαλος μεταπτυχιακός φοιτητής

**ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ**

Σας προσκαλώ να συμμετάσχετε σε έρευνα που διεξάγεται στο πλαίσιο ερευνητικού έργου στο εργαστήριο της Αθλητικής Βιομηχανικής της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Η έρευνα γίνεται υπό την επίβλεψη του κ. Νούτσου Κωνσταντίνου Επίκουρου Καθηγητή Προπονησιολογίας Χειροσφαίρισης.

Μ’ αυτές τις μετρήσεις συνεισφέρετε σημαντικά στη διεξαγωγή της έρευνας και παρακαλούμε για την εθελοντική συμμετοχή σας αφού ενημερωθείτε για την ουσία, τη σημασία και την έκταση των μετρήσεων. Ο συνολικός χρόνος για τη συμμετοχή σας στις μετρήσεις είναι περίπου μια ώρα. Η διαδικασία των μετρήσεων δεν εγκυμονεί κινδύνους τραυματισμού και διατηρείται το δικαίωμα να αποχωρήσετε ανά πάσα στιγμή. Σας διαβεβαιώνουμε ότι τα στοιχεία που θα συγκεντρωθούν από την εξέτασή σας, όπως προβλέπεται από το πρωτόκολλο της έρευνας, θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς, θα είναι ανώνυμα, ενώ θα λάβετε προσωπική γραπτή αναφορά των προσωπικών σας επιδόσεων.

**Τίτλος της εργασίας:**

**«ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ  
ΤΡΙΚΕΦΑΛΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΜΥΟΣ  
ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ»**

**Σκοπός της εργασίας:**

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής πρότασης είναι η σύγκριση της μυϊκής ενεργοποίησης του τρικέφαλου βραχιόνιου μεταξύ ρίψης της μπάλας πάνω από τον ώμο με στήριξη στη Χειροσφαίριση και στο σερβίς από στάση στην Πετοσφαίριση.

**Οφέλη που θα προκύψουν από την εργασία:**

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό βοήθημα για την οργάνωση, σχεδίαση προγραμμάτων προπόνησης στη Χειροσφαίριση και Πετοσφαίριση, με εφαρμογή κατάλληλων ασκήσεων με σκοπό τη βελτίωση της ρίψης μπάλας και του σερβίς.

**Οι δοκιμαζόμενοι θα υποβληθούν στις παρακάτω μετρήσεις.**

α) **Πρωτόκολλο καταγραφής ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών:** Οι παράμετροι οι οποίες θα μετρηθούν είναι: σωματικό ανάστημα, μήκος βραχίονα, μήκος αντιβραχίου, μήκος παλάμης, άνοιγμα παλάμης περίμετρος βραχιόνιου σε cm με ακρίβεια 0.1 cm και σωματική μάζα σε kg με ακρίβεια 0.1 kg.

β) **Πρωτόκολλο δοκιμασίας κάμψης – έκτασης αγκώνα – push up (κοινή δοκιμασία για όλο το δείγμα).** Θα περιλαμβάνει 5 προσπάθειες.

γ) **Πρωτόκολλο δοκιμασίας ρίψης της μπάλας πάνω από τον ώμο με στήριξη για τους χειροσφαιριστές και σερβίς από στάση για τους πετοσφαιριστές.** Ο κάθε αθλητής θα πραγματοποιήσει πέντε προσπάθειες ανάλογα με το άθλημα ειδίκευσής του.

Υπογραφή ερευνητή:..... Ημερομηνία.....

Τηλέφωνο..... e-mail: .....

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ**

Δηλώνω ότι διάβασα και κατανόησα το περιεχόμενο της έρευνας με τίτλο:

**«ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΡΙΚΕΦΑΛΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΜΥΟΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ»**

που διεξάγεται από το Εργαστήριο Βιομηχανικής της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Μου δόθηκε το δικαίωμα να αποφασίσω αν θα συμμετάσχω ή όχι. Να κάνω διευκρινιστικές ερωτήσεις και η συμμετοχή μου είναι εντελώς εθελοντική διατηρώντας την ανωνυμία μου. Έχω λάβει τη διαβεβαίωση ότι μπορώ να αποσυρθώ από τις μετρήσεις όποτε θελήσω.

Ονοματεπώνυμο δηλούντος (χρήση κωδικού αρχικών).....

Υπογραφή .....

Υπογραφή γονέα ή κηδεμόνα ή άλλου νόμιμου υπευθύνου  
.....

Υπογραφή ερευνητή.....

Ημερ/νία.....

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
Τ.Ε.Φ.Α.Α.

ΑΥΞΩΝ ΑΡΙΘΜΟΣ ...

**ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

ΕΠΩΝΥΜΟ..... ΟΝΟΜΑ.....

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: Οδός..... Αριθμός..... Τ.Κ. ....

Πόλη..... Τηλέφωνο κιν. ....σταθ.....

ΗΜΕΡ. ΓΕΝΝΗΣΕΩΣ \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ \_\_\_\_\_

ΕΘΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ \_\_\_\_\_ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ \_\_\_\_\_

**ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

1	Σωματικό Ανάστημα			
2	Σωματικό Βάρος			
3	Μήκος Βραχίονα			
4	Μήκος Αντιβράχιο			
5	Μήκος Παλάμης			
6	Άνοιγμα Παλάμης			
7	Περίμετρος Βραχίονα			
8	Δερματοπτυχή Τρικέφαλου			

Ημερομηνία καταγραφής των αποτελεσμάτων \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_