

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΙΤΛΟΣ

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΩ ΚΑΙ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ ΠΟΥ
ΣΥΝΤΕΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΥΘΕΩΝ ΧΤΥΠΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΥΓΜΑΧΙΑ

Του

Στυλιανού Ζακυνθινάκη

Επιβλέπων Καθηγητής

Αθανάσιος Τσιόκανος

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του
Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος
Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Έτος ολοκλήρωσης της διατριβής

2019

1

© 2018

Stylios Zakinthinakis

ALL RIGHTS RESERVED

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| Περιεχόμενα Πινάκων | 4 |
| Περιεχόμενα Διαγραμμάτων..... | 4 |
| Περιεχόμενα Εικόνων..... | 4 |
| Περίληψη..... | 5 |
| Abstract | 6 |
| Εισαγωγή | 7 |
| Σημαντικότητα της έρευνας | 9 |
| Σκοπός της έρευνας | 10 |
| 1.0 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας | 11 |
| 1.1 Η Τεχνική και η απόδοση των ευθέων χτυπημάτων..... | 11 |
| 1.2 Μυϊκή δύναμη και απόδοση των ευθέων χτυπημάτων | 13 |
| 1.3 Η ορμή των χτυπημάτων της Πυγμαχίας..... | 16 |
| 1.4 Ταχύτητα ευθέων Χτυπημάτων..... | 17 |
| 1.5 Σχέση ταχύτητας - δύναμης..... | 18 |
| 2.0 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ..... | 20 |
| 2.1 Συμμετέχοντες | 20 |
| 2.2 Διαδικασία μετρήσεων..... | 21 |
| 2.3 Υλικά και όργανα..... | 24 |
| 2.4 Στατιστική ανάλυση..... | 24 |
| 3.0 Αποτελέσματα | 26 |
| 3.1 Μετρήσεις δύναμης και ισχύος..... | 26 |
| 3.2 Χαρακτηριστικά χτυπημάτων | 27 |
| 3.3 Συσχετίσεις εξεταζόμενων μεταβλητών με τα χαρακτηριστικά των ευθέων χτυπημάτων..... | 29 |
| 4.0 Συζήτηση | 33 |
| 5.0 Περιορισμοί της έρευνας | 34 |
| 6.0 Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες | 34 |
| 8.0 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 35 |

Περιεχόμενα Πινάκων

| | |
|--|-----|
| Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων | 20 |
| Πίνακας 2. Δοκιμασίες δύναμης και ισχύος άνω και κάτω άκρων..... | 26 |
| Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά χτυπημάτων | 277 |

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

| | |
|---|---|
| Διάγραμμα 1. Διαφορά δύναμης πίσω και μπροστινού ευθέος χτυπήματος | 308 |
| Διάγραμμα 2. Διάγραμμα συσχέτισης δύναμης μπροστινού χτυπήματος και ΡΑΔ..... | 300 |
| Διάγραμμα 3. Διάγραμμα συσχέτισης δύναμης πίσω χτυπήματος και ΡΑΔ | 310 |
| Διάγραμμα 4. Διάγραμμα συσχέτισης χρόνου κρούσης μέχρι τη μέγιστη δύναμη και δύναμης πίσω χτυπήματος | 311 |
| Διάγραμμα 5. Διάγραμμα συσχέτισης χρόνου κρούσης μέχρι τη μέγιστη δύναμη και δύναμης μπροστινού χτυπήματος..... | 321 |
| Διάγραμμα 6. Διάγραμμα συσχέτισης προπονητικής ηλικίας και δύναμης χτυπημάτων..... | 322 |
| Διάγραμμα 7. Διάγραμμα συσχέτισης δύναμης χειρολαβής και ΡΑΔ | Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης. 32 |

Περιεχόμενα Εικόνων

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 1. Μπροστινό ευθύ χτύπημα σε αριστερή στάση μάχης..... | 122 |
| Εικόνα 2. Μπροστινό ευθύ χτύπημα σε δεξιά στάση μάχης | 122 |
| Εικόνα 3. Προσαρμοσμένο δυναμοδάπεδο BERTEC (πλάγια όψη) | 233 |
| Εικόνα 4. Προσαρμοσμένο Δυναμοδάπεδο BERTEC (μπροστινή όψη) | 233 |

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη των παραμέτρων της μυϊκής δύναμης και ισχύος των άνω και κάτω άκρων, αλλά και σωματομετρικών χαρακτηριστικών των αθλητών πυγμαχίας, που συντελούν στην παραγωγή ισχυρών ευθέων χτυπημάτων. Στη μελέτη συμμετείχαν 15 ερασιτέχνες πυγμαχοί (ηλικίας 25.7 ± 7.6 ετών, προπονητικής ηλικίας 4.2 ± 3.8 ετών σωματικής μάζας 78.3 ± 7.8 kg, αναστήματος 178 ± 5 cm και με άνοιγμα χεριών 181 ± 5 cm). Οι δοκιμαζόμενοι αφού μετρήθηκαν στη δύναμη χειρολαβής και των δύο χεριών, στη 1 R.M. των χεριών σε πιέσεις πάγκου και στο κάθετο άλμα (CMJ), υποβλήθηκαν σε μέτρηση της ισχύος των ευθέων χτυπημάτων σε προσαρμοσμένο δυναμοδάπεδο BERTEC. Υπολογίστηκε η μέγιστη κορύφωση (peak) της δύναμης των χτυπημάτων, ο χρόνος μέχρι τη μέγιστη κορύφωση της δύναμης κατά την κρούση, ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης και η ταχύτητα κίνησης του χεριού (μέσω κινηματικής ανάλυσης) για τα χτυπήματα με το μπροστινό και πίσω χέρι. Η κορύφωση της δύναμης ήταν 3037 ± 748 N και 2074 ± 489 N, ο χρόνος μέχρι τη μέγιστη κορύφωση 10.9 ± 2.3 ms και 11.1 ± 1.7 ms, ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης 299.3 ± 113.4 N/ms και 194.5 ± 68.0 N/ms και η ταχύτητα του χεριού 9.21 ± 1 m/s και 9.22 ± 0.9 m/s για το χτύπημα με το πίσω και μπροστινό χέρι αντίστοιχα. Η δύναμη (peak) των χτυπημάτων συσχετίσθηκε αρνητικά με το χρόνο κορύφωσης της δύναμης ($r = -0.46$ και -0.66) και θετικά με την προπονητική ηλικία ($r = 0.40$ και 0.69) και ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης συσχετίσθηκε με τη δύναμη χειρολαβής ($r = 0.55$). Θετική ήταν και η συσχέτιση της ταχύτητας κίνησης του χεριού με την προπονητική ηλικία ($r = 0.56$). Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι ένα ισχυρό χτύπημα πρέπει να γίνεται όσο γίνεται πιο εκρηκτικά και ότι σπουδαίο ρόλο παίζει η προπονητική εμπειρία, κάτι που ίσως να μεταφράζεται στην επίτευξη υψηλού βαθμού τεχνικής εκτέλεσης.

Λέξεις κλειδιά: Πυγμαχία, *ισχύς ευθέων χτυπημάτων, ταχύτητα ευθέων χτυπημάτων*

Abstract

UPPER AND LOWER LIMBS MUSCLE POWER AND STRENGTH CORRELATED WITH BOXERS STRAIGHT PUNCHES HIGH PERFORMANCE

The aim of this research was to study the parameters of muscle strength and power of the upper and lower limbs, as well as the somatometric characteristics of the boxing athletes, which contribute to the production of powerful and fast direct punches. In this research participated 15 amateur boxers (with body mass $78,3 \pm 7,8$ kg, height $1,78 \pm 5$ cm, boxing experience $4,2 \pm 3$ years, age $25,7 \pm 7,6$ years and arm span 181 ± 5 cm). We examined the maximum handgrip strength for both hands, bench press 1RM, countermovement jump, punches maximum force, rate of force development, the time till punches's peak force (using a BERTEC force plate) and punches's average speed (by kinematic analysis) for lead and rear straight punch. The punches force peak was 3037 ± 748 N and 2074 ± 489 N, the time to maximum peak 10.9 ± 2.3 ms and 11.1 ± 1.7 ms, the rate of force development 299.3 ± 113.4 N/ms and 194.5 ± 68.0 N/ms; and the hand velocity 9.21 ± 1 m/s and 9.22 ± 0.9 m/s for the rear and lead straight punch respectively. The peak force of the punch was negatively correlated with the time to maximum force peak ($r = -0.46$ and -0.66) and positively with the training age ($r = 0.40$ and 0.69), and the rate of force development was correlated with the handgrip strength ($r = 0.55$). Positive was also the correlation of the hand movement velocity with the training age ($r = 0.56$). As a conclusion, a powerful boxing punch must be as explosive as possible, and boxers' training experience plays a major role, which could be translated into a high level of technical execution.

Keywords: *Boxing, straight punch force, straight punch velocity*

Εισαγωγή

Η πυγμαχία είναι ένα μαχητικό άθλημα, που αναφέρεται ιστορικά ότι υπήρχε στους αρχαίους Ολυμπιακούς Αγώνες, στα βαρέα αθλήματα, από το 776 π.Χ. (Pleket, 2004). Στους σύγχρονους Ολυμπιακούς Αγώνες, η πυγμαχία επανήλθε από το 1904 στο ST. Louis της Αμερικής. Οι συμμετέχοντες αθλητές αγωνιστήκαν σε 7 κατηγορίες σωματικού βάρους. Στο άθλημα της πυγμαχίας οι άνδρες και οι γυναίκες αγωνίζονται ανά κατηγορίες βάρους. Αναλυτικά, υπάρχουν 10 κατηγορίες σωματικού βάρους για τους άνδρες από 49 έως 91+ κιλά, ενώ για τις γυναίκες υπάρχουν επίσης 10 κατηγορίες βάρους που αρχίζουν από τα 46 κιλά και φτάνουν μέχρι τα 81+ κιλά. Οι άνδρες πυγμαχοί αγωνίζονται για 3 γύρους των 3 λεπτών με 1 λεπτό διάλειμμα ανάμεσα στους γύρους, ενώ οι γυναίκες αγωνίζονται για 4 γύρους των 2 λεπτών με ένα επίσης λεπτό διάλειμμα ανάμεσα στους γύρους. Οι γυναίκες, οι παγκορασίδες, οι κορασίδες, οι παμπαιίδες και οι έφηβοι άνδρες αγωνίζονται με προστατευτική κάσκα, ενώ οι άνδρες και οι ελίτ άνδρες δεν αγωνίζονται με κάσκα. Οι προστατευτικές κάσκες φαίνεται πως έχουν ενεργό ρόλο στην πυγμαχία, αφού από έρευνες φαίνεται πως παρέχουν σημαντική προστασία στους αθλητές και στις αθλήτριες. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (McIntosh & Patton, 2015) οι προστατευτικές κάσκες παρέχουν προστασία στους αθλητές κατά την προπόνηση και τους αγώνες και μειώνουν τον κίνδυνο διάσεισης. Αναλυτικότερα, οι κάσκες μειώνουν τη γωνιακή επιτάχυνση που δέχεται το κεφάλι σχεδόν στο μισό. Επίσης, επισημαίνεται πως η κάσκα συμμετέχει πιο ενεργά στην προστασία του κεφαλιού, στα «γρήγορα» χτυπήματα ταχύτητας (5-9 m/s).

Για να καταφέρει ένας αθλητής να κερδίσει έναν αγώνα πυγμαχίας θα πρέπει να χρησιμοποιήσει την κατάλληλη τακτική, να χτυπήσει τον αντίπαλό του και να μην δεχτεί χτυπήματα από αυτόν. Σύμφωνα με τους Dunn, Humberstone, Fiona Iredale, Martin, & Blazevich (2017), από έρευνα που έκαναν με 26 πυγμάχους κατηγορίας ελίτ, φάνηκε πως οι νικητές χτυπούν περισσότερο σε όλους τους γύρους του αγώνα και ειδικά στον πρώτο γύρο. Ακόμα οι νικητές φαίνεται να αστοχούν λιγότερο σε σχέση με τους ηττημένους στο δεύτερο γύρο του αγώνα, ενώ τα συνολικά χτυπήματα (που βρίσκουν στόχο ή όχι) και οι αμυντικές κινήσεις δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά. Επίσης, στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι οι νικητές κινούνται στο χώρο του ρινγκ περισσότερο και αφήνουν την μαχητική τους στάση περισσότερο χρόνο σε σχέση με τους ηττημένους. Και ακόμη, ότι οι νικητές έχουν την ικανότητα να διαπερνούν τις άμυνες του αντιπάλου τους και να χτυπούν το στόχο τους με ακρίβεια. Σύμφωνα με τον El Ashker (2012) οι συμμετέχοντες στην έρευνά του πυγμάχοι που προπονήθηκαν με σύνθετες κινητικές δεξιότητες είχαν καλύτερα αποτελέσματα κατά 65% από τους αντίστοιχους που προπονήθηκαν με απλές κινητικές δεξιότητες.

Πέρα όμως από την τακτική και τη στρατηγική που ακολουθούν οι πυγμάχοι, η πυγμαχία είναι ένα απαιτητικό άθλημα, χρειάζεται πολύ καλή φυσική κατάσταση και έχει μεγάλες μεταβολικές απαιτήσεις. Το άθλημα αυτό απαιτεί την παραγωγή ισχύος από τα άνω και κάτω άκρα σε μικρής χρονικής διάρκειας κινήσεις, πολλές φορές μέσα στους 3 τρίλεπτους γύρους.

Στα μαχητικά αθλήματα, έτσι και στην πυγμαχία, φαίνεται πως σημαντικό ρόλο παίζουν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, η ταχύτητα, η δύναμη και η παραγόμενη ισχύς (Busko, 2016). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία σημαντικό ρόλο στην ισχύ ενός χτυπήματος συμβάλλουν τα κάτω άκρα, ο κορμός και τα άνω άκρα (Chaabène et al., 2015). Επίσης τονίζεται ότι η αποτελεσματικότητα και η καλή επίδοση ενός αθλητή εξαρτάται από την

παραγωγή της ισχύος των άνω και κάτω άκρων. Τα χτυπήματα αναφέρονται ως σύντομες δυναμικές κινήσεις που η ισχύς τους εξαρτάται από τους προαναφερόμενους παράγοντες και που το μέγεθός της (της ισχύος) θα οδηγήσει τον πυγμάχο στη νίκη.

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω φαίνεται πως η φυσική κατάσταση και ειδικότερα η μυϊκή δύναμη είναι πολύ σημαντική για την παραγωγή ικανοποιητικής ισχύος στο ευθύ χτύπημα.

Σημαντικότητα της έρευνας

Τα ευθέα χτυπήματα στην πυγμαχία είναι πολύ σημαντικά και πολλοί αθλητές βασίζουν την τεχνική αλλά και τη στρατηγική τους σε αυτά. Συνήθως αθλητές με μεγάλο ανάστημα και μακρά άνω άκρα στηρίζουν την στρατηγική τους στα ευθέα χτυπήματα.

Η τεχνική και η στάση τους σώματος στο άθλημα της πυγμαχίας, γνωρίζουμε ότι συμβάλλει στην πραγματοποίηση ισχυρών χτυπημάτων. Κατανοούμε όμως, ότι πέρα από την τεχνική και τη στρατηγική, η φυσική κατάσταση διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στην απόδοση και την επιτυχία του αθλητή. Η μυϊκή δύναμη είναι σημαντική στο άθλημα της πυγμαχίας, αφού μέσω αυτής οι αθλητές θα είναι ικανοί να πραγματοποιήσουν ισχυρά χτυπήματα. Επίσης η ταχύτητα των χτυπημάτων είναι πολύ σημαντική για τον αιφνιδιασμό του αντιπάλου, αλλά και για την ανάπτυξη μεγάλης ορμής στο χτύπημα.

Γνωρίζοντας λοιπόν ότι η φυσική κατάσταση συμβάλλει στην απόδοση των πυγμάχων, είναι πολύ σημαντικό, λόγω των ελάχιστων βιβλιογραφικών αναφορών, να γίνει η μελέτη των παραγόντων της φυσικής κατάστασης και των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των αθλητών της πυγμαχίας σε συνδυασμό με τη μέτρηση της δύναμης και της ταχύτητας των ευθέων χτυπημάτων, κάτι που θα

βοηθήσει στην κατανόηση των παραγόντων που συμβάλλουν αποφασιστικά στην πραγματοποίηση ενός ισχυρού και γρήγορου χτυπήματος.

Σκοπός της έρευνας

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η διερεύνηση των παραγόντων της μυϊκής δύναμης και ισχύος των άνω και κάτω άκρων, αλλά και των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των αθλητών πυγμαχίας και πως αυτά σχετίζονται με τη δύναμη και την ταχύτητα των ευθέων χτυπημάτων της πυγμαχίας.

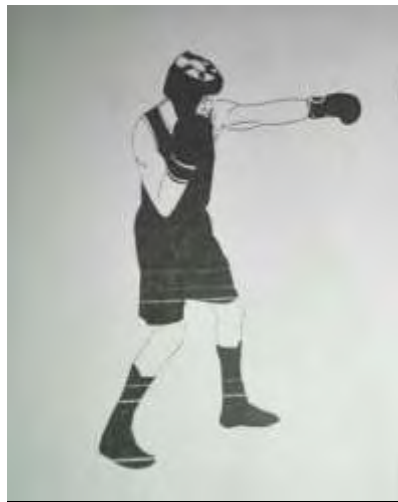
1.0 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

1.1 Η Τεχνική και απόδοση των ευθέων χτυπημάτων

Η στάση του σώματος και η τεχνική στο ευθέων χτύπημα, είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες για την παραγωγή ικανοποιητικής δύναμης. Σύμφωνα με τους Tong-lam, Rachanavy, & Lawsirirat (2017) το ευθύ χτύπημα χωρίζεται σε 3 στάδια: 1) Αρχική θέση μάχης, 2) Μεταφορά βάρους (από το πίσω πόδι προς τα εμπρός), 3) Βάρος στο μπροστινό πόδι και έκταση του χεριού - ώμου. Σε αυτή τη μελέτη παρατηρήθηκε πως η πιο κρίσιμη στιγμή του ευθέος χτυπήματος είναι η τρίτη φάση του. Εκεί κρίνεται η ισχύς ενός χτυπήματος. Ακόμα, σε αυτή την φάση του ευθέος χτυπήματος, οι πυγμαχάχοι μέσω της στροφής της μέσης μεταφέρουν τη δύναμη αντίδρασης του εδάφους στο ευθύ χτύπημά τους. Στη συγκεκριμένη μελέτη παρατηρήθηκε πως η μέση δεν κινήθηκε στην αρχή του χτυπήματος, ενώ άρχισε να δραστηριοποιείται μετά το 70% της ολοκλήρωσης του χτυπήματος. Η γωνιακή ταχύτητα αυξανόταν μετά το 80% του χτυπήματος, και εκεί οι αθλητές επιτάχυναν τη στροφή της μέσης τους μέχρι την ολοκλήρωση του χτυπήματος.

Έτσι, βλέπουμε ότι η τεχνική διαδραματίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην ισχύ των χτυπημάτων. Μια άλλη μελέτη (Halperin, Chapman, Martin, Lewthwaite, & Wulf, 2017), που πραγματοποιήθηκε σε Kick boxers που εκτέλεσαν χτυπήματα πυγμαχίας με την τεχνική του αθλήματος της πυγμαχίας, οδήγησε στο συμπέρασμα πως όταν οι αθλητές έχουν τη δυνατότητα της επιλογής του χτυπήματος έχουν καλύτερο αποτέλεσμα τόσο στη δύναμη όσο και στην ταχύτητα του χτυπήματος. Στην πρώτη φάση της μελέτης που ο συμμετέχων ήταν ένας αθλητής υψηλού επιπέδου, όσο και στη δεύτερη που

συμμετείχαν 13 αθλητές του ίδιου αθλήματος, όταν αυτοί χτύπησαν τον στόχο, επιλέγοντας τον τρόπο με τον οποίο θα χτυπήσουν ένα ευθύ χτύπημα, υπήρξαν καλύτερα αποτελέσματα στη δύναμη και στην ταχύτητα. Αναλυτικά, υπήρξε 8% καλύτερη ταχύτητα στο μπροστινό ευθύ και 4% στο πίσω ευθύ χτύπημα, ενώ η ισχύς του μπροστινού ευθέος χτυπήματος βελτιώθηκε κατά 8% και του πίσω κατά 6%. Επίσης η μελέτη κατέληξε στο ότι μέσω της κινητικής μάθησης και ενός ελεγχόμενου προγράμματος τεχνικής μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση των χτυπημάτων.



Εικόνα 1. Μπροστινό ευθύ χτύπημα σε αριστερή στάση μάχης



Εικόνα 2. Μπροστινό ευθύ χτύπημα σε δεξιά στάση μάχης

1.2 Μυϊκή Δύναμη και η απόδοση των ευθέων χτυπημάτων

Η μυϊκή δύναμη είναι πολύ σημαντική στον αθλητισμό, ειδικά στην πυγμαχία, αφού μέσω αυτής οι αθλητές είναι ικανοί να παράγουν ισχυρά ευθέα χτυπήματα. Γενικότερα, η ισομετρική δύναμη και η δύναμη χειρολαβής είναι πολύ σημαντικές για έναν πυγμάχο, διότι αποτελούν ένα δείκτη που συνδέεται με τη δύναμη των άνω άκρων (García, Harasymowicz, Viramontes, Órdenes, & Vázquez, 2010). Η δύναμη χειρολαβής στους πυγμάχους σύμφωνα με τους Guidetti, Musulin, & Baldari (2002) είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης της δύναμης των άνω άκρων και από την έρευνά τους προκύπτει ότι έχει υψηλή συσχέτιση ($r=0,87$) με την κατάταξη των πυγμάχων στην παγκόσμια ομοσπονδία AIBA. Τέλος υποστηρίζουν ότι η μυϊκή δύναμη, ένας από τους παράγοντες που συνδέεται με την καλή επίδοση στο άθλημα της πυγμαχίας, συσχετίζεται με τη δύναμη χειρολαβής. Σύμφωνα με τους (Charísson, Amarantini, Baurès, Berton, & Vigouroux, 2017) η δύναμη χειρολαβής μας τονίζει τη σημασία για τον έλεγχο αγωνιστή – ανταγωνιστή των άνω άκρων και μας δείχνει επίσης τη λειτουργική σημασία των ανταγωνιστών μυών για τον έλεγχο της μυϊκής δύναμης. Ακόμα, έχει παρατηρηθεί θετική συσχέτιση της άλιπης μάζας σώματος και της δύναμης χειρολαβής. Τέλος, η ειδική προπόνηση αύξησης της άλιπης μάζας αυξάνει τις τιμές στη δύναμη χειρολαβής (Rukadikar, Mali, Rukadikar, & Mundewadi, 2017). Επίσης, σύμφωνα με τους Rutherford & Jones (1986) σημαντικό ρόλο για την παραγωγή της δύναμης διαδραματίζει η συνεργασία των αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών, έτσι ώστε να υπάρχει σταθεροποίηση στις αρθρώσεις και γενικά στο σώμα. Ακόμα πρέπει να γνωρίζουμε ότι μέσω ειδικών ασκήσεων δύναμης - ισχύος υπάρχει καλύτερο αποτέλεσμα στην παραγωγή ισχύος. Τα κάθετα άλματα είναι μια δοκιμασία η οποία μπορεί να φανεί χρήσιμη για πολλά αθλήματα. Σύμφωνα με τους Vanezis & Lees (2005) η καλή επίδοση ενός κάθετου άλματος

οφείλεται στην καλύτερη εφαρμογή της δύναμης των κάτω άκρων. Ακόμα τονίζεται ότι η μυϊκή δύναμη και η παραγωγή ισχύος των κάτω άκρων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο για την επίδοση του κάθετου άλματος.

Οι ελίτ πυγμάχοι, έχει παρατηρηθεί ότι στην πλειονότητά τους είναι μεσόμορφοι έχουν ανεπτυγμένη μυϊκή μάζα και χαμηλά ποσοστά σωματικού λίπους (Chaabène et al., 2015). Στο άθλημα της πυγμαχίας παρατηρείται ότι η ισχύς των χτυπημάτων αυξάνεται όσο μεγαλώνει η προπονητική ηλικία. Επίσης το πίσω χέρι είναι δυνατότερο από το μπροστινό χέρι (Smith, Dyson, Hale, & Janaway, 2000). Σύμφωνα με τον Smith (2006) βλέπουμε πως το πίσω ευθύ χτύπημα στο κεφάλι και στο σώμα είναι πιο δυνατό σε σχέση με το μπροστινό ευθύ χτύπημα με τιμές *Lead hand head* ($1722 \pm 700N$) *Lead hand Body* ($1688 \pm 636N$) και *Rear hand Head* ($2633 \pm 127N$), *Read Hand Body* ($2414 \pm 716N$). Σύμφωνα με τον Viano (2005) φαίνεται πως η ισχύς των ευθέων χτυπημάτων είναι μεγαλύτερη όσο αυξάνεται η κατηγορία τους σωματικού βάρους. Αναλυτικότερα, οι πυγμάχοι χτυπούν τα ευθέα τους χτυπήματα με μεγάλη ταχύτητα και μεταφέρουν ενέργεια που γίνεται μεγαλύτερη όσο αυξάνεται η κατηγορία βάρους. Τέλος, όπως προκύπτει από την ίδια έρευνα, στην κατηγορία μέσων βαρών η ισχύς του χτυπήματος ήταν 2525 N ενώ στην βαρέων βαρών ήταν 4345 N. Σύμφωνα με τους (I. Loturco et al. (2016), στη μελέτη τους, σε 15 Βραζιλιάνους αθλητές της εθνικής ομάδας (9 άνδρες, 6 γυναίκες), παρατηρήθηκε πως η ισχύς των χτυπημάτων στην πυγμαχία έχει υψηλή συσχέτιση (0,67-0,85) με νευρομυϊκούς παράγοντες και παράγοντες δύναμης και ισχύος των άνω και των κάτω άκρων. Τα χτυπήματα της πυγμαχίας βρέθηκε πως είχαν μεγάλες συσχετίσεις με τα τεστ της δύναμης και της ισομετρικής δύναμης των άνω και κάτω άκρων. Ακόμα, η απόδοση των αλμάτων είχε υψηλή θετική συσχέτιση με την ισχύ και την ισομετρική δύναμη των κάτω άκρων. Διαφορά παρατηρήθηκε στη δύναμη

των ευθέων χτυπημάτων ανάμεσα στους άνδρες και τις γυναίκες, με την ομάδα των γυναικών να έχει μικρότερη απόδοση. Για την παραγωγή ικανοποιητικής ισχύος ευθέως χτυπήματος, όπως αναφέρουν οι Lenetsky, Harris, & Brughelli (2013), θα πρέπει τα άνω και κάτω άκρα να είναι ισχυρά. Επίσης η μυϊκή δύναμη του κορμού του αθλητή είναι εξίσου σημαντική. Σύμφωνα με αυτούς, η δύναμη του χτυπήματος πετυχαίνεται με την ενδυνάμωση άνω και κάτω άκρων, επίσης με την ενδυνάμωση και τη σταθεροποίηση του κορμού. Σύμφωνα με τους Filimonov, Koptsev, Husyanov, & Nazarov (1985) οι πυγμάχοι θα πρέπει να βελτιώσουν την ακολουθία του σώματός τους κατά το χτύπημα στα τρία μέρη του χτυπήματος: (1. Ωθηση από το πόδι, 2. Περιστροφή κορμού, 3. Έκταση του ώμου-χεριού). Ακόμα, οι πυγμάχοι θα πρέπει να προπονούνται έτσι ώστε να παράγουν ισχύ και εκρηκτική δύναμη. Σε αυτή την έρευνα βλέπουμε πως η συμβολή των κάτω άκρων σε μεγάλης, μέτριας και μικρής προπονητικής εμπειρίας αθλητές ήταν αντίστοιχα 38,6%, 32,2% και 16,51%. Παράλληλα η συμμετοχή του κορμού για τις 3 ομάδες ήταν 37,42% για τους έμπειρους, 41,84% για τους μέτριας εμπειρίας και 45,5% για τους άπειρους, η έκταση του ώμου - χεριού ήταν αντίστοιχα 24,12%, 25,94% και 37,99% για έμπειρους, μέτριους και άπειρους αθλητές. Από την ίδια έρευνα προκύπτει επίσης πως όσο μεγαλώνει η προπονητική ηλικία του αθλητή βελτιώνεται ο συντονισμός κάτω άκρων, κορμού και χεριού, βελτιώνοντας τη συμμετοχή των ποδιών για την παραγωγή ενός δυνατού χτυπήματος. Σύμφωνα με τους Markovic, Suzovic, Kasum, & Jaric (2016) παρέμβαση 6 εβδομάδων σε αθλητές μαχητικών αθλημάτων (kick μποξ, πυγμαχία, σαβάτε), εκτελώντας 15 λεπτά την ημέρα ευθύ μπροστινό χτύπημα με την αντίσταση ελαστικών ιμάντων, είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ταχύτητας του μπροστινού χτυπήματος. Επίσης, οι ίδιοι υποστηρίζουν ότι η παρέμβαση βελτίωσε τη μυϊκή δύναμη των αγωνιστών μυών (7-11%), αλλά όχι των

ανταγωνιστών μυών. Επίσης, η αύξηση της δύναμης και ταχύτητας του χτυπήματος μπορεί να οφείλεται στην αύξηση του εύρους κίνησης της λεκάνης.

Έτσι βλέπουμε πως σημαντικό ρόλο στην αθλητική κίνηση του ευθέως χτυπήματος στην πυγμαχία διαδραματίζει η παραγόμενη μυϊκή δύναμη, η νευρομυϊκή συναρμογή και ο μεσομυϊκός συντονισμός. Επίσης, από την έρευνα των Pedzich, Mastalerz, & Sadowski (2012) σε αθλητές Ταε κβον ντο WTF και ITF και πυγμάχους, προκύπτει πως οι πυγμάχοι έχουν τη μεγαλύτερη σχετική ροπή στους μυς των άνω άκρων, στο δεξί άνω άκρο όσο και στο αριστερό, με τιμές ($4,8 \pm 0,6$ Nm/kg) και ($4,9 \pm 0,6$ Nm/kg) αντίστοιχα.

1.3 Η ορμή των χτυπημάτων της Πυγμαχίας

Στα χτυπήματα της πυγμαχίας σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η δραστική μάζα (effective mass), δηλαδή οι αθλητές να χτυπούν με τρόπο ώστε να ενεργοποιούν πολλές μυϊκές ομάδες, να κινητοποιούν μεγάλη μάζα, ώστε να παράγουν μεγάλη ορμή (Lenetsky, Nates, Brughelli, & Harris, 2015). Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούν την δραστική μάζα (effective mass) είναι ο κύριος λόγος όπου οι αθλητές πολεμικών τεχνών ξεχωρίζουν στην ισχύ και ταχύτητα των χτυπημάτων τους από αυτούς που δεν έχουν ενασχόληση με πολεμικές τέχνες (Pinto Neto, Magini, & Saba, 2007). Από τη μελέτη των Giovanni & Nikolaidis (2012) παρατηρήθηκε συσχέτιση της P_{max} των κάτω άκρων και της P_{max} των άνω άκρων. Από την ίδια μελέτη προκύπτει ότι το P_{max} των κάτω άκρων εξηγεί το 49% του P_{max} των άνω άκρων. Σύμφωνα με την μελέτη των Aşçi & Aşıkada (2007) η γραμμική ορμή σχετίζεται με τη μέγιστη δύναμη. Ακόμα, τονίζεται ότι η μέγιστη γραμμική ορμή μπορεί να επηρεάζεται περισσότερο από ειδικές ασκήσεις, λόγω των

νευρομυϊκών προσαρμογών σε αθλητές με ίδια προπονητική ηλικία, διαφορετικών αθλημάτων. Από την έρευνα των Nakano, Iino, Imura, & Kojima (2014) σε πυγμάχους, όπου χτυπούσαν το πίσω τους χέρι σε κινούμενο στόχο, παρατηρήθηκε πως η μείωση της ορμής του άκρου που εκτελούσε χτύπημα ήταν 95% λόγω της ώθησης. Ακόμα η συσχέτιση που παρατηρήθηκε ανάμεσα στην ορμή του χτυπήματος και τη μέγιστη ισχύ του ήταν 0,92. Τέλος προέκυψε ότι αν αυξηθεί η ταχύτητα του χεριού που χτυπά το στόχο και όχι του υπόλοιπου σώματος θα αυξηθεί σημαντικά η ώθηση και η δύναμη του χτυπήματος.

1.4 Ταχύτητα ευθέων Χτυπημάτων

Από την έρευνα των Kimm & Thiel (2015) σε 16 πυγμάχους, 10 άνδρες και 6 γυναίκες, προκύπτει πως η ταχύτητα των ευθέων μπροστινών χτυπημάτων είναι μεγαλύτερη από τα κροσέ χτυπήματα, με τιμές για τα ευθέα $8,1 \pm 1,4$ για τους άνδρες και $6,6 \pm 1,6$ για τις γυναίκες. Επίσης η ταχύτητα των ευθέων χτυπημάτων συσχετίζεται με την προπονητική ηλικία ($r=0,56$), αλλά και με την χρονολογική ηλικία, με τις καλύτερες επιδόσεις σε ταχύτητα χτυπημάτων ανάμεσα στα 20-30 έτη. Τέλος παρατηρείται συσχέτιση ανάμεσα στο άνοιγμα των χεριών και στην ταχύτητα των χτυπημάτων, διότι υπάρχει περισσότερος χρόνος στα μακρά άκρα να αναπτύξουν επιτάχυνση. Σύμφωνα με τον Viano (2005) οι πυγμάχοι χτυπούν τα ευθεία χτυπήματα με ταχύτητα $9,14 \pm 2,06$ m/s και δεν παρατηρείται συσχέτιση με την ταχύτητα των χτυπημάτων και την κατηγορία του σωματικού βάρους. Σύμφωνα με τη μελέτη των Piorkowski, Lees, & Barton (2011) τα ευθεία χτυπήματα φτάνουν πιο γρήγορα στο στόχο τους από τα κροσέ. Είναι δηλαδή πιο γρήγορα. Παρατηρήθηκε πως τα κροσέ έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα επαφής σε σχέση με τα ευθέα. Τέλος, τονίζεται ότι ένα «μονό» χτύπημα έχει μεγαλύτερη ταχύτητα επαφής

σε σχέση με ένα χτύπημα που προέρχεται από ένα συνδυασμό χτυπημάτων, ενώ το χτύπημα από ένα συνδυασμό χτυπημάτων θα είναι πιο γρήγορο από ένα «μονό» χτύπημα. Ακόμα σύμφωνα με τη μελέτη των Nakano et al. (2014), όπου κολεγιακοί αθλητές πυγμαχίας εκτέλεσαν ευθέα χτυπήματα με το πίσω χέρι, η ταχύτητα ήταν 8,7 m/s ενώ ο χρόνος της πρόσκρουσης ήταν $0,022 \pm 0,001$ s. Επίσης ο συνολικός χρόνος της κρούσης μέχρι τη μέγιστη δύναμη των ευθέων χτυπημάτων διήρκεσε 13ms (Viano, 2005).

1.5 Σχέση ταχύτητας-δύναμης

Σύμφωνα με τη μελέτη των I. Loturco, Artioli, Kobal, Gil, & Franchini (2014), σε αθλητές καράτε (άνδρες και γυναίκες) οι οποίοι εκτέλεσαν χτύπημα με παρόμοια τεχνική πυγμαχικού χτυπήματος, παρατηρήθηκε πως υπάρχουν θετικές συσχετίσεις ανάμεσα στην επιτάχυνση των χτυπημάτων και τους παράγοντες δύναμη και ισχύος των άνω και κάτω άκρων. Οι Turner, Baker, & Miller (2011) εξηγούν ότι η βελτίωση της ταχύτητας των χτυπημάτων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της πλειομετρικής και βαλλιστικής προπόνησης, όπως για παράδειγμα με τη ρίψη medicine ball, που έχει ως στόχο τη βελτίωσης του RFD (rate of force development). Επίσης μέσω της βαλλιστικής προπόνησης αυξάνεται και η επιτάχυνση των χτυπημάτων. Οι Dinn & Behm (2007) υποστηρίζουν ότι, λόγω των κινηματικών χαρακτηριστικών της πυγμαχίας και άλλων πολεμικών τεχνών, ο καλύτερος τρόπος προπόνησης για τη βελτίωση της ταχύτητας των χτυπημάτων είναι με ειδικές ασκήσεις με ελαστικούς ιμάντες, αφού, μέσω της αυτής της μεθόδου προπόνησης, αυξήθηκε η ταχύτητα της ειδικής αθλητικής κίνησης. Σύμφωνα με τους Čerulenas, Bružas, Mockus, & Subačius (2011) η παρέμβαση 4

εβδομάδων σε 10 αθλητές της Λιθουανικής εθνική ομάδας πυγμαχίας, η προπόνηση φυσικής κατάστασης με 40% γενικές και 60% ειδικές ασκήσεις (πλειομετρικές, βαλλιστικές και ασκήσεις ενδυνάμωσης), με την εκτέλεση των εκάστοτε ασκήσεων με ροπή προς την ταχύτητα ή τη μέγιστη δύναμη, ανάλογα του στόχου που είχε τεθεί, έφερε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση στη δύναμη, την εκρηκτική δύναμη και την ταχύτητα των ευθέων χτυπημάτων. Σύμφωνα όμως με τους Bruzas, Kamandulis, Venckunas, Snieckus, & Mockus (2018) η παρέμβαση 4 εβδομάδων με πλειομετρική προπόνηση σε αθλητές πυγμαχίας με επιπρόσθετα βάρη δεν έφερε ως αποτέλεσμα τη στατιστική διαφορά στη μέγιστη δύναμη των χτυπημάτων ή στη συχνότητα των χτυπημάτων, αλλά διατήρησε τη δύναμη των χτυπημάτων. Η αύξηση της δύναμης των κάτω άκρων έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της παραγόμενης ισχύος, τη βελτίωση των σπριντ, αλλά επίσης και τη βελτίωση στα κάθετα άλματα (Comfort, Stewart, Bloom, & Clarkson, 2014). Σύμφωνα με την έρευνα των Otero-Esquina, de Hoyo Lora, Gonzalo-Skok, Domínguez-Cobo, & Sánchez (2017), που πραγματοποίησαν σε ποδοσφαιριστές με συνδυαστική προπόνηση ενδυνάμωσης (πλειομετρικές, καθίσματα, κάμψεις δικεφάλων μηριαίων), παρατηρήθηκαν τα εξής: Η ομάδα 1 εφάρμοσε την προπόνηση αυτή 1 φορά / εβδομάδα, ενώ η ομάδα 2 την εφάρμοσε 2 φορές / εβδομάδα. Μετά το πέρας 7 εβδομάδων προπόνησης παρατηρήθηκε βελτίωση στα σπριντ 10 και 20 μέτρων, με την ομάδα 2 να έχει καλύτερα αποτελέσματα. Προέκυψε ότι, με αυτού του είδους συνδυαστική προπόνηση ενδυνάμωσης, υπάρχει βελτίωση στην ταχύτητα (σπριντ) και στα άλματα, ανεξάρτητα της συχνότητας μέσα στην εβδομάδα. Σύμφωνα με τους RamiRez-Campillo, Andrade, & Izquierdo (2013) η πλειομετρική προπόνηση 7 εβδομάδων σε απροπόνητους ενήλικες άνδρες έφερε σημαντική βελτίωση στα σπριντ. Σύμφωνα με τους Freeston, Carter, Whitaker, Nicholls, & Rooney (2016) στο άθλημα του κρίκετ, ένα άθλημα ρίψεων, η ισχύς - δύναμη είναι πολύ σημαντική διότι, μέσω της προπόνησης ισχύος – δύναμης, οι αθλητές αυξάνουν την ταχύτητα των ρίψεών τους.

2.0 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Συμμετέχοντες

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 15 άνδρες ερασιτέχνες αθλητές πυγμαχίας, 13 από αυτούς με αριστερή στάση μάχης (το αριστερό χέρι μπροστά, δεξιόχειρες) και 2 με δεξιά στάση μάχης (το δεξί χέρι μπροστά, αριστερόχειρες), με ηλικία 25 ± 7 έτη, προπονητική ηλικία $4,2 \pm 3,8$ έτη, σωματική μάζα 78 ± 7 kg και ανάστημα 178 ± 5 εκατοστά. Επίσης μετρήθηκε το άνοιγμα χεριών των αθλητών, με τιμές 181 ± 5 εκατοστά. Οι πυγμάχοι που επιλέχθηκαν ήταν αναγκαίο να έχουν ενασχόληση με το άθλημα της πυγμαχίας τουλάχιστον ένα χρόνο, ώστε να γνωρίζουν ικανοποιητικά την τεχνική των χτυπημάτων και να προπονούσαν τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα. Ακόμα δεν θα έπρεπε να έχουν κάποιο τραυματισμό στα άνω άκρα (καρπούς, ώμους αλλά και στα κάτω άκρα).

| | Ανάστημα (cm) | Σωμ, μάζα (cm) | Άνοιγμα χεριών (cm) | Προπονητική ηλικία (έτη) |
|-------------|------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| Mean | 178.4 | 78.4 | 181.0 | 4.2 |
| SD | 5.0 | 7.3 | 5.3 | 3.8 |

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

2.2 Διαδικασία μετρήσεων

Οι μετρήσεις των συμμετεχόντων διήρκησαν 2 μέρες. Στην πρώτη φάση μετρήθηκαν τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών (ανάστημα, μάζα, άνοιγμα χεριών). Στη δεύτερη φάση της μελέτης οι αθλητές προθερμάνθηκαν με δυναμικές διατάσεις, περιφορές αρθρώσεων, αλλά εκτέλεσαν και ειδική προθέρμανση (σκιαμαχία) για 3 λεπτά. Στη συνέχεια, εξετάστηκαν στη δύναμη και ισχύ των άνω και κάτω άκρων (δύναμη χειρολαβής, κάθετο άλμα). Μετρήθηκαν επίσης η μία μέγιστη επανάληψη στις πιέσεις πάγκου, η δύναμη των χτυπημάτων, ο χρόνος μέχρι τη μέγιστη δύναμη του χτυπήματος, ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης των χτυπημάτων, αλλά και η μέση ταχύτητα των ευθέων χτυπημάτων.

Δύναμη χειρολαβής

Οι αθλητές εκτέλεσαν τη δοκιμασία hand grip, 3 προσπάθειες και για τα 2 χέρια. Η χειροδυναμομέτρηση εκτελέστηκε με το χέρι σηκωμένο. Οι αθλητές ασκούσαν πίεση στο όργανο κατεβάζοντας το τεντωμένο άκρο τους μέχρι να φτάσει σε σημείο κάθετο με το σώμα τους (90 μοίρες). Αυτή η διαδικασία διήρκησε 3 δευτερόλεπτα και λήφθηκε υπόψη η μέγιστη τιμή για το μπροστινό και πίσω χέρι.

Κάθετο Άλμα (Countermovement jump)

Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν στο κάθετο άλμα με υποχωρητική εισαγωγική ταλάντευση (countermovement jump). Εκτέλεσαν 3 δοκιμασίες και λάβαμε υπόψη την καλύτερη από αυτές σε εκατοστά. Ο χρόνος ανάμεσα στις προσπάθειες ήταν 15 δευτερόλεπτα (I. Loturco et al., 2016).

Προσέγγιση μιας μονής επανάληψης

Η μέγιστη επανάληψη υπολογίστηκε άμεσα αφού οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν μια μονή επανάληψη. Αρχικά οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν προθέρμανση με το 50% της μιας μέγιστής τους και σταδιακά το φορτίο αυξανόταν μέχρι τη μια μέγιστη επανάληψη. Το σύνολό τους δεν ήταν παραπάνω από τα 6 σετ. Το διάλλειμα ανάμεσα στα σετ των επαναλήψεων ήταν 3 με 5 λεπτά.

Μέτρηση δύναμης και χαρακτηριστικών της στα ευθέα χτυπήματα

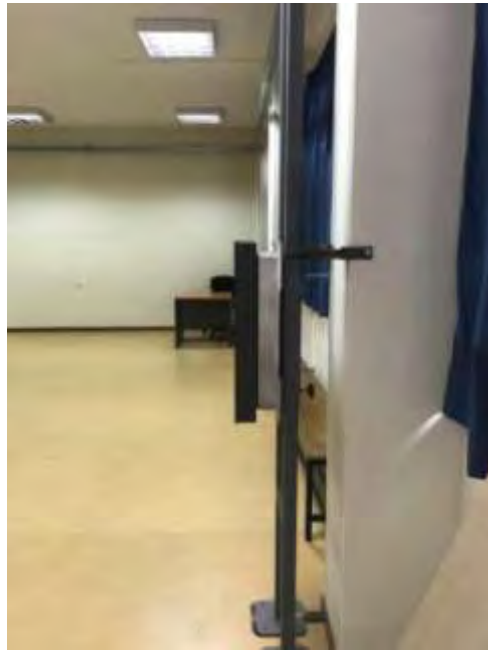
Ακόμα, οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν στη δύναμη των ευθέων χτυπημάτων, αλλά και άλλων χαρακτηριστικών της, όπως ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης και ο χρόνος μέχρι την επίτευξη της μέγιστης δύναμης. Αναλυτικότερα οι αθλητές εκτέλεσαν από σταθερή θέση 3 ευθέα χτυπήματα με το μπροστινό και πίσω χέρι, σε προσαρμοσμένο δυναμοδάπεδο Bertec, του οποίου το ύψος προσαρμοζόταν ανάλογα με το ανάστημα του κάθε αθλητή. Από τα στοιχεία που καταγράφηκαν, υπολογίστηκαν ο Ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης και ο χρόνος μέχρι την μέγιστη τιμή της δύναμης.

Υπήρχε διάλλειμα 15 δευτερολέπτων μεταξύ των χτυπημάτων. Λήφθηκε υπόψη η καλύτερη επίδοση στη δύναμη των δεξιών και αριστερών ευθέων χτυπημάτων (I. Loturco et al., 2016).

Μέση ταχύτητα των ευθέων χτυπημάτων

Τέλος, καταγράφηκε με βιντεοκάμερα υψηλής συχνότητας (100 f/s) το χτύπημα με το μπροστινό και το πίσω χέρι για τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας χτυπημάτων μέσω του συστήματος APAS.

Εικόνα 3. Προσαρμοσμένο δυναμοδάπεδο BERTEC (πλάγια όψη)



Εικόνα 4. Προσαρμοσμένο δυναμοδάπεδο BERTEC (μπροστινή όψη)



2.3 Υλικά και όργανα

Οι πυγμάχοι χρησιμοποίησαν τους προσωπικούς τους επιδέσμους, μήκους 2 μέτρων και γάντια μάρκας RDX 12oz.

Χρησιμοποιήθηκε το αναστημόμετρο – ζυγαριά, για τη μέτρηση του αναστήματος και τον υπολογισμό της σωματικής μάζας, Seca (Seca 714, Seca Vogel & Halke GmbH & co. KG, Hamburg, Germany).

Για το μήκος των χεριών χρησιμοποιήθηκε βαθμονομημένος κανόνας

Χρησιμοποιήθηκε χειροδυναμόμετρο, για τη μέτρηση της μέγιστης δύναμης χειρολαβής, μάρκας Takei (T.K.K.5101, Takei scientific Instruments Co, Ltd Tokyo Japan).

Για τη μέτρηση της επίδοσης των κάθετων αλμάτων σε (εκατοστά) χρησιμοποιήθηκε το όργανο Takei (T.K.K.5106 Jump M.D, Takei Scientific instruments Co, Ltd, Tokyo,

Για τη μέτρηση της δύναμης και των υπολοίπων χαρακτηριστικών των ευθέων χτυπημάτων χρησιμοποιήθηκε προσαρμοσμένο δυναμοδάπεδο (Bertec 4060-15).

Ακόμα, η καταγραφή των χτυπημάτων έγινε με ψηφιακή βιντεοκάμερα (JVC, μοντέλο GR-DVL 9600) με συχνότητα δειγματοληψίας 100 Hz (frames/sec) και ο υπολογισμός της μέσης ταχύτητας χτυπημάτων μέσω του συστήματος APAS.

2.4 Στατιστική Ανάλυση

Οι μεταβλητές που προέκυψαν από τις δοκιμασίες και τις μετρήσεις υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση με το πρόγραμμα PASW statistics 18 (SPSS 18)

for Windows. Έγινε περιγραφική στατιστική ανάλυση (μέση τιμή, τυπική απόκλιση) των μεταβλητών και, αφού εξασφαλίστηκε η κανονικότητα των κατανομών τους (τεστ Kolmogorov-Smirnov), έγινε σύγκριση (paired t-test) των μέσων τιμών του πίσω και μπροστινού χτυπήματος. Τέλος, εκτελέσαμε ανάλυση συσχέτισης (Pearson Correlation) για να βρεθεί η σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών.

3.0 Αποτελέσματα

3.1 Μετρήσεις δύναμης και ισχύος

Οι τιμές των μετρήσεων της δύναμης και ισχύος άνω και κάτω άκρων κυμάνθηκαν, για τη δύναμη χειρολαβής του πίσω χεριού (δεξί) $48.6 \pm 6\text{kp}$ και για το μπροστινό (αριστερό) $46 \pm 6.6\text{kp}$. Το κάθετο άλμα CMJ ήταν $35.5 \pm 3.1\text{cm}$ και το 1RM στις πιέσεις πάγκου $82.4 \pm 12.9\text{kp}$

Πίνακας 2. Δοκιμασίες δύναμης και ισχύος άνω και κάτω άκρων

| | Δύναμη χειρολαβής αριστερό (N) | Δύναμη χειρολαβής δεξί (N) | CMJ (cm) | RM (kp) |
|-------------|---|-------------------------------------|-------------|------------|
| Mean | 46.0 | 48.6 | 35.5 | 82.4 |
| SD | 6.6 | 6.0 | 3.1 | 12.9 |

3.2 Χαρακτηριστικά χτυπημάτων

Η μέγιστες τιμές της δύναμης του πίσω χτυπήματος ήταν 3037 ± 748 N, ενώ του μπροστινού χτυπήματος ήταν 2074 ± 489 N. Ο χρόνος κρούσης μέχρι τη μέγιστη τιμή της δύναμης των χτυπημάτων κυμάνθηκε από $10,9 \pm 2,3$ ms ως $11,1 \pm 1,7$ ms για το πίσω και μπροστινό χέρι αντίστοιχα. Ακόμα ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης για το πίσω και μπροστινό χέρι ήταν $299,3 \pm 113$ N/ms και $194,5 \pm 68$ N/ms αντίστοιχα. Τέλος η μέση ταχύτητα του πίσω και μπροστινού χτυπήματος ήταν $9,2 \pm 0,9$ και $9,2 \pm 1,1$ m/s αντίστοιχα.

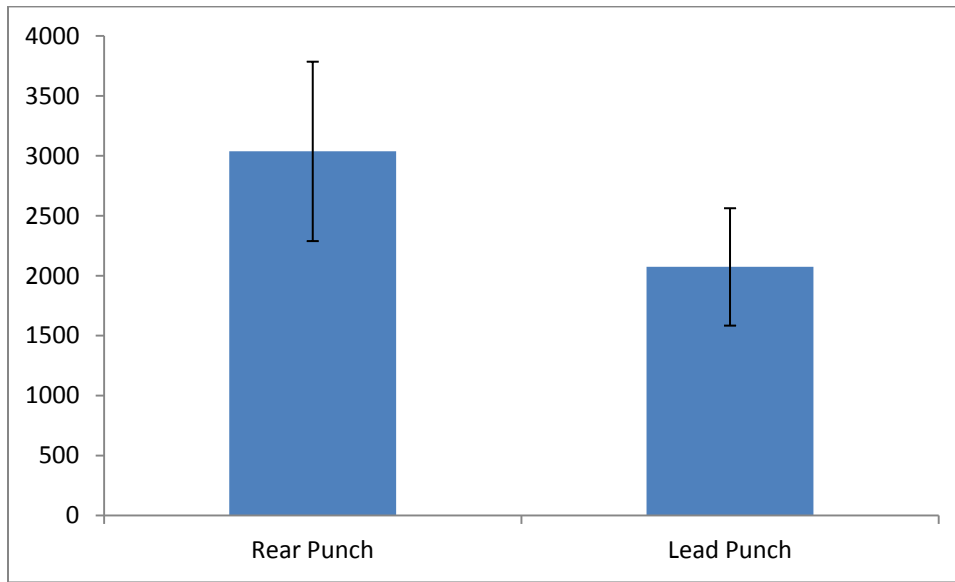
Παρατηρήθηκε σημαντική στατιστική διαφορά στη δύναμη μεταξύ του πίσω και μπροστινού χτυπήματος ($p < 0,05$).

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά χτυπημάτων

| | F_{peakrear} (N) | F_{peaklead} (N) | t_{peakrear} (ms) | t_{peaklead} (ms) | F/t_{rear} (N/ms) | F/t_{lead} (N/ms) | V_{rear} (m/s) | V_{lead} (m/s) |
|-------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Mean | 3037 | 2074 | 10.9 | 11.1 | 299.3 | 194.5 | 9.2 | 9.2 |
| SD | 748 | 489 | 2.3 | 1.7 | 113.4 | 68.0 | 0.9 | 1.1 |

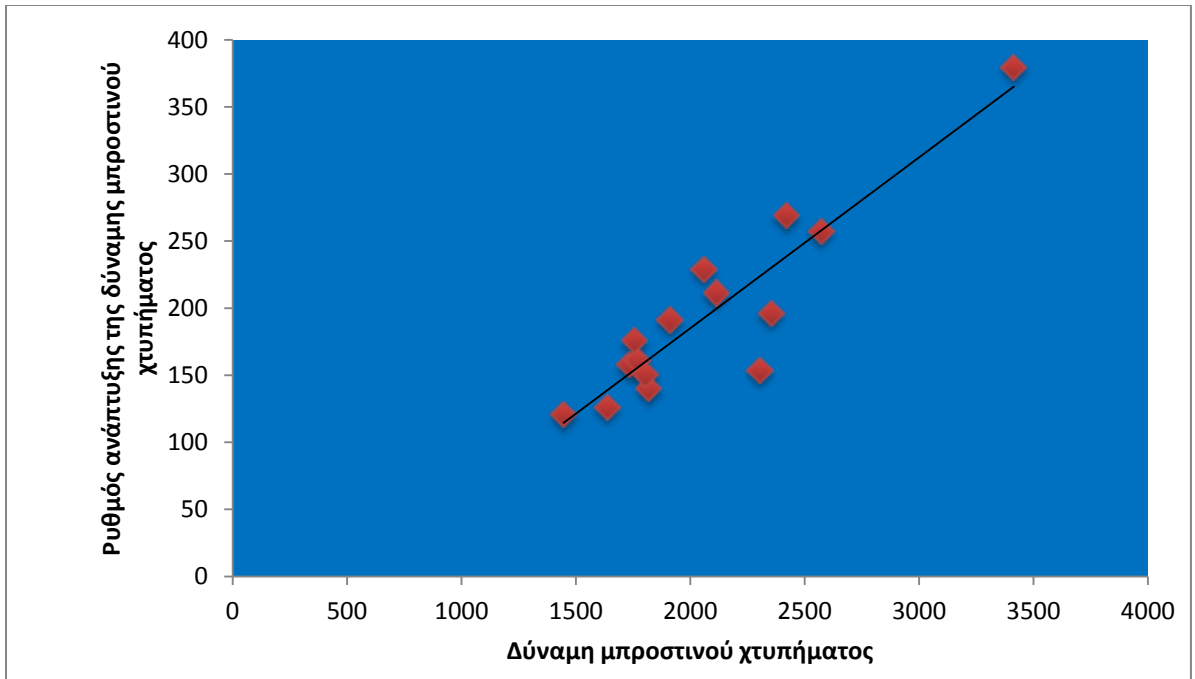
| | |
|-----------------------|--|
| F_{peakrear} | Μέγιστη δύναμη (μέγιστο peak) χτυπήματος με το πίσω χέρι (σε N) |
| F_{peaklead} | Μέγιστη δύναμη (μέγιστο peak) χτυπήματος με το μπροστινό χέρι (σε N) |
| t_{peakrear} | Χρονική διάρκεια μέχρι το μέγιστο peak του χτυπήματος με το πίσω χέρι (σε ms) |
| t_{peaklead} | Χρονική διάρκεια μέχρι το μέγιστο peak του χτυπήματος με το μπροστινό χέρι (σε ms) |
| F/t_{rear} | Ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης (ΡΑΔ) του χτυπήματος με το πίσω χέρι (σε N/ms) |
| F/t_{lead} | Ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης (ΡΑΔ) του χτυπήματος με το πίσω χέρι (σε N/ms) |
| V_{rear} | Ταχύτητα του χτυπήματος με το πίσω χέρι (σε N/ms) |
| V_{lead} | Ταχύτητα του χτυπήματος με το μπροστινό χέρι (σε N/ms) |

Διάγραμμα 1. Διαφορά δύναμης πίσω και μπροστινού ευθέος χτυπήματος

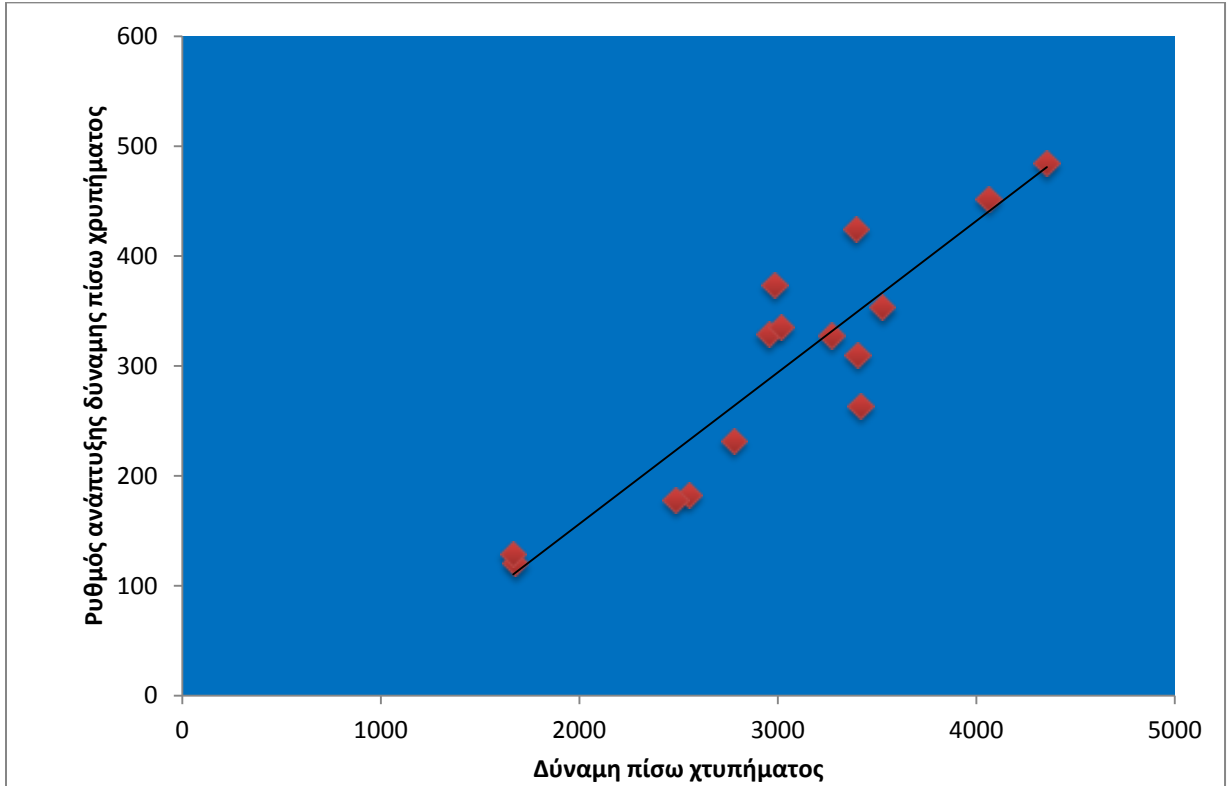


3.3 Συσχετίσεις εξεταζόμενων μεταβλητών με τα χαρακτηριστικά των ευθέων χτυπημάτων

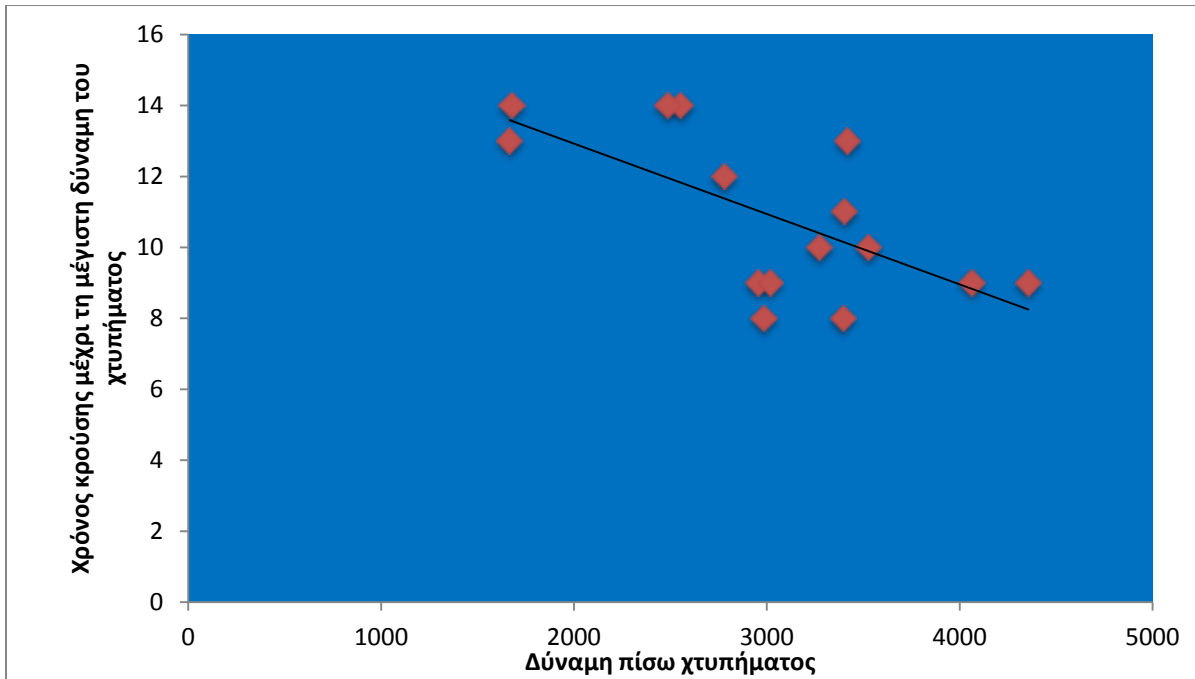
Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης παρουσιάστηκαν συσχετίσεις μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών δύναμης και ισχύος των άνω και κάτω άκρων και των χαρακτηριστικών των ευθέων χτυπημάτων. Αναλυτικότερα, παρατηρήθηκε συσχέτιση του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης των χτυπημάτων με τη δύναμη των χτυπημάτων: το πίσω χτύπημα συσχετίσθηκε με το RFD του πίσω χτυπήματος με ($r = 0,909$) και το μπροστινό χτύπημα συσχετίσθηκε με το RFD του μπροστινού χτυπήματος με ($r = 0,917$). Ακόμα παρουσιάστηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ της δύναμης (peak) των ευθέων χτυπημάτων και του χρόνου κρούσης μέχρι την μέγιστη τιμή της δύναμης με ($r = -0.37$ και -0.66) για το μπροστινό και το πίσω χέρι αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση της προπονητικής ηλικίας με τη δύναμη των ευθέων χτυπημάτων με ($r = 0.40$ και 0.69 για το πίσω και μπροστινό χέρι αντίστοιχα). Τέλος, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης με τη δύναμη χειρολαβής ($r = 0.55$). Τέλος βλέπουμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της μέσης ταχύτητας των χτυπημάτων με την προπονητική ηλικία των αθλητών με ($r = 0,56$ και $0,36$) για το πίσω και μπροστινό χέρι αντίστοιχα.



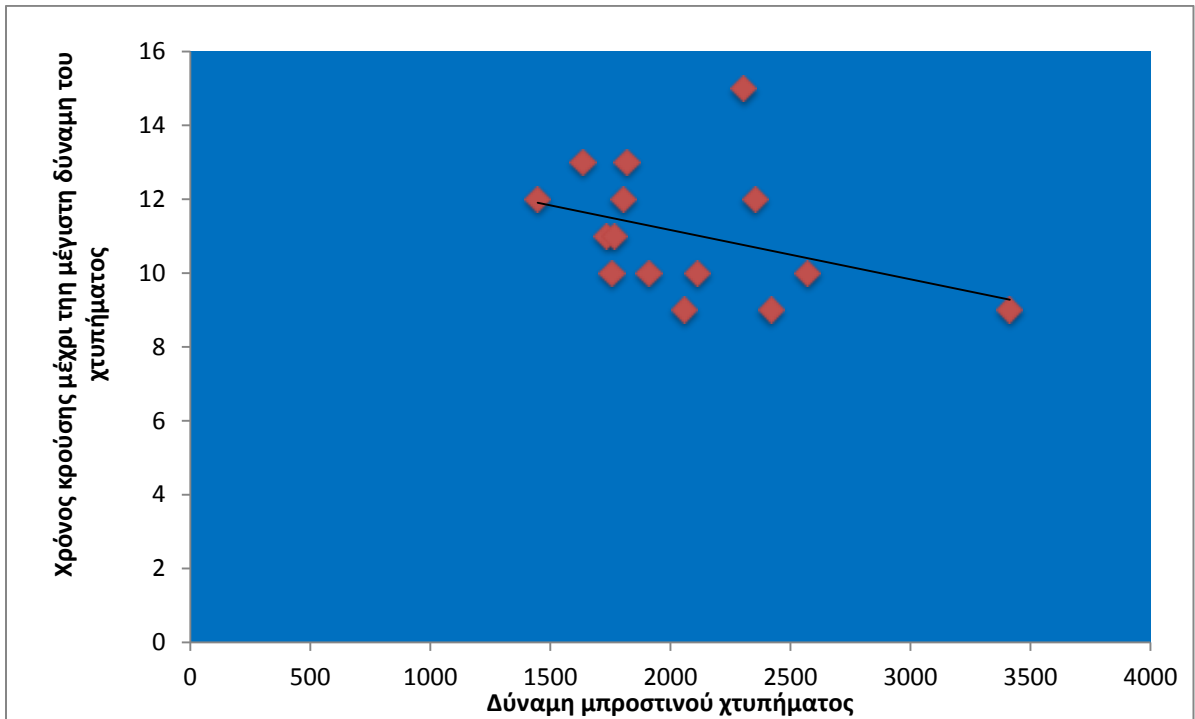
Διάγραμμα 2. Διάγραμμα συσχέτισης δύναμης μπροστινού χτυπήματος και ΡΑΔ



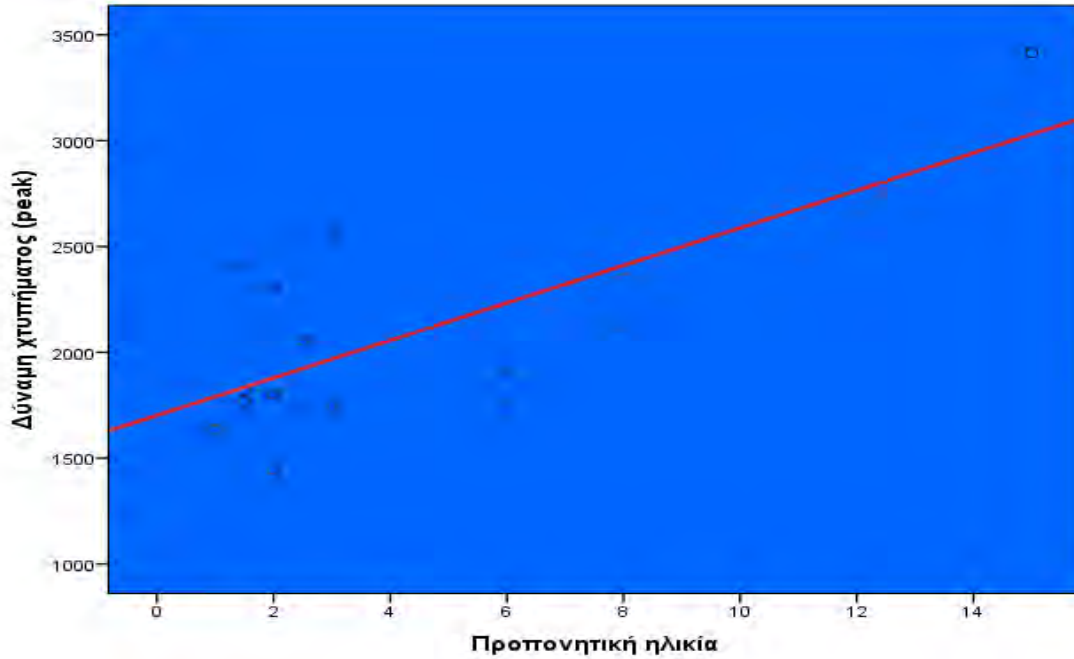
Διάγραμμα 3. Διάγραμμα δύναμης πίσω χτυπήματος και ΡΑΔ



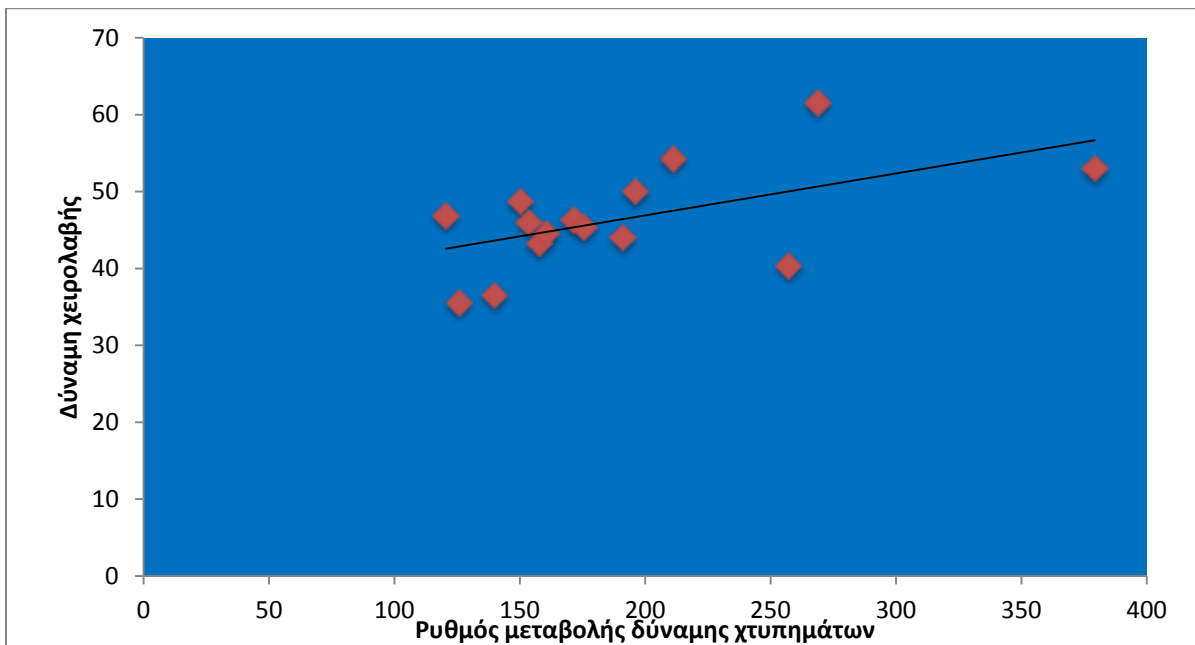
Διάγραμμα 4. Διάγραμμα συσχέτισης χρόνου κρούσης μέχρι τη μέγιστη δύναμη και δύναμη πίσω χτυπήματος



Διάγραμμα 5. Διάγραμμα συσχέτισης χρόνου κρούσης μέχρι τη μέγιστη δύναμη και δύναμης μπροστινού χτυπήματος



Διάγραμμα 6. Διάγραμμα συσχέτισης προπονητικής ηλικίας και δύναμης χτυπημάτων



Διάγραμμα 7. Διάγραμμα συσχέτισης δύναμης χειρολαβής και ΡΑΔ

4.0 Συζήτηση

Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι οι πυγμάχοι θα πρέπει να χτυπούν όσο το δυνατόν πιο εκρηκτικά, έτσι ώστε τα χτυπήματά τους να είναι ισχυρά. Οι προπονητές θα πρέπει να βασίσουν την προπόνηση των αθλητών τους στην αύξηση της ταχυδύναμης και κατά προέκταση την αύξηση της P.A.Δ των χτυπημάτων τους (Turner, A. et al., 2011).

Στην παρούσα μελέτη δεν προέκυψε συσχέτιση της μέγιστης δύναμης του χτυπήματος με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών πυγμαχίας, ούτε και με τη δύναμη και ισχύ των άνω και κάτω άκρων (1 ME και κάθετο άλμα). Σε παρόμοιες μελέτες συσχέτιση της δύναμης χτυπήματος βρέθηκε με τη μέγιστη ισομετρική δύναμη των άνω άκρων (Loturco, I. et al., 2018).

Παρόλο που η δύναμη χειρολαβής παρουσιάζεται ως δείκτης μυϊκής δύναμης των άνω άκρων και δείκτης καλής επίδοσης για αθλητές πυγμαχίας σύμφωνα με τους (Guidetti et al., 2002), αυτό το εύρημα έρχεται σε αντίθεση με προηγούμενη έρευνα (Valentino, Esposito, & Fabozzo, 1990), που υποστηρίζει, μέσω των αποτελεσμάτων ηλεκτρομυογραφήματος, ότι οι μύες που ενεργοποιούνται κατά το χτύπημα στην πυγμαχία είναι οι τραπεζοειδής, δελτοειδής και τρικέφαλος και όχι οι μύες του βραχίονα.

Η συσχέτιση της ταχύτητας των χτυπημάτων με την προπονητική ηλικία μπορεί να ερμηνευτεί ως χρήση ορθής τεχνικής, έτσι ώστε οι πυγμάχοι να πλήξουν το αντίπαλό τους χωρίς να δεχθούν χτύπημα. Αυτό το εύρημα έρχεται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία (Kimm & Thiel, 2015). Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι όσο η προπονητική ηλικία αυξάνει τόσο ταχύτερα θα είναι τα χτυπήματα των πυγμάχων.

Τέλος, είναι πολύ σημαντικό ότι η ισχύς των χτυπημάτων συσχετίσθηκε με την προπονητική ηλικία. Αυτό μπορεί να μεταφράζεται ως επίτευξη υψηλού βαθμού τεχνικής εκτέλεσης, που συνδέεται στη μεταφορά της ορμής των κάτω άκρων με μια αποτελεσματική στροφική κίνηση του κορμού, με ενεργοποίηση και μεσομυϊκή συναρμογή πολλών μυϊκών ομάδων του σώματος, με τελικό αποτέλεσμα ένα ορμητικό χτύπημα.

5.0 Περιορισμοί της έρευνας

Στην παρούσα έρευνα, οι συμμετέχοντες δεν είχαν μεγάλη διαφορά στην κατηγορία σωματικού βάρους, έτσι ώστε να μπορέσουμε να τους κατατάξουμε σε αντίστοιχες κατηγορίες της παγκόσμιας ομοσπονδία πυγμαχίας. Με αυτόν τον τρόπο θα βλέπαμε τις διαφορές που υπάρχουν στην ισχύ των χτυπημάτων, αλλά και τα χαρακτηριστικά των αθλητών στην κάθε κατηγορία σωματικού βάρους.

Το δείγμα των εξεταζόμενων αθλητών ήταν σχετικά μικρό. Ίσως ένα μεγαλύτερο δείγμα θα μπορούσε να οδηγήσει σε ασφαλέστερα συμπεράσματα γύρω από τα τιθέμενα ερωτήματα της έρευνας.

6.0 Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Σε μελλοντικές έρευνες θα μπορούσε να υπολογιστεί η άλιπη σωματική μάζα των αθλητών πυγμαχίας, ώστε να γίνει συσχέτιση με τις επιδόσεις τους.

Θα μπορούσαν επίσης να υπολογιστούν και οι δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, που οφείλονται κυρίως στη δράση των κάτω άκρων, κατά την εκτέλεση των χτυπημάτων, προς αναζήτηση της συνεισφοράς τους στο ευθύ χτύπημα στην πυγμαχία.

7.0 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Aşçi, A., & Açıkada, C. (2007). Power production among different sports with similar maximum strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 10-16. doi: 10.1519/R-16474.1
- 2) Baechle, Thomas R, and Roger W. Earle. *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Champaign, Ill: Human Kinetics, 2000
- 3) Bruzas, V., Kamandulis, S., Venckunas, T., Snieckus, A., & Mockus, P. (2018). Effects of plyometric exercise training with external weights on punching ability of experienced amateur boxers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(3), 221-226. doi: 10.23736/S0022-4707.16.06674-3
- 4) Busko, K. (2016). Power-Velocity Characteristics and Jumping Abilities in Male Combat Athletes. *Human Movement*, 17(3), 181-184. doi: 10.1515/humo-2016-0019
- 5) Čepulenas, A., Bružas, V., Mockus, P., & Subačius, V. (2011). Impact of physical training mesocycle on athletic and specific fitness of elite boxers. *Archives of Budo*, 7(1), 33-39.
- 6) Chaabène, H., Tabben, M., Mkaouer, B., Franchini, E., Negra, Y., Hammami, M., . . . Hachana, Y. (2015). Amateur Boxing: Physical and Physiological Attributes. *Sports Medicine*, 45(3), 337-352. doi: 10.1007/s40279-014-0274-7
- 7) Charissou, C., Amarantini, D., Baurès, R., Berton, E., & Vigouroux, L. (2017). Effects of hand configuration on muscle force coordination, co-contraction and concomitant intermuscular coupling during maximal isometric flexion of the fingers. *European Journal of Applied Physiology*, 117(11), 2309-2320. doi: 10.1007/s00421-017-3718-6
- 8) Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 173-177. doi: 10.1519/JSC.0b013e318291b8c7
- 9) Dinn, N. A., & Behm, D. G. (2007). A comparison of ballistic-movement and ballistic-intent training on muscle strength and activation. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 386-399. doi: 10.1123/ijsp.2.4.386
- 10) Dunn, E. C., Humberstone, C. E., Fiona Iredale, K., Martin, D. T., & Blazeovich, A. J. (2017). Human behaviours associated with dominance in elite amateur boxing bouts: A comparison of winners and losers under the Ten Point Must System. *PLoS ONE*, 12(12). doi: 10.1371/journal.pone.0188675
- 11) El Ashker, S. (2012). Technical performance effectiveness subsequent to complex motor skills training in young boxers. *European Journal of Sport Science*, 12(6), 475-484. doi: 10.1080/17461391.2011.606976
- 12) Filimonov, V. I., Koptsev, K. N., Husyanov, Z. M., & Nazarov, S. S. (1985). Boxing: Means of increasing strength of the punch. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 7(6), 65-66. doi: 10.1519/0744-0049(1985)007<0065:MOISOT>2.3.CO;2
- 13) Freeston, J. L., Carter, T., Whitaker, G., Nicholls, O., & Rooney, K. B. (2016). Strength and Power Correlates of Throwing Velocity on Subelite Male Cricket Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1646-1651. doi: 10.1519/JSC.0000000000001246
- 14) García-Pinillos, F., Delgado-Floody, P., Martínez-Salazar, C., & Latorre-Román, P. A. (2018). Responsiveness of the Countermovement Jump and Handgrip

- Strength to an Incremental Running Test in Endurance Athletes: Influence of Sex. *Journal of Human Kinetics*, 61(1), 199-208. doi: 10.1515/hukin-2017-0121
- 15) Garca, C. M. R., Harasymowicz, J., Viramontes, J. A., rdenes, I. A., & Vazquez, F. B. (2010). Assessment of hand grip strength in mexican boxers by training phase. *Archives of Budo*, 6, 33-48.
 - 16) Giovani, D., & Nikolaidis, P. T. (2012). Differences in Force-velocity Characteristics of Upper and Lower Limbs of Non-competitive Male Boxers. *International Journal of Exercise Science*, 5(2), 106-113.
 - 17) Gjinovci, B., Idrizovic, K., Uljevic, O., & Sekulic, D. (2017). Plyometric Training Improves Sprinting, Jumping and Throwing Capacities of High Level Female Volleyball Players Better Than Skill-Based Conditioning. *Journal of sports science & medicine*, 16(4), 527-535.
 - 18) Guidetti, L., Musulin, A., & Baldari, C. (2002). *Physiological factors in middleweight boxing performance* (Vol. 42).
 - 19) Halperin, I., Chapman, D. W., Martin, D. T., Lewthwaite, R., & Wulf, G. (2017). Choices enhance punching performance of competitive kickboxers. *Psychological Research*, 81(5), 1051-1058. doi: 10.1007/s00426-016-0790-1
 - 20) Hasan, N., Nuhmani, S., Kachanathu, S. J., & Muaidi, Q. I. (2018). Efficacy of complex training on angular velocity of shoulder in collegiate basketball players. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31(5), 859-865. doi: 10.3233/BMR-170907
 - 21) Kimm, D., & Thiel, D. V. (2015). *Hand speed measurements in boxing*. Paper presented at the Procedia Engineering.
 - 22) Lenetsky, S., Harris, N., & Brughelli, M. (2013). Assessment and contributors of punching forces in combat sports athletes: Implications for strength and conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 35(2), 1-7. doi: 10.1519/SSC.0b013e31828b6c12
 - 23) Lenetsky, S., Nates, R. J., Brughelli, M., & Harris, N. K. (2015). Is effective mass in combat sports punching above its weight? *Human Movement Science*, 40, 89-97. doi: 10.1016/j.humov.2014.11.016
 - 24) Loturco, I., Artioli, G. G., Kobal, R., Gil, S., & Franchini, E. (2014). Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: A multiple regression analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1826-1832. doi: 10.1519/JSC.0000000000000329
 - 25) Loturco, I., Bishop, C., Ramirez-Campillo, R., Romano, F., Alves, M., Pereira, L. A., & McGuigan, M. (2018). Optimum Power Loads for Elite Boxers: Case Study with the Brazilian National Olympic Team. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(3), 95. doi: 10.3390/sports6030095
 - 26) Loturco, I., Nakamura, F. Y., Artioli, G. G., Kobal, R., Kitamura, K., Cal Abad, C. C., . . . Franchini, E. (2016). Strength and Power Qualities Are Highly Associated With Punching Impact in Elite Amateur Boxers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 109-116. doi: 10.1519/JSC.0000000000001075
 - 27) Markovic, P., Suzovic, D., Kasum, G., & Jaric, S. (2016). Effects of training against elastic resistance on jab punch performance in elite junior athletes. *Kinesiology*, 48(1), 79-86.
 - 28) Mazurek, K., Zmijewski, P., Makaruk, H., Mroz, A., Czajkowska, A., Witek, K., . . . Lipinska, P. (2018). Effects of Short-Term Plyometric Training on Physical Performance in Male Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 63, 137-148. doi: 10.2478/hukin-2018-0014

- 29) McIntosh, A. S., & Patton, D. A. (2015). Boxing headguard performance in punch machine tests. *British Journal of Sports Medicine*, 49(17), 1108-1112. doi: 10.1136/bjsports-2015-095094
- 30) Nakano, G., Iino, Y., Imura, A., & Kojima, T. (2014). Transfer of momentum from different arm segments to a light movable target during a straight punch thrown by expert boxers. *Journal of Sports Sciences*, 32(6), 517-523. doi: 10.1080/02640414.2013.843014
- 31) Otero-Esquina, C., de Hoyo Lora, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 17(10), 1241-1251. doi: 10.1080/17461391.2017.1378372
- 32) Pedzich, W., Mastalerz, A., & Sadowski, J. (2012). Estimation of muscle torque in various combat sports. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 14(4), 107-112. doi: 10.5277/abb120412
- 33) Pinto Neto, O., Magini, M., & Saba, M. (2007). *The Role of Effective Mass and Hand Speed in the Performance of Kung Fu Athletes Compared with Nonpractitioners* (Vol. 23).
- 34) Piorkowski, B. A., Lees, A., & Barton, G. J. (2011). Single maximal versus combination punch kinematics. *Sports Biomechanics*, 10(1), 1-11. doi: 10.1080/14763141.2010.547590
- 35) Pleket, H. W. (2004). The Olympic Games in antiquity. *European Review*, 12(3), 401-413. doi: 10.1017/S1062798704000341
- 36) RamiRez-Campillo, R., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2013). Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2714-2722. doi: 10.1519/JSC.0b013e318280c9e9
- 37) Rukadikar, C. A., Mali, S. B., Rukadikar, A. R., & Mundewadi, S. A. (2017). Correlation of lean body mass, hand grip strength in football and cricket players: A cross-sectional study. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 7(10), 1121-1126. doi: 10.5455/njppp.2017.7.06201719062017
- 38) Rutherford, O. M., & Jones, D. A. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(1), 100-105. doi: 10.1007/BF00422902
- 39) Smith, M. S. (2006). Physiological profile of senior and junior England international amateur boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(CSSI-1), 74-89.
- 40) Smith, M. S., Dyson, R. J., Hale, T., & Janaway, L. (2000). Development of a boxing dynamometer and its punch force discrimination efficacy. *Journal of Sports Sciences*, 18(6), 445-450. doi: 10.1080/02640410050074377
- 41) Tong-lam, R., Rachanavy, P., & Lawsirirat, C. (2017). Kinematic and kinetic analysis of throwing a straight punch: The role of trunk rotation in delivering a powerful straight punch. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(4), 2538-2543. doi: 10.7752/jpes.2017.04287
- 42) Turner, A., Baker, E., & Miller, S. (2011). Increasing the impact force of the rear hand punch. *Strength and Conditioning Journal*, 33(6), 2-9. doi: 10.1519/SSC.0b013e318232fdcb
- 43) Valentino, B., Esposito, L. C., & Fabozzo, A. (1990). Electromyographic activity of a muscular group in movements specific to boxing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(2), 160-162.

- 44) Vanezis, A., & Lees, A. (2005). A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics*, 48(11-14), 1594-1603. doi: 10.1080/00140130500101262
- 45) Viano, D. C. (2005) Head impact biomechanics in sport. *Vol. 124. Solid Mechanics and its Applications* (pp. 121-130).