



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΥΡΩΣΤΙΑ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΗ
ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΕΙΡΟΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ»**

Όνοματεπώνυμο: Ιωάννης Πανηγυράκης

Επιβλέπων Καθηγητής: Πασχάλης Βασίλειος

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

© Copyright
Παηγηυράκης Ιωάννης
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΕΙΡΟΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετήσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης με τη χρήση ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου, ως προς τη μέγιστη δύναμη και την αντοχή στη δύναμη, αλλά και να γίνει συσχέτιση της μέγιστης δύναμης με την αντοχή στη δύναμη. Το δείγμα ήταν 41 άτομα, εκ των οποίων 24 άνδρες (ηλικίας 23 ± 2 ετών) και 17 γυναίκες (ηλικίας 22 ± 1 ετών). Ακολουθήθηκε πρωτόκολλο αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη με τη χρήση ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου (100D, BIOPAC, California), που αποτελούταν από 3 διαδοχικές μέγιστες προσπάθειες διάρκειας τριών δευτερολέπτων για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης, και μια μέγιστη προσπάθεια διάρκειας τριάντα δευτερολέπτων. Οι τιμές μέγιστης δύναμης που προέκυψαν είχαν μέσο όρο $40,56\pm 14,61$ N. Οι τιμές του δείκτη κόπωσης που προέκυψαν είχαν μέσο όρο $25,52\pm 8,18$ %. Οι τιμές της μέγιστης δύναμης δεν παρουσίασαν σημαντική συσχέτιση με τις τιμές του δείκτη κόπωσης ($r^2=0,0001$). Κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη, οι επιμέρους τιμές δύναμης για κάθε 5 δευτερόλεπτα προσπάθειας, είχαν σημαντική πτώση με το χρόνο ($p<0.05$). Οι τιμές μέγιστης δύναμης που καταγράφηκαν κατά τη χειροδυναμομέτρηση φάνηκε να συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα τιμών για το γενικό πληθυσμό. Η εξαιρετικά χαμηλή συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη των δοκιμαζομένων, οφείλεται πιθανόν στις διαφορές των φυσιολογικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δοκιμαζομένων. Η δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη των 30 δευτερολέπτων παρουσίασε υψηλή αξιοπιστία, αποτελώντας, ενδεχομένως, μια εύκολη και προσιτή μέθοδο μέτρησης. Συμπερασματικά, η χρήση του ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό της σωματικής δύναμης, όμως, απαιτείται περαιτέρω έρευνα και βιβλιογραφική υποστήριξη, τόσο σε γενικό πληθυσμό, όσο και σε κλινικό πληθυσμό και σε αθλητές.

Λέξεις κλειδιά: χειροδυναμομέτρηση, ηλεκτρονικό χειροδυναμόμετρο, μυϊκή δύναμη, μέγιστη δύναμη, αντοχή στη δύναμη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	ii
Πίνακας Περιεχομένων	iv
Κατάλογος Σχημάτων	vi
Κατάλογος Πινάκων	vi
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών	vi
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 1
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος	σελ. 1
1.2. Σημασία της έρευνας	σελ. 2
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις	σελ. 2
1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας	σελ. 2
1.5. Διευκρίνηση όρων	σελ. 3
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	σελ. 4
2.1. Μύες και μυϊκή συστολή	σελ. 4
2.1.1. Μυϊκός κάματος	σελ. 6
2.2. Η δύναμη	σελ. 7
2.3. Μυϊκή δύναμη και αθλητική απόδοση	σελ. 9
2.4. Αξιολόγηση της δύναμης	σελ. 11
2.5. Η μέθοδος της χειροδυναμομέτρησης	σελ. 14
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	σελ. 18
3.1. Δείγμα	σελ. 18
3.2. Μέθοδος προθέρμανσης	σελ. 18
3.3. Δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και αντοχής στη δύναμη	σελ. 18
3.4. Στατιστική ανάλυση	σελ. 19
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ. 20
4.1. Συσχέτιση μέγιστης δύναμης και αντοχής στη δύναμη	σελ. 20
4.2. Δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη	σελ. 20

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ. 22
5.1. Μέγιστη δύναμη	σελ. 22
5.2. Συσχέτιση μέγιστης δύναμης και αντοχής στη δύναμη	σελ. 23
5.3. Δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη	σελ. 23
VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	σελ. 25
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ. 26
VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	σελ. 33

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.** Συσχέτιση τιμών μέγιστης δύναμης και δείκτη κόπωσης σελ. 20
- Σχήμα 2.** Δοκιμασία αντοχής στη δύναμη για κάθε 5 δευτερόλεπτα της προσπάθειας σελ. 21
- Σχήμα 3.** Ραβδόγραμμα σύγκρισης μέσου όρου δύναμης των πρώτων και των τελευταίων 5 δευτερολέπτων κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη σελ. 21
- Σχήμα 4.** Συσχέτιση μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη σελ. 22
- Σχήμα 5.** Ραβδόγραμμα σύγκρισης των μέσων όρων μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη σελ. 22

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1.** Πίνακας τιμών μέγιστης δύναμης στη χειροδυναμομέτρηση ανάλογα με την ηλικία, για τον καναδικό ανδρικό πληθυσμό. (Wong, 2016) σελ. 16
- Πίνακας 2.** Πίνακας τιμών μέγιστης δύναμης στη χειροδυναμομέτρηση ανάλογα με την ηλικία για τον καναδικό γυναικείο πληθυσμό. (Wong, 2016) σελ. 17

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- F** Force, δύναμη σελ. 1
- N** Newton, μονάδα μέτρησης της δύναμης σελ. 1

1RM	1 μέγιστη επανάληψη σελ. 1
m/s²	μέτρα ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο σελ. 8
m	αδρανειακή μάζα (ή μάζα) του σώματος σελ. 8
kg	χιλιόγραμμα, μονάδα μέτρησης της μάζας στο S.I σελ.8
a	επιτάχυνση σελ. 8
cm	εκατοστόμετρα, μονάδα μέτρησης απόστασης σελ. 13
ΣΕΦΑΑ	Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού. σελ. 18
ΔΚ (%)	Δείκτης Κόπωσης επί τοις εκατό σελ. 19
p	Συντελεστής σημαντικότητας σελ. 20
r²	Συντελεστής συσχέτισης σελ. 20
Max(M1,M2,M3)	Τιμές μέγιστης δύναμης των τριών προσπαθειών σελ. 20
K (1-5)	Τιμές δύναμης για το χρόνο από 1 ως 5 δευτερόλεπτα προσπάθειας στη δοκιμασία αντοχής στη δύναμη σελ. 21
K (5-10)	Τιμές δύναμης για το χρόνο από 5 ως 10 δευτερόλεπτα προσπάθειας στη δοκιμασία αντοχής στη δύναμη σελ. 21
K (10-15)	Τιμές δύναμης για το χρόνο από 10 ως 15 δευτερόλεπτα προσπάθειας στη δοκιμασία αντοχής στη δύναμη σελ. 21
K (15-20)	Τιμές δύναμης για το χρόνο από 15 ως 20 δευτερόλεπτα προσπάθειας στη δοκιμασία αντοχής στη δύναμη σελ. 21
K (20-25)	Τιμές δύναμης για το χρόνο από 20 ως 25 δευτερόλεπτα προσπάθειας στη δοκιμασία αντοχής στη δύναμη σελ. 21
K (25-30)	Τιμές δύναμης για το χρόνο από 25 ως 30 δευτερόλεπτα προσπάθειας στη δοκιμασία αντοχής στη δύναμη σελ. 21

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Η δύναμη είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που περιγράφει ποσοτικά την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων, ή ενός σώματος με το περιβάλλον του. Συμβολίζεται με το γράμμα F (Force) και μετριέται σε N (Newton) Η δύναμη στο ανθρώπινο σώμα παράγεται από τους μύες κατά τη μυϊκή συστολή. Όταν ασκείται δύναμη σε ένα σώμα, τείνει να μεταβάλλει την κινητική του κατάσταση. Έτσι, όταν ένας μυς παράγει δύναμη σε μια άρθρωση αντίθετη σε μια εξωτερική επιβάρυνση, τότε είτε συγκρατεί, υπερνικά είτε επιβραδύνει την εξωτερική επιβάρυνση, με ισομετρική, ομόκεντρη και έκκεντρη συστολή αντίστοιχα. Η δύναμη αποτελεί ένα βασικό παράγοντα που καθορίζει τις ικανότητες που κρίνουν την αθλητική απόδοση, όπως η ισχύς, το άλμα, η ταχύτητα, η ισορροπία και η ευκινησία, αλλά και παραμέτρους της ευρωστίας και υγείας του γενικού πληθυσμού, όπως η λειτουργικότητα, η ποιότητα ζωής, η αποφυγή τραυματισμών και πτώσεων. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της δύναμης τόσο για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου αθλητικού προφίλ, αλλά και για την πρόβλεψη και προαγωγή της υγείας και της ποιότητας ζωής στον γενικό πληθυσμό.

Η αξιολόγηση της δύναμης θα πρέπει να γίνεται τόσο ως προς την ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης, όσο και την ικανότητα της μυϊκής αντοχής. Η μέγιστη δύναμη καθορίζει την ισχύ, και συνεπώς το επίπεδο των ταχυδυναμικών ικανοτήτων του αθλητή και αντίστοιχα την αποφυγή πτώσεων και το χρόνο αντίδρασης στο γενικό πληθυσμό. Η μυϊκή αντοχή καθορίζει τη διάρκεια παραγωγής της δύναμης, και συνεπώς την απόδοση σε αγωνίσματα διάρκειας άνω των 20", και αντίστοιχα τη λειτουργικότητα του γενικού πληθυσμού. Η δύναμη αξιολογείται κυρίως με τη χρήση εξοπλισμού γυμναστηρίου με τη μέθοδο της 1 μέγιστης επανάληψης (1RM), μέθοδος που δεν είναι προσιτή στο ευρύ κοινό λόγω χώρου, εξοπλισμού και δυσκολίας. Έτσι έχουν αναπτυχθεί εναλλακτικές μέθοδοι υπολογισμού ή προσδιορισμού της δύναμης. Μια πολύ εύχρηστη μέθοδος είναι εκείνη της χειροδυναμομέτρησης, η οποία φέρεται να προβλέπει με μικρό σφάλμα τη συνολική σωματική δύναμη, ιδίως των άνω άκρων. Χρησιμοποιείται κατά κόρον

στο γενικό αλλά και κλινικό πληθυσμό, για αξιολόγηση τραυματισμών στο άνω άκρο, προσδιορισμό της συνολικής σωματικής δύναμης, πρόβλεψη θνησιμότητας από καρδιαγγειακές νόσους και εγκεφαλικά επεισόδια καθώς και αξιολόγησης της υγείας των οστών. Συνολικά, η χειροδυναμομέτρηση αποτελεί μια πολύ εύχρηστη και προσιτή μέθοδο προσδιορισμού της σωματικής δύναμης με ποικίλες εφαρμογές. Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την συσχέτιση της μέγιστης δύναμης και αντοχής στη δύναμη με τη χρήση ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου.

1.2. Σημασία της έρευνας

Η παρούσα εργασία σκοπεύει να μελετήσει την αποτελεσματικότητα της μεθόδου αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης με τη χρήση ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου, όχι μόνο ως προς τη μέγιστη δύναμη αλλά και την αντοχή στη δύναμη, αλλά και να γίνει συσχέτιση της μέγιστης δύναμης με την αντοχή στη δύναμη, επιχειρώντας να εισάγει τη χρήση του ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου ως εναλλακτικό εργαλείο στα χέρια κλινικών και ερευνητών.

1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Σύμφωνα με την προϋπάρχουσα βιβλιογραφία, η μέγιστη δύναμη δεν σχετίζεται σημαντικά με την αντοχή στη δύναμη, συνεπώς υποθέτουμε ότι τα αποτελέσματα θα προκύψουν ανάλογα. Το ερευνητικό ερώτημα που επιδιώκεται να απαντηθεί είναι εάν η μέθοδος αξιολόγησης της δύναμης θα φανεί αξιόπιστη, εάν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν είναι σχετικά με τη βιβλιογραφία. Η μέθοδος είναι δομημένη με βάση τη δοκιμασία Wingate, μέγιστης προσπάθειας διάρκειας 30 δευτερολέπτων, όπου παρατηρούμε την πτώση της απόδοσης και υπολογίζουμε τον δείκτη κόπωσης. Επομένως, υποθέτουμε ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα ομοιάζουν με εκείνα των δοκιμασιών Wingate, δηλαδή θα παρατηρηθεί αντίστοιχη πτώση της απόδοσης και δείκτης κόπωσης.

1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας

Η παρούσα έρευνα περιλαμβάνει ως δείγμα υγιή νεαρά άτομα, ελεύθερα αθλούμενους με κανονικό σωματότυπο, κάτι που περιορίζει την εφαρμογή των

αποτελεσμάτων της σε περιπτώσεις όπως κλινικό πληθυσμό, αθλητές ή ηλικιωμένους.

1.5. Διευκρίνηση όρων

Είναι απαραίτητο να διατυπωθούν οι ορισμοί των αντικειμένων με τα οποία θα ασχοληθεί η παρούσα εργασία. Ως μέγιστη δύναμη ορίζεται το ποσό της δύναμης που παράγει ένας μυς κατά τη διάρκεια μιας μέγιστης εκούσιας συστολής. Κόπωση ή μυϊκός κάματος ονομάζεται η πτώση της μέγιστης ικανότητας παραγωγής δύναμης ή ισχύος από το μυ, ως αποτέλεσμα της άσκησης. Ο όρος αντοχή στη δύναμη, ή μυϊκή αντοχή, αναφέρεται στην ικανότητα του μυός για παρατεταμένη δράση και αντίσταση στον κάματο (Κλεισούρας, 2011). Ως χειροδυναμομέτρηση, ορίζεται η διαδικασία αξιολόγησης της δύναμης με τη χρήση συγκεκριμένου οργάνου που μετρά τη δύναμη που ασκείται στη γροθιά του δοκιμαζόμενου.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Μύες και μυϊκή συστολή

Οι μύες είναι μαλακά και συσταλά όργανα, δομημένα κυρίως από μυϊκό ιστό και χωρίζονται σε λείους, γραμμωτούς και το μυοκάρδιο. Οι λείοι συντελούν στη δόμηση των αγγείων και των κοίλων σπλάχνων και η ενεργοποίηση της συστολής τους αφορά το φυτικό νευρικό σύστημα. Οι γραμμωτοί (ή σκελετικοί) δομούν αυτοτελή όργανα, των οποίων η δράση είναι να συστέλλονται με ταχύτητα και ισχύ κυρίως εκούσια, με εντολές από το εγκεφαλονωτιαίο νευρικό σύστημα. Οι μύες αποτελούν περίπου το 40% του σωματικού βάρους σε υγιείς άνδρες και 35% σε υγιείς γυναίκες και παράλληλα με την συστολή τους, λειτουργούν ως κύρια πηγή θερμότητας και συντελούν σημαντικά και στην αιματική και λεμφική κυκλοφορία ταυτόχρονα με τη βασική τους λειτουργία, τη μυϊκή συστολή, κατά την οποία παράγεται τάση μέσα στο μυ (Μπαλτόπουλος, 2003).

Για την κατανόηση του μηχανισμού της μυϊκής συστολής, θα πρέπει πρώτα να περιγραφεί η μοριακή δομή του μυός. Το κύτταρο του σκελετικού μυός ονομάζεται μυϊκή ίνα. Οι μυϊκές ίνες ενώνονται με συνδετικό ιστό και σχηματίζουν ένα δέμα που αποτελεί το μυ. Έχουν διάμετρο 10-100 μm και μήκος έως 20 cm, και αποτελούνται από δέσμες μυοϊνιδίων διαμέτρου 1 έως 2 μm . Τα μυοϊνίδια δομούνται με επαναλαμβανόμενα κατά μήκος νημάτια, τα σαρκομέρια. Στο μέσο του κάθε σαρκομερίου, σε παράλληλη, κατά μήκος στοίχιση, βρίσκονται τα παχιά νημάτια μυοσίνης, σχηματίζοντας με την παράλληλη στοίχιση τους μια σκούρα λωρίδα τη ζώνη A. Το σαρκομέριο οριοθετείται από τις γραμμές Z, στις οποίες είναι προσδεμένα τα λεπτά νημάτια ακτίνης, τροπονίνης και τροπομυοσίνης από την μια άκρη, ενώ από την άλλη, ενώνονται με τα παχιά νημάτια. Έτσι τα σαρκομέρια συνορεύουν μεταξύ τους με τις γραμμές Z. Στην ένωση δύο σαρκομερίων, ανάμεσα στις ζώνες A των δύο σαρκομερίων, τα λεπτά νημάτια και η γραμμή Z σχηματίζουν μια φωτεινή λωρίδα τη ζώνη I. Ανάμεσα στα παχιά νημάτια, στο κέντρο της ζώνης A βρίσκεται η ζώνη H, μια φωτεινή λωρίδα που ορίζεται από τις άκρες των λεπτών νηματίων και εμπεριέχονται μόνο παχιά νημάτια. Στο κέντρο της ζώνης H και ανάμεσα στα λεπτά νημάτια, συναντάται η

στενή σκούρα λωρίδα, γνωστή ως γραμμή M, που συγκρατεί τα παχιά νημάτια ενωμένα. Επιπλέον, οι γραμμές Z ενώνονται με τις άκρες των παχίων νηματίων με νημάτια δεματίων τιτίνης. Εντός του σαρκομερίου, κάθε παχύ νημάτιο περιβάλλεται από λεπτά νημάτια σε εξαγωνική διάταξη, όπου κάθε λεπτό νημάτιο περιβάλλεται από παχιά νημάτια σε τριγωνική διάταξη. Ο αριθμός των λεπτών νηματίων είναι πάντα διπλάσιος από των παχίων στην περιοχή δράσης τους. Μεταξύ των λεπτών και παχίων νηματίων συναντώνται οι εγκάρσιες γέφυρες, δέσμες μορίων μυοσίνης που προεξέχουν από τα παχιά νημάτια προς τα λεπτά και προσδένονται σε αυτά κατά τη μυϊκή συστολή ασκώντας τους ελκτική δύναμη (Vander, 2001).

Συστολή είναι η ενεργοποίηση των εγκάρσιων γεφυρών σε μια μυϊκή ίνα για την παραγωγή δύναμης. Η πυροδότηση της συστολής γίνεται με την παρουσία δυναμικού ενέργειας στο σαρκοπλασματικό δίκτυο, από όπου απελευθερώνεται ασβέστιο στο κυτοσόλιο. Έπειτα η τροπονίνη των λεπτών νηματίων υποδέχεται τα ιόντα ασβεστίου, αλλάζει σχήμα, μεταδίδει την αλλαγή στην τροπομυοσίνη και αποκαλύπτονται οι θέσεις πρόσδεσης των εγκάρσιων γεφυρών στην ακτίνη. Οι εγκάρσιες γέφυρες προσδένονται στην ακτίνη και διαγράφοντας τοξοειδή τροχιά, φέρουν τα λεπτά νημάτια προς το κέντρο του σαρκομερίου, βραχύνοντας το. Όσο η συστολή δεν αναχαιτίζεται από επαναπορρόφηση του κυτοσολικού ασβεστίου στο σαρκοπλασματικό δίκτυο, οι εγκάρσιες γέφυρες συνεχίζουν σε κυκλική τροχιά (Vander, 2001).

Μυϊκή τάση είναι η δύναμη που ασκεί κατά τη συστολή του ένας μυς πάνω σε μια εξωτερική αντίσταση, η οποία ασκεί το φορτίο, μια αντίθετη στη μυϊκή τάση δύναμη. Το σχετικό μέγεθος τάσης και φορτίου καθορίζουν αν από την παραγωγή δύναμης θα προκληθεί βράχυνση στο μυ. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει η δύναμη της τάσης να είναι για επαρκές χρονικό διάστημα μεγαλύτερη από το φορτίο. Η συστολή με αυτό το αποτέλεσμα ονομάζεται ομόκεντρη (Vander, 2001). Κατά την ομόκεντρη συστολή, η δύναμη που παράγει μέσα ο μυς υπερνικά την εξωτερική αντίσταση και προκαλεί μείωση του μήκους του (Μπαλτόπουλος, 2003). Όταν το φορτίο είναι μεγαλύτερο από την τάση, έλκει το μυ προς την κατεύθυνση του

προκαλώντας την επιμήκυνση του, έχουμε την έκκεντρη συστολή (Vander, 2003). Η έκκεντρη συστολή εντοπίζεται τη στιγμή που ο μυς «φρενάρει» την κίνηση, όπως τη συστολή των μυών της ωμικής ζώνης κατά την αθλητική προσπάθεια του ακοντιστή μετά την εκτόξευση του ακοντίου (Μπαλτόπουλος, 2003).

Η περίπτωση κατά την οποία η δύναμη της τάσης είναι σταθερά ίση με το φορτίο, διατηρώντας το μήκος του μυός σταθερό, ονομάζεται ισομετρική συστολή. Ισομετρική συστολή είναι η συγκράτηση μιας εξωτερικής αντίστασης σε σταθερή θέση στο χώρο ή η προσπάθεια έλξης ή ώθησης ενός φορτίου πολύ μεγαλύτερου της μυϊκής τάσης, όπως για παράδειγμα το σπρώξιμο του τοίχου). Κατά τη διάρκεια της συστολής αυτής, οι εγκάρσιες γέφυρες αδυνατούν να μεταφέρουν τα λεπτά νημάτια αλλά ασκούν ισομετρική τάση πάνω τους (Vander, 2001). Κατά την ισομετρική συστολή δεν υπάρχει παραγωγή μηχανικού έργου.

Η ισομετρική συστολή εντοπίζεται σε περίπτωση δράσης μιας εξωτερικής δύναμης στην αντίστοιχη άρθρωση, προστατεύοντας και υποστηρίζοντας τα μαλακά μόρια για αποφυγή κακώσεων. Επιπλέον, για την παραγωγή ισχυρού εξωτερικού έργου από μια άρθρωση, οι παρακείμενες αρθρώσεις ακινητοποιούνται με στατική συστολή. Χαρακτηριστικό της ισομετρικής συστολής είναι ταχύτερη από την ισοτονική κόπωση, λόγω της συμπίεσης των αγγείων που παρακωλύει την αγγειακή κυκλοφορία (Μπαλτόπουλος, 2003).

2.1.1. Μυϊκός κάματος

Κάτι που μπορεί να σταματήσει ή να εμποδίσει τη μυϊκή συστολή είναι ο μυϊκός κάματος. Ο Vollestad ορίζει το μυϊκό κάματο ως την ασκησιογενή μείωση της μέγιστης ικανότητας για παραγωγή δύναμης ή ισχύος (Vollestad, 1997). Στην περίπτωση μιας συνεχούς, υπομέγιστης παραγωγής έργου από τους μύες, η κόπωση μπορεί να επέλθει από κατάπτωση των αποθεμάτων ενέργειας. Αντίθετα, σε μια στιγμιαία μέγιστης έντασης συστολή, οι παράγοντες που προκαλούν το μυϊκό κάματο χωρίζονται στον κεντρικό και τον περιφερικό κάματο (Κλεισούρας, 2011).

Η ειδοποιός διαφορά των δύο τύπων είναι η τοποθεσία που εντοπίζεται η πηγή του καμάτου στην αλυσιδωτή πορεία του διεγερτικού σήματος της μυϊκής

συστολής, από τον εγκεφαλικό φλοιό μέχρι τις εγκάρσιες γέφυρες των μυοϊνιδίων. Για τον κεντρικό κάματο, οι πηγές μπορεί να εντοπίζονται στην χαμηλή επάρκεια αποστολής διεγερτικών σημάτων από τον εγκεφαλικό φλοιό στους κινητικούς νευρώνες, καθώς και στην αναχαιτισμένη διεγερσιμότητα των ίδιων των νευρώνων, που προκαλείται από αντανακλαστική αναχαίτηση του σήματος από αισθητήρες των μυών. Για τον περιφερικό κάματο, οι πηγές παρατηρούνται στη χαμηλή ευαισθησία του σαρκελήματος, σε αποτυχημένη ζεύξη διέγερσης-συστολής, με παράλληλη χαμηλή απελευθέρωση ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, στην αναστολή του κύκλου των εγκάρσιων γεφυρών και στην μειωμένη επάρκεια μεταβολικής ενέργειας και συσσώρευση μεταβολιτών (Κλεισούρας, 2011).

Ένας παράγοντας που επιταχύνει την εμφάνιση του μυϊκού καμάτου είναι η στατική άσκηση. Κατά την ισομετρική συστολή του μυός, η ενδομυϊκή πίεση ξεπερνά την αρτηριακή πίεση. Αυτό προκαλεί ταυτόχρονη στένωση των αρτηριών και συνεπώς καταστέλλει την αιματική ροή, η οποία αυξάνεται ανάλογα την ένταση της προσπάθειας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ισχαιμία του μυός και προκαλεί ταχύτερο μυϊκό κάματο (Κλεισούρας, 2011). Δεδομένα ερευνών δείχνουν ότι ακόμη και με ισομετρική συστολή έντασης 50% της μέγιστης δύναμης, η αιματική ροή διακόπτεται πλήρως και η μυϊκή αντοχή περιορίζεται σημαντικά (Edwards, et al. 1972; Sejersted, et al. 1984; Fulco, et al. 1995)

2.2. Δύναμη

Η δύναμη περιγράφει ποσοτικά την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων, ή ενός σώματος με το περιβάλλον του. Η ελκτική δύναμη της μηχανής του τρένου, η δύναμη που παράγεται στο μυ για να κινηθεί μια άρθρωση είναι δυνάμεις επαφής. Για την πλήρη περιγραφή του διανυσματικού μεγέθους της δύναμης, απαιτείται η κατεύθυνση κατά την οποία ενεργεί και η απόλυτη ποσότητα της, δηλαδή το πόσο «γερά» σπρώχνει η έλκει. Η δύναμη συμβολίζεται με το γράμμα F (force) και η μονάδα μέτρησης της στο S.I. είναι το νιούτον (newton, συντ. N). Σε ένα σώμα μπορούν να ενεργούν περισσότερες από μια δυνάμεις, σε διαφορετικές διευθύνσεις (Young, 1992).

Ο βασικός ρόλος της δύναμης είναι να αλλάξει την κινητική κατάσταση του σώματος στο οποίο επενεργεί. Το σύνολο των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σημείο μπορούν να εκφραστούν ως μια συνισταμένη δύναμη. Όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα εκμηδενίζεται, τότε η κινητική κατάσταση του σώματος διατηρείται σταθερή, είτε σε ηρεμία, είτε σε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, όπως ορίζεται από το Νεύτωνα στον πρώτο νόμο του. Όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι σταθερή, τότε το σώμα κινείται με σταθερά αυξανόμενη ταχύτητα, δηλαδή με σταθερή επιτάχυνση, με μέτρο ανάλογο της δύναμης. Επιπλέον, η κατεύθυνση της επιτάχυνσης είναι ίδια με εκείνη της δύναμης. Η επιτάχυνση συμβολίζεται με το γράμμα a και η μονάδα μέτρησης της στο S.I. είναι τα μέτρα ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο (meters/second^2 , συντ. m/s^2). Η δύναμη καθορίζει ανάλογα το μέτρο και την κατεύθυνση της επιτάχυνσης του σώματος, άρα το πηλίκο των δύο μεγεθών είναι για το δεδομένο σώμα πάντα σταθερό, ανεξάρτητα από το μέγεθος της δύναμης. Αυτό το πηλίκο ονομάζεται αδρανειακή μάζα (ή μάζα) του σώματος και συμβολίζεται με m και η μονάδα μέτρησης της στο S.I. είναι το χιλιόγραμμο (kilogram , συντ. kg). Η σχέση αυτή περιγράφεται από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα: $\Sigma F = m \cdot a$, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα ισούται με την αδρανειακή μάζα του σώματος επί την επιτάχυνση που προκύπτει από την εφαρμογή της δύναμης. Έτσι μπορεί να οριστεί και το νιούτον: Δύναμη ενός νιούτον δίνει επιτάχυνση ένα μέτρο ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο σε ένα σώμα μάζας ενός χιλιόγραμμου (Young, 1992).

Στη μηχανική, οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντοτε ανά ζεύγη, διότι η δύναμη που ασκείται πάνω σε ένα σώμα προκύπτει από την αλληλεπίδραση του με άλλο σώμα. Κατά το χτύπημα μιας μπάλας ποδοσφαίρου, η δύναμη που ασκεί το πόδι στην μπάλα προκαλώντας τη μεταβολή της κινητικής της κατάστασης, προκαλεί την δημιουργία δύναμης ίσου μέτρου αλλά αντίθετης φοράς από τη μπάλα προς το πόδι. Αυτό το φαινόμενο περιγράφεται στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, όπως διατυπώνεται από τον ίδιο μεταφρασμένη από τα λατινικά του Principia: «Για κάθε δράση υπάρχει πάντοτε αντιτιθέμενη μια ίση αντίδραση ή οι αμοιβαίες δράσεις

μεταξύ δύο σωμάτων, είναι πάντοτε ίσες και κατευθύνονται προς ενάντια μέρη» (Young, 1992).

Μυϊκή δύναμη είναι η τάση που παράγεται από μια μυϊκή ίνα, ένα μυ, ή μια μυϊκή ομάδα. Συνήθως, *in vivo*, έχουμε ενεργοποίηση μυϊκών ομάδων για παραγωγή δύναμης και όχι απομονωμένων μυϊκών ινών (Κλεισούρας, 2011).

2.3. Μυϊκή δύναμη, κόπωση και αθλητική απόδοση

Ως μυϊκή δύναμη ορίζεται η ικανότητα που έχει το σώμα να ασκεί δύναμη σε ένα εξωτερικό αντικείμενο ή αντίσταση (Stone, 1993; Siff, 2001). Έρευνες έχουν δείξει ότι ένας βασικός παράγοντας που καθορίζει την αθλητική απόδοση είναι η ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης στη μονάδα του χρόνου, γνωστή και ως ισχύς, ή εκρηκτική δύναμη, λόγω της απαίτησης γρήγορων κινήσεων (άλματα, επιταχύνσεις, κ.α.) σε πληθώρα αθλημάτων (Aagaard, et al. 2002; Stone, et al. 2002). Η προϋπάρχουσα βιβλιογραφία συστήνει ότι η αύξηση της μέγιστης δύναμης είναι ένας πολύ βασικός παράγοντας βελτίωσης της εκρηκτικής δύναμης (Aagaard, et al. 2002; Andersen & Aagaard, 2006).

Ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας για την αθλητική απόδοση είναι η εξωτερική μηχανική δύναμη, δηλαδή το σύνολο των δυνάμεων που παράγονται στις αρθρώσεις του αθλητή κατά την αθλητική προσπάθεια, και αντανακλάται συνήθως ως το αποτέλεσμα αυτής (δρομική ταχύτητα, ταχύτητα ρίψης, ύψος άλματος, κ.α.) (Baker, 2001; Bevan, et al. 2010; Hawley, et al. 1992; Nimphius, et al. 2010; Carlock, et al. 2004; Wisløff, et al. 2004). Σύμφωνα με τον 2ο νόμο του Νεύτωνα, η μηχανική επιτάχυνση, άρα και η αλλαγή της κινητικής κατάστασης που τελικά αναπτύσσει ένα σύστημα εξαρτάται από τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό. Επομένως, αυξάνοντας την εξωτερική μηχανική δύναμη που μπορεί να παράγει το σώμα του αθλητή, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη δρομική ταχύτητα, μεγαλύτερο μήκος διασκελισμού, ψηλότερο άλμα, αυξημένη ταχύτητα ρίψης κ.ο.κ. Έτσι, ο σχεδιασμός της προπόνησης δύναμης επικεντρώνεται στην καθολική αύξηση της ικανότητας παραγωγής εξωτερικής μηχανικής δύναμης κατά την εκάστοτε αθλητική προσπάθεια (Schuomel, et al. 2016).

Ομοίως προκύπτει και η εξάρτηση από τη σωματική δύναμη των επιμέρους ικανοτήτων που καθορίζουν την αθλητική απόδοση και την έκβαση των αθλητικών διοργανώσεων, όπως είναι το άλμα και η ταχύτητα και φυσικά η αποφυγή τραυματισμών. Τα άλματα περιλαμβάνονται τόσο στα αντίστοιχα αγωνίσματα του στίβου (άλμα εις μήκος, άλμα εις ύψος) όσο και σε φάσεις διαφόρων άλλων αθλημάτων όπως κατά διεκδίκηση στην καλαθοσφαίριση, το μπλοκ στην πετοσφαίριση, κ.α. (Schuomel, et al. 2016). Το ύψος του άλματος προκύπτει από την εξωτερική μηχανική δύναμη που παράγει το σώμα του αθλητή ενάντια στο σωματικό του βάρος. Έρευνες έχουν δείξει ότι η προπόνηση δύναμης μπορεί να προκαλέσει αύξηση στην παραγόμενη δύναμη κατά το άλμα, όπως και υψηλή συσχέτιση της μέγιστης δύναμης και της αλτικής ικανότητας (Cormie, et al. 2010; Cormie et al. 2009; Cormie, et al. 2010). Αντίστοιχα, η προϋπάρχουσα βιβλιογραφία έχει δείξει υψηλή συσχέτιση της ικανότητας παραγωγής δύναμης και του μήκους και της συχνότητας του διασκελισμού, μεγέθη που καθορίζουν τη δρομική ταχύτητα του αθλητή που αποτελεί σημαντικό κομμάτι της αθλητικής προσπάθειας σε αγωνίσματα του στίβου αλλά και σε άλλα αθλήματα όπως η ποδοσφαίριση, το ράγκμπι κ.α. (Weyand, et al. 2000; Weyand, et al. 2010). Τέλος, πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι η αυξημένη δύναμη σχετίζεται με χαμηλότερο κίνδυνο τραυματισμών στους αθλητές, καθώς συνοδεύεται με προσαρμογές στην δομή των οστών, συνδέσμων και τενόντων (Lehnhard, et al. 1996; Sole, et al. 2013; Jacobs, Mattacola, 2005; Emery, Meeuwisse, 2010; Fleck, Falkel, 1986; Kennedy, et al. 2012; Lauersen, et al. 2014; Radin, 1986).

Εκτός όμως από τα δυναμικά και ταχυδυναμικά αθλήματα, η δύναμη έχει φανεί ότι βελτιώνει την απόδοση και σε αγωνίσματα αντοχής όπως η ποδηλασία. Για χρόνια, ρόλος της προπόνησης δύναμης και ισχύος στην ποδηλασία αντοχής αποτελεί ένα αμφιλεγόμενο θέμα στους κύκλους των αθλητών, των προπονητών και των επιστημών που μελετούν το άθλημα (Mujika, et al. 2016). Παρ' όλα αυτά, τελευταίες μελέτες έχουν δείξει ότι η προπόνηση αντιστάσεων μπορεί, όταν είναι εξατομικευμένη στις ανάγκες των αθλητών αντοχής, να λειτουργεί υποστηρικτικά στην προπόνηση, και συνεπώς στη βελτίωση της απόδοσης (Aagaard, et al. 2011; Parcell, et al. 2009; Rønnestad, et al. 2010; Paton, Hopkins, 2005; Rønnestad, et

al. 2011). Η απόδοση στην ποδηλασία αντοχής συνήθως καθορίζεται από την ικανότητα διατήρησης της παραγωγής μέγιστης ισχύος και το ενεργειακό κόστος για τη διατήρηση της ταχύτητας του αγώνα (Mujika, et al. 2016). Επιπλέον, η ικανότητα επίτευξης μέγιστης ταχύτητας και η αναερόβια ικανότητα μπορούν να καθορίσουν την έκβαση του αγώνα, λόγω αυξομειώσεων του αγωνιστικού ρυθμού, για δημιουργία αποσπασμένων γκρουπ και σε περιπτώσεις μαζικών τερματισμών (σπριντ) (Mujika, et al. 2016). Η προπόνηση δύναμης μπορεί να συμβάλλει σε όλες αυτές τις παραμέτρους με την αύξηση της ενεργειακής οικονομίας, παράταση της κόπωσης και αύξηση της αναερόβιας ικανότητας και της μέγιστης ταχύτητας (Aagaard, Andersen, 2010; Rønnestad, Mujika, 2014).

Εκτός από τη μέγιστη δύναμη, σημαντικό περιοριστικό ρόλο στην απόδοση των αθλητικών δεξιοτήτων έχει και η μυϊκή αντοχή, η αντίσταση δηλαδή στον μυϊκό κάματο. Γνωρίζουμε ότι ο κάματος επέρχεται όταν δεν είναι δυνατή η διατήρηση της μέγιστης παραγωγής δύναμης από τον μυ. Όμως, πολλές αθλητικές δεξιότητες περιλαμβάνουν υπομέγιστα φορτία στους πρωταγωνιστές μύες. Έρευνες έχουν δείξει ότι κατά τη διάρκεια παρατεταμένων υπομέγιστων φορτίων (<90% της μέγιστης δύναμης), ο τερματισμός εκτέλεσης της άσκησης προκαλούταν από μυϊκό κάματο, όχι των πρωταγωνιστών μυών, αλλά των εισπνευστικών μυών, που αδυνατούσαν να διαχειριστούν την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και τον κορεσμό του οξυγόνου στις αρτηρίες, προκαλώντας υπερκαπνία και δύσπνοια, δηλαδή επιθυμία για εισπνεόμενο αέρα (McKenzie, et al. 1997; Gorman, et al. 1999; Rohrbach, et al. 2003). Επιπλέον, μελέτες που περιλάμβαναν παρακολούθηση του καμάτου ταυτόχρονα στους πρωταγωνιστές αλλά και τους συνεργούς μύες, όπως οι μύες που εργάζονταν για να διατηρήσουν τη στάση, έδειξαν ότι η απόδοση της άσκησης μπορεί να περιοριστεί από αυξημένο κάματο στους δεύτερους (Le Bozec & Bouisset, 2004; Rudroff, et al. 2007)

2.4. Αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης και του καμάτου

Το αθλητικό προφίλ πρέπει να εμπεριέχει μετρήσεις φυσιολογικές, βιομηχανικές, ανθρωπομετρικές και απόδοσης, σχετικές με το άθλημα και την ειδίκευση του αθλητή (McMaster, et al. 2014). Τέτοιες μετρήσεις περιλαμβάνουν

τον προσδιορισμό της αερόβιας (Bangsbo, et al. 2008; Cunniffe, et al. 2009) και αναερόβιας ικανότητας (Durocher, et al. 2008; Dumke, et al. 2006), της ικανότητας για επαναλαμβανόμενα σπριντ (Barbero, et al. 2010; Buchheit, et al. 2010), της ικανότητας για μέγιστη ταχύτητα (Duthie, et al. 2006; Haugen, et al. 2012), της ευκινησίας (Mayhew, et al. 2010; Gabbett, 2006), της μέγιστης δύναμης (Argus, et al. 2009; Roberts, et al. 2008), της βαλλιστικής δύναμης άνω και κάτω άκρων, της ταχύτητας και παραγωγής δύναμης, της αρχιτεκτονικής των μυών και ανθρωπομετρίας (Baker, 2001; Bevan, et al. 2010), της λειτουργικής κινητικότητας και ευκαμψίας (Parchmann, McBride, 2011; Zakas, et al. 2006). Όλες αυτές οι μετρήσεις είναι χρήσιμες στον εντοπισμό ταλέντων, την δημιουργία προτύπων απόδοσης, την πρόβλεψη της απόδοσης και ικανότητας του αθλητή να διακριθεί στο άθλημα του (McGuigan, et al. 2009; Corcoran, 2010; Duthie, 2006). Οι μέθοδοι και τα συστήματα μέτρησης είναι συνεχώς εξελισσόμενα και βελτιούμενα ως προς την ακρίβεια και την χρηστικότητα τους (McMaster, et al. 2014).

Ως μέγιστη δύναμη μπορεί να οριστεί το μέγιστο ποσό δύναμης που μπορεί να παράγει ο αθλητής ενάντια σε συγκεκριμένη αντίσταση, ισομετρικά ή δυναμικά, σε μια δεδομένη κίνηση. (Stolen, et al. 2005) Η μέγιστη δύναμη παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση πολλών αθλημάτων, κυρίως αθλημάτων επαφής, ριπτικών αγωνισμάτων και άρση βαρών (McMaster, et al. 2014; Sale, et al. 1981; Stone, et al. 2005). Για τη μέτρηση της μέγιστης δύναμης πρέπει να καθοριστούν κάποιες παράμετροι που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της μέτρησης. Αυτές είναι το όργανο και σύστημα μέτρησης, το κινητικό πρότυπο, ο τύπος της μυϊκής συστολής, το εύρος κίνησης, το πρωτόκολλο προθέρμανσης, το κίνητρο και το διαδικασία προοδευτικής φόρτισης (McMaster, et al. 2014).

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος μέτρησης της δυναμικής μέγιστης δύναμης είναι η μέθοδος της 1 μέγιστης επανάληψης (1RM), στις ασκήσεις πίεση πάγκου (bench press), κάθισμα (back squat) και άρση βάρους από το έδαφος ως το ύψος των ώμων (clean) (Cronin, Hansen, 2005; Hasegawa, 2004; Argus, et al. 2014; Hermassi, et al. 2010). Για την αποφυγή φόρτισης του αθλητή με υπέρμετρη εξωτερική αντίσταση, έχουν αναπτυχθεί δοκιμασίες υπομέγιστης έντασης που μπορούν να

προβλέψουν την 1RM με σχετική ακρίβεια. (Rontu, et al. 2010; Pereira, Gomez, 2003).

Ο υπολογισμός της μέγιστης ισομετρικής δύναμης είναι λιγότερο δημοφιλής από την 1RM λόγω της ανάγκης λιγότερο προσιτών εργαλείων μέτρησης, όπως το δυναμοδάπεδο ή το μανόμετρο. (West, et al. 2011; Wilson, Murphy, 1996; Haff, et al. 2005). Παρ' όλα αυτά έχει βρεθεί υψηλή συσχέτιση της ικανότητας παραγωγής δυναμικής και ισομετρικής μέγιστης δύναμης, μολονότι το ποσό της μέγιστης ισομετρικής δύναμης είναι αυξημένο σε σχέση με τη δυναμική (Haff, et al. 2005; McGuigan, et al. 2010; West, et al. 2011). Για τον προσδιορισμό της μέγιστης ισομετρικής δύναμης των κάτω άκρων χρησιμοποιούνται οι ασκήσεις στατικό κάθισμα, σε εύρος γωνίας γόνατος 90° - 140° , και η στατική άρση θανάτου, σε εύρος γωνίας γόνατος 120° - 145° , με χρήση δυναμοδαπέδων και μανόμετρων (West, et al. 2011; Blazevich, et al. 2002). Όσον αφορά τα άνω άκρα, οι πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι η χρήση δυναμοδαπέδου και μανόμετρου στην άσκηση στατική πίεση πάγκου, σε εύρος γωνίας αγκώνα 90° - 135° και απόσταση της εξωτερικής επιβάρυνσης από το στήθος 2-50 cm (Wilson, Murphy 1996; Farup, et al. 2010).

Η μέτρηση του μυϊκού καμάτου μπορεί να γίνει είτε με τη μέθοδο της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής δύναμης, είτε με επαναλαμβανόμενες ομόκεντρες συστολές σε ένα ποσοστό της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (Vollestad 1997). Στην πρώτη περίπτωση, ο δοκιμαζόμενος παράγει μέγιστη εκούσια δύναμη για ένα χρονικό διάστημα ενός λεπτού, όπου καταγράφεται η πτώση της παραγόμενης δύναμης. Στη δεύτερη περίπτωση, εκτελούνται υπομέγιστες ομόκεντρες συστολές, έντασης 45% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, μέχρις ότου παρατηρηθεί αδυναμία διατήρησης της δύναμης αυτής, όπου επέρχεται η εξάντληση (Vollestad 1997).

Ο πιο αξιόπιστος δείκτης για τον κάματο κατά τη δυναμική άσκηση είναι η μυϊκή ισχύς (Sargeant, et al. 1993). Η μέθοδος αξιολόγησης περιλαμβάνει υπερμέγιστη παραγωγή ισχύος είτε σε κυκλοεργόμετρο, είτε σε ισοκινητικό δυναμόμετρο, για περιορισμένο χρόνο κατά τον οποίο καταγράφεται η πτώση της παραγόμενης ισχύος (Karatzafiri, et al. 2000). Η παραγόμενη ισχύς παρακμάζει αντίστοιχα με την πτώση της δύναμης που παρατηρείται στη μέθοδο της μέγιστης

εκούσιας ισομετρικής συστολής, αλλά σε αντιστοιχία με τον κάματο που προκάλεσε η δυναμική υπομέγιστη παρατεταμένη άσκηση (Newham, et al. 1991). Συνεπώς, ο μυϊκός κάματος που προκαλούν τα διαφορετικά είδη και οι διάφορες εντάσεις συστολής, είναι συγκρίσιμος (Κλεισούρας, 2011).

2.5. Η μέθοδος της χειροδυναμομέτρησης

Η χειροδυναμομέτρηση αποτελεί μια πρακτική, γρήγορη μέθοδο μέτρησης της μέγιστης εκούσιας παραγωγής δύναμης της άκρας χειρός (Bohannon, 2015; Innes, 1999). Αποτελεί βιοδείκτη της γήρανσης, καθώς πολλές έρευνες υποστηρίζουν πως αντικατοπτρίζει την συνολική σωματική δύναμη, καθώς και την συνολική σωματική υγεία (Bohannon, 2019). Παρ' όλα αυτά οι κλινικοί και οι επιστήμονες τη συνδυάζουν με αξιολόγηση της δύναμης των κάτω άκρων για να έχουν μια πιο αξιόπιστη εικόνα της συνολικής σωματικής δύναμης (Felicio, et al. 2014; Sanderson, et al. 2016). Η έρευνα των Wang και Chen έθεσε ως τιμές αναφοράς για τη δύναμη στη χειροδυναμομέτρηση σε ηλικιωμένους ενήλικες, ώστε να μπορούν να εκτελέσουν δύσκολες εργασίες, όπως για παράδειγμα η μεταφορά βάρους 11 χιλιογράμμων, τα 18,5 χιλιόγραμμα για τις γυναίκες και τα 28,5 χιλιόγραμμα για τους άνδρες.

Χρησιμοποιείται τόσο για αξιολόγηση τραυματισμών στην άκρα χείρα, καθώς και ως αξιόπιστος δείκτης της συνολικής σωματικής δύναμης, της διατροφικής κατάστασης, της μυϊκής μάζας και της επίδοσης βάδισης (Bohannon, 2015; Innes, 1999). Έχει επίσης κλινική αξία, αφού αποτελεί δείκτη υπέρτασης και διαβήτη τύπου 2 (Mainous, et al. 2015) καθώς και πρόβλεψη για θνησιμότητα από καρδιαγγειακές νόσους και για ανακοπές καρδιάς, εγκεφαλικά επεισόδια (Leong, et al. 2015), αναπηρίες και χειρουργικές επιπλοκές (Bohannon, 2008).

Σημαντική είναι και η χρηστική αξία της μεθόδου σχετικά με τις ψυχικές παθήσεις. Παρ' όλο που η επίδραση της φυσικής κατάστασης στην ψυχική υγεία είναι αβέβαιη, υπάρχουν έρευνες που συνδέουν την μυϊκή ατροφία λόγω γήρανσης με τις ψυχικές ασθένειες (Christensen et al. 2001; Mehta et al. 2002). Η μειωμένη δύναμη στη χειροδυναμομέτρηση έχει συνδεθεί με την πτώση της φυσικής

κατάστασης με την γήρανση (Veronese et al. 2017), όπως επίσης χρησιμοποιείται ως πρόβλεψη για τη μελλοντική καθημερινή φυσική δραστηριότητα (Rantanen et al. 1999). Σε γενικές γραμμές, η χειροδυναμομέτρηση αποτελεί μία αξιόπιστη, μη επεμβατική μέθοδο προσδιορισμού της φυσικής κατάστασης, τόσο με κλινική, όσο και ερευνητική χρησιμότητα (Giampaoli et al. 1999; Onder et al. 2005). Διάφορες έρευνες συσχετίζουν τη μειωμένη δύναμη στη χειροδυναμομέτρηση με τον κίνδυνο εμφάνισης ψυχικών ασθενειών, στους πληθυσμούς του δυτικού κόσμου (Alfaro-Acha et al. 2006; Buchman et al. 2007). Η έρευνα της Kim J. έδειξε μια σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση στη χειροδυναμομέτρηση και την ψυχική υγεία συμπεριλαμβάνοντας ένα μεγάλο δείγμα πληθυσμού και δεδομένα από 10ετή παρακολούθηση, προτείνοντας μια σημαντική σχέση της σωματικής δύναμης και γνωστικής λειτουργίας.

Οι μετρήσεις της χειροδυναμομέτρησης αξιολογούνται σε σύγκριση με νόρμες ή τιμές αναφοράς που έχουν δημιουργηθεί για την εκάστοτε περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του δοκιμαζόμενου (φύλο, ηλικία, σωματομετρικά χαρακτηριστικά) καθώς και το σκοπό της μέτρησης (αξιολόγηση τραυματισμών, προσδιορισμός σωματικής δύναμης, κλπ.) (Wong, 2016). Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας έχει καταλήξει στους παρακάτω πίνακες (πίνακας 1, πίνακας 2) που αφορά τον Καναδικό γενικό πληθυσμό (Wong, 2016).

Πίνακας 1. Πίνακας τιμών μέγιστης δύναμης στη χειροδυναμομέτρηση ανάλογα με την ηλικία, για τον καναδικό ανδρικό πληθυσμό. (Wong, 2016)

Ηλικία (έτη)	Μέγιστη δύναμη στη χειροδυναμομέτρηση						
	Άνδρες						
	Εκατοστημόριο						
	5°	10°	25°	50°	75°	90°	95°
6	5.3	5.9	7	8	9	10.1	10.7
7	6.2	7	8.3	9.6	11	12.4	13.1
8	7.4	8.3	9.7	11.3	13	14.7	15.6
9	8.9	9.9	11.5	13.4	15.5	19.4	18.4
10	10.3	11.5	13.3	15.4	17.7	19.8	21
11	12.3	13.6	12.6	18.1	20.8	23.2	24.6
12	14.4	15.9	18.2	21	24.1	26.7	28.4
13	17.3	18.9	21.6	24.9	28.4	31.3	33.3
14	20.5	22.3	25.5	29.1	33.1	36.3	38.6
15	23.6	25.6	29.1	33.2	37.4	41	43.5
16	26.1	28.2	32.1	36.4	40.9	44.7	47.4
17	27.8	30	33.9	38.4	43.1	47	49.8
18	29.1	31.3	35.3	39.9	44.7	48.7	51.6
19	30.3	32.5	36.6	41.2	46.1	50.2	53.2
20-24	32	34.2	38.2	42.9	47.7	51.9	54.8
25-29	34.3	36.5	40.5	45.2	49.9	54.2	57.1
30-34	35.9	38.2	42.4	46.9	51.5	55.8	58.7
35-39	36.9	39.2	43.2	47.9	52.5	56.8	59.7
40-44	37.2	39.7	43.6	48.4	52.9	57.2	60
45-49	36.9	39.4	43.4	48.1	52.6	56.9	59.7
50-54	35.9	38.5	42.5	47.3	51.7	56	58.8
55-59	34.2	37	41.1	45.9	50.1	54.4	57.2
60-64	31.8	34.9	39	43.8	48	52.1	55
65-69	28.8	32.1	36.3	41.1	45.2	49.2	52.1
70-74	25.1	28.6	33	37.7	41.8	45.7	48.6
75-79	20.7	24.5	29.1	33.7	37.8	41.5	44.4

Πίνακας 2. Πίνακας τιμών μέγιστης δύναμης στη χειροδυναμομέτρηση ανάλογα με την ηλικία για τον καναδικό γυναικείο πληθυσμό. (Wong, 2016)

Ηλικία (έτη)	Μέγιστη δύναμη στη χειροδυναμομέτρηση						
	Γυναίκες						
	Εκατοστημόριο						
	5°	10°	25°	50°	75°	90°	95°
6	4.2	4.7	5.9	6.9	8.4	9.7	10.6
7	5.7	6.3	7.6	8.8	10.4	11.8	12.7
8	7.3	7.9	9.3	10.7	12.4	13.9	14.9
9	8.7	9.5	10.9	12.5	14.3	16	17
10	10.4	11.2	12.8	14.6	16.5	18.3	19.3
11	12.4	13.3	15	17.1	19.1	21	22.1
12	16.2	15.3	17.2	19.5	21.7	23.8	24.9
13	15.9	17	19	21.5	24	26.2	27.4
14	17.3	18.5	20.6	23.3	25.8	28.2	29.4
15	18.2	19.4	21.6	24.4	27	29.4	30.7
16	18.7	20	22.2	25	27.7	30.2	31.6
17	19	20.3	22.5	25.3	28	30.6	32
18	19.3	20.6	22.8	25.6	28.4	30.9	32.3
19	19.6	20.8	23	25.9	28.7	31.3	32.7
20-24	20.2	21.5	23.7	26.6	29.4	32	33.5
25-29	21.1	22.3	24.6	27.5	30.3	32.9	34.6
30-34	21.7	22.9	25.2	28.1	31	33.6	35.3
35-39	22	23.2	25.5	28.4	31.3	34	35.7
40-44	21.9	23.2	25.6	28.5	31.4	34	35.8
45-49	21.6	23	25.4	28.3	31.1	33.7	35.5
50-54	21	22.5	25	27.8	30.5	33.1	34.9
55-59	20	21.7	24.2	27	29.7	32.2	33
60-64	18.7	20.6	23.3	25	28.5	31	32.6
65-69	17.2	19.2	22	24.6	27.1	29.5	30.9
70-74	15.3	17.6	20.5	23	25.3	27.7	28.9
75-79	13.1	15.7	18.7	21.1	23.3	25.5	26.6

2.6. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη με τη μέθοδο της ηλεκτρονικής χειροδυναμομέτρησης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Δείγμα

Η πειραματική ομάδα αποτελούταν από 41 άτομα, εκ των οποίων 24 άνδρες (ηλικίας 23 ± 2 ετών, σωματικής μάζας 75.0 ± 11.5 kg, και ποσοστό σωματικού λίπους $9.1\pm 4.1\%$) και 17 γυναίκες (ηλικίας 22 ± 1 ετών, σωματικής μάζας 60.6 ± 6.5 kg, και ποσοστό σωματικού λίπους $16.7\pm 5.5\%$). Οι δοκιμαζόμενοι υποβάλλονταν σε σωματομετρικό έλεγχο, σύστασης σώματος, σωματικής μάζας και αναστήματος, για να εξαιρεθούν εκείνοι με ακραία ποσοστά σωματικού λίπους (υπέρβαροι ή ελλιποβαρής). Για την αξιολόγηση του σωματικού λίπους εφαρμόστηκε η εξίσωση επτά δερματοπτυχών του Siri, με το μέσο όρο δύο μετρήσεων με τη χρήση του δερματοπτυχόμετρου Harpenden, John Bull, St. Albans, England), σύμφωνα με τις δημοσιευμένες οδηγίες. Επιπλέον κριτήρια εξαίρεσης ήταν η συμμετοχή σε οργανωμένη φυσική δραστηριότητα ή εξαντλητική άσκηση, σε διάστημα δύο εβδομάδων από την μέτρηση και η χρήση συμπληρωμάτων διατροφής, φαρμακευτικής αγωγής και το κάπνισμα. Όλες οι διαδικασίες έφεραν την έγκριση της επιτροπής βιοηθικής και δεοντολογίας της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής (ΣΕΦΑΑ) και Αθλητισμού. Οι δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο εργοφυσιολογίας, στις εγκαταστάσεις της ΣΕΦΑΑ.

3.2. Μέθοδος προθέρμανσης

Κάθε δοκιμαζόμενος προσήλθε στο εργαστήριο μια φορά. Αρχικά ενημερωνόταν για το πρωτόκολλο της δοκιμασίας και τους πιθανούς κινδύνους. Στη συνέχεια εκτελούσε προθέρμανση με άσκηση ήπιας έντασης στο χειροκυκλοεργόμετρο (891E, Monark, Vansbro) χρονικής διάρκειας τριών λεπτών η οποία ακολουθούσαν από παθητικές διατάσεις στην άρθρωση του καρπού.

3.3. Δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και αντοχής στη δύναμη

Το πρωτόκολλο που ακολουθήθηκε προέβλεπε την εκτέλεση τριών προσπαθειών μέγιστης έντασης για αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης και μια προσπάθεια μέγιστης έντασης για αξιολόγηση της αντοχής στη δύναμη. Ο

δοκιμαζόμενος εκτελούσε το πρωτόκολλο καθισμένος σε ύψος καθίσματος, τέτοιο ώστε το ο πήχης του αντιβραχίου να εφάπτεται στην επιφάνεια του τραπέζιου, με την άρθρωση του αγκώνα σε γωνία 90°, τον καρπό να βρίσκεται εκτός τραπέζιου και την άκρα χείρα να κρατάει το όργανο μέτρησης στην ουδέτερη θέση.

Αρχικά δινόταν η ευκαιρία για τρεις υπομέγιστες προσπάθειες για την εξοικείωση του δοκιμαζόμενου με το όργανο μέτρησης. Έπειτα εκτελούσε τη δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη με ηλεκτρονικό χειροδυναμόμετρο (100D, BIOPAC, California). Πρώτα εκτελούνταν τρεις μέγιστες προσπάθειες χρονικής διάρκειας τριών δευτερολέπτων, με χρόνο ανάπαυσης ενός λεπτού. Έπειτα από διάλειμμα ενός λεπτού ανάπαυσης οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν μια μέγιστη προσπάθεια τριάντα δευτερολέπτων κατά την οποία ο δοκιμαζόμενος εφάρμοζε τη μέγιστη δύναμη του στο όργανο μέτρησης από τα πρώτα δευτερόλεπτα μέχρι και το τέλος της χρονικής περιόδου μέτρησης. Ως μέγιστη δύναμη θεωρούταν η μέγιστη τιμή της δύναμης που κατέγραψε το όργανο μέτρησης καθ' όλη τη διάρκεια του πρωτοκόλλου, και ως δείκτης της αντοχής στη δύναμη, ο δείκτης κόπωσης που πρόκυπτε από τις καταγεγραμμένες τιμές δύναμης κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη και υπολογίζεται από την παρακάτω μαθηματική εξίσωση:

$$\Delta K (\%) = \frac{\Delta_{(0-5'')} - \Delta_{(25-30'')}}{\Delta_{(0-5'')}} * 100\%$$

3.4. Στατιστική ανάλυση

Η αξιοπιστία των μετρήσεων εξασφαλίζεται από το ότι έγιναν από τον ίδιο ερευνητή και με τη χρήση των ίδιων οργάνων. Επιπλέον οι κατασκευάστριες εταιρίες του εξοπλισμού, εγγυώνται την αξιοπιστία του.

Η παρουσίαση όλων των δεδομένων που παρουσιάστηκαν από τις μετρήσεις (μέσος όρος, τυπική απόκλιση) έγινε με περιγραφική στατιστική. Η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ των αρχικών και τελικών τιμών της δοκιμασίας αξιολόγησης αντοχής στη δύναμη έγινε με την δοκιμασία ελέγχου t-test. Η στατιστική ανάλυση

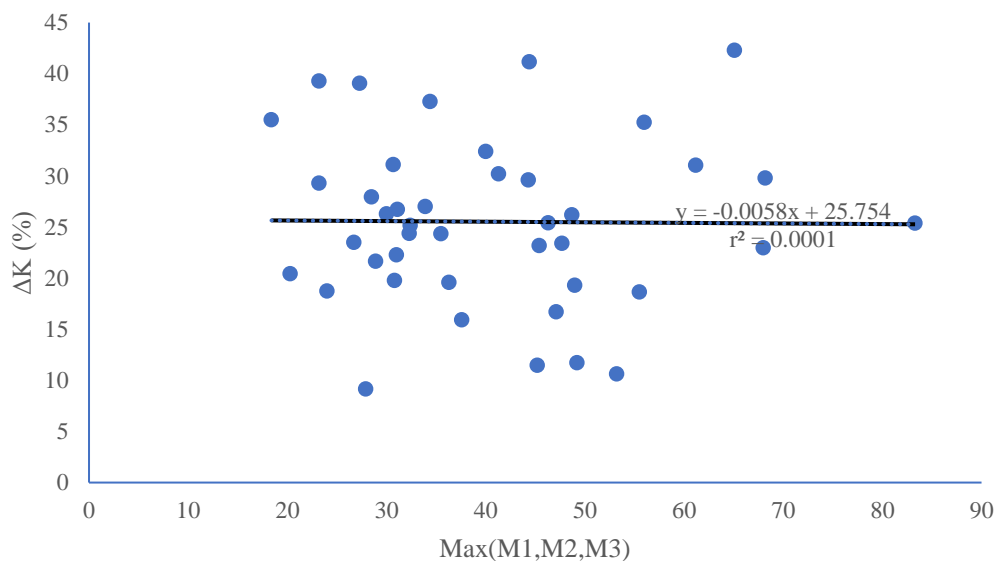
πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Microsoft Office Excel και ο συντελεστής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Συσχέτιση μέγιστης δύναμη και αντοχής στη δύναμη

Οι τιμές μέγιστης δύναμης που προέκυψαν είχαν μέσο όρο $40,56 \pm 14,61$ N, και πιο συγκεκριμένα, για τους άνδρες ήταν κατά μέσο όρο $49,52 \pm 33,78$ N, και $30,7 \pm 18$ για τις γυναίκες.

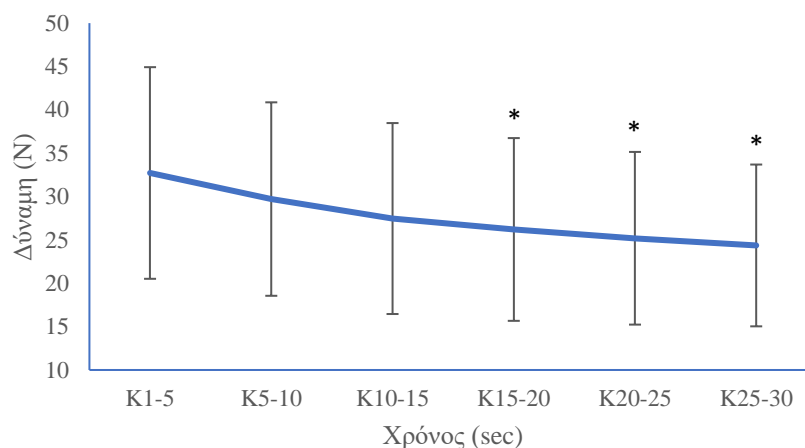
Οι τιμές του δείκτη κόπωσης που προέκυψαν είχαν μέσο όρο $25,52 \pm 8,18$ %. Οι τιμές της μέγιστης δύναμης δεν είχαν σημαντική συσχέτιση με τις τιμές του δείκτη κόπωσης ($r^2 = 0,0001$), όπως φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Συσχέτιση τιμών μέγιστης δύναμης και δείκτη κόπωσης.

4.2. Δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη

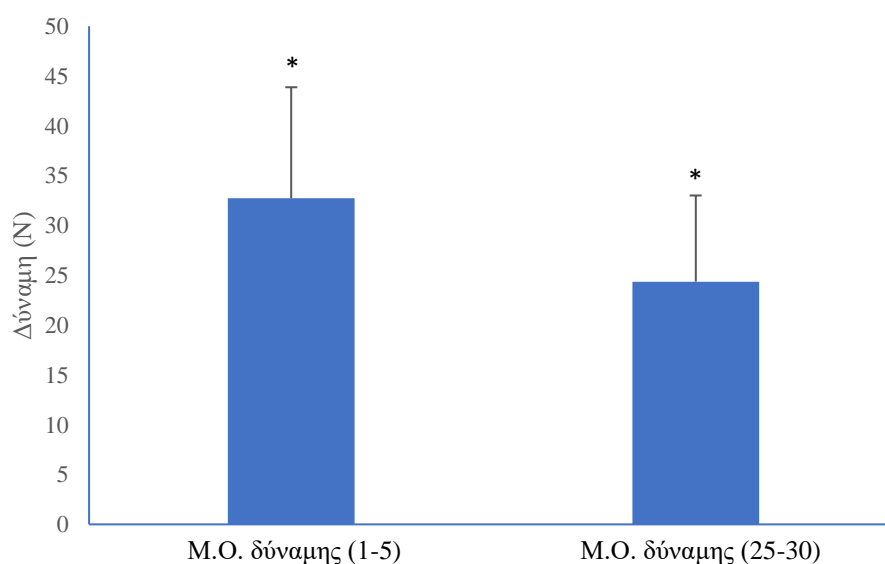
Οι μέσοι όροι των επιμέρους τιμών δύναμης ανά 5 δευτερόλεπτα του χρόνου της δοκιμασίας αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη, έπειτα από στατιστική επεξεργασία δείχνουν ότι οι μέσοι όροι των επιμέρους τιμών ανά 5 δευτερόλεπτα του χρόνου της δοκιμασίας αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη έχουν σταδιακή πτώση με το χρόνο όπως φαίνεται στο σχήμα 2 και στο σχήμα 3.



Σχήμα 2. Δοκιμασία αντοχής στη δύναμη για κάθε 5 δευτερόλεπτα της προσπάθειας.

*σημαντική διαφορά σε σύγκριση με την αρχική τιμή ($p < 0.05$)

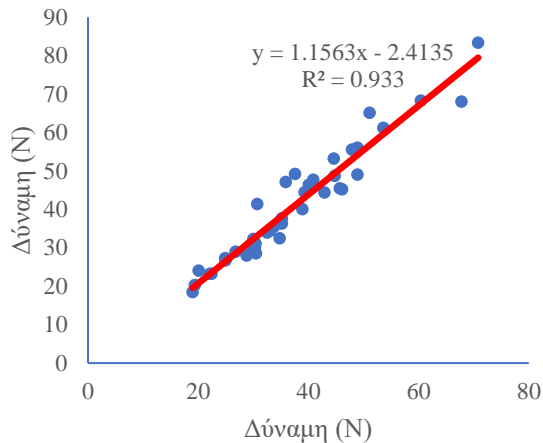
Οι μέγιστες τιμές δύναμης που καταγράφηκαν στα πρώτα δευτερόλεπτα χρόνου της δοκιμασίας αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη ήταν κατά μέσο όρο $37,16 \pm 12,20$ N. Μετά από στατιστική επεξεργασία φάνηκε ότι οι τιμές της μέγιστης



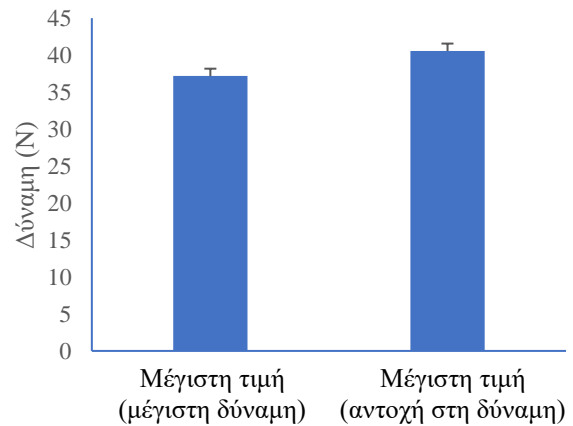
Σχήμα 3. Ραβδόγραμμα σύγκρισης μέσου όρου δύναμης των πρώτων και των τελευταίων 5 δευτερολέπτων κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη.

*σημαντική διαφορά $p < 0.05$ μεταξύ των 2 τιμών

δύναμης είχαν σημαντική συσχέτιση με τις μέγιστες τιμές που καταγράφηκαν στα πρώτα δευτερόλεπτα χρόνου της δοκιμασίας αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη ($R^2=0,933$), όπως φαίνεται στο σχήμα 4 και στο σχήμα 5.



Σχήμα 4. Συσχέτιση μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη.



Σχήμα 5. Ραβδόγραμμα σύγκρισης των μέσων όρων μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης δύναμης και μέγιστων τιμών κατά τη δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να γίνει αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη κάνοντας χρήση της μεθόδου της ηλεκτρονικής χειροδυναμομέτρησης. Επιδιώχθηκε η ενίσχυση της εγκυρότητας και αξιοπιστίας της μεθόδου της χειροδυναμομέτρησης που προτείνει η υπάρχουσα βιβλιογραφία, αλλά και η πρόταση της αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη κατά τη χειροδυναμομέτρηση με τη μέγιστης προσπάθειας δοκιμασία αξιολόγησης των 30 δευτερολέπτων, στα πρότυπα του Wingate test.

5.1. Μέγιστη δύναμη

Οι τιμές της μέγιστης δύναμης που προέκυψαν ήταν κατά μέσο όρο $49,52 \pm 33.78$ N για τους άνδρες και $30,7 \pm 18$ N για τις γυναίκες. Αυτά τα δεδομένα συμφωνούν με τον πίνακα τιμών μέγιστης δύναμης κατά τη χειροδυναμομέτρηση του παγκόσμιου οργανισμού υγείας για τον канаδικό πληθυσμό (πίνακας 1, πίνακας 2) (Wong, 2016).

5.2. Συσχέτιση μέγιστης δύναμης και αντοχής στη δύναμη

Ο συντελεστής συσχέτισης της μέγιστης ισομετρικής δύναμης και της αντοχής στη δύναμη κατά τη χειροδυναμομέτρηση εντοπίστηκε εξαιρετικά χαμηλός ($r^2=0.0001$) όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Αυτό το αποτέλεσμα επιβεβαιώνει τα υπάρχοντα δεδομένα που παρουσιάζονται στο σύγγραμμα «Εργοφυσιολογία», όπου εξηγείται ότι η χαμηλή συσχέτιση οφείλεται στις διαφορετικές συσταλτικές, μεταβολικές και κυκλοφορικές ιδιότητες των μυών των διαφορετικών δοκιμαζομένων (Κλεισούρας, 2011).

5.3. Δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη

Η δοκιμασία αντοχής στη δύναμη που χρησιμοποιήθηκε αποτελούταν από μια συνεχή μέγιστη ισομετρική προσπάθεια χειροδυναμομέτρησης διάρκειας 30 δευτερολέπτων. Η δοκιμασία αυτή σχεδιάστηκε στα πρότυπα του Wingate test, ώστε να υπολογίσει τον δείκτη κόπωσης επί τοις εκατό, για να προσδιοριστεί η αντοχή στη δύναμη των δοκιμαζομένων. Χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό χειροδυναμόμετρο, δόθηκε η δυνατότητα να καταγραφεί με ακρίβεια η καμπύλη παραγωγής δύναμης σε συνάρτηση με το χρόνο. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας έδειξαν σταδιακή πτώση της παραγωγής δύναμης με το χρόνο με στατιστικά σημαντική πτώση κατά τα 15 τελευταία δευτερόλεπτα (σχήμα 2, σχήμα 3). Αυτή η πτώση ομοιάζει με την σταδιακή μείωση της παραγόμενης ισχύος κατά την ποδηλάτιση στο Wingate test (Bar-Or O, 1987).

Στο σύγγραμμα «Εργοφυσιολογία» αναφέρεται ότι η αντοχή στη δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη με το ποσοστό επί τοις εκατό της μέγιστης παραγόμενης δύναμης. Δηλαδή, όσο μικρότερη είναι η παραγωγή δύναμης, τόσο περισσότερο χρόνο δύναται να διατηρηθεί αυτή από τον μυ. Παραγωγή δύναμης μεγέθους 8-10% της μέγιστης μπορεί να διατηρηθεί έως και μια ώρα. Αντίστοιχα, η μέγιστη παραγωγή δύναμης μπορεί να διατηρηθεί ελάχιστα δευτερόλεπτα, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της δοκιμασίας αντοχής στη δύναμη της παρούσας έρευνας (Κλεισούρας, 2011).

Τα σχήματα 4 και 5 επιβεβαιώνουν ότι οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν με επιτυχία τη δοκιμασία αντοχής στη δύναμη καθώς η δύναμη που παρήγαγαν στα πρώτα δευτερόλεπτα είχε σημαντική συσχέτιση με εκείνη που παρήγαγαν στη δοκιμασία μέγιστης δύναμης, όπως προβλεπόταν.

Φαίνεται λοιπόν ότι η δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να πλησιάσει τα επίπεδα αξιοπιστίας και εγκυρότητας του Wingate test, αποτελώντας ταυτόχρονα ένα χρήσιμο και προσιτό εργαλείο στα χέρια κλινικών και ερευνητών. Περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και εγκυρότητας της δοκιμασίας, τόσο σε γενικό πληθυσμό διαφορετικών ηλικιών, όσο και σε κλινικό πληθυσμό και αθλητές υψηλού επιπέδου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα εργασία, στο σύνολο της, διερεύνησε τη χρήση του ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου ως εργαλείο προσδιορισμού της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη. Τα αποτελέσματα φάνηκε να επιβεβαιώνουν την προϋπάρχουσα βιβλιογραφία. Οι τιμές μέγιστης δύναμης που καταγράφηκαν κατά τη χειροδυναμομέτρηση φάνηκε να συμφωνούν με τα βιβλιογραφικά δεδομένα τιμών για το γενικό πληθυσμό. Επιπλέον, παρουσιάστηκε εξαιρετικά χαμηλή συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη των δοκιμαζομένων, πράγμα που ήταν αναμενόμενο λόγω των διαφορών των φυσιολογικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δοκιμαζομένων με υψηλές τιμές μέγιστης δύναμης και εκείνων με αυξημένη αντοχή στη δύναμη. Τέλος, η δοκιμασία αξιολόγησης της αντοχής στη δύναμη των 30 δευτερολέπτων παρουσίασε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, αποτελώντας, ενδεχομένως, μια εύκολη και προσιτή μέθοδο μέτρησης. Συμπερασματικά, η χρήση του ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για τον προσδιορισμό της σωματικής δύναμης, όμως, απαιτείται περαιτέρω έρευνα και βιβλιογραφική υποστήριξη, τόσο σε γενικό πληθυσμό, όσο και σε κλινικό πληθυσμό και σε αθλητές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μπαλτόπουλος Π. (2003), *Ανατομική του Ανθρώπου*, Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης
2. Vander A. (2001), *Φυσιολογία του Ανθρώπου*, Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης
3. Κλεισούρας Β. (2011), *Εργοφυσιολογία*, Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης
4. Vollestad N. (1997), Measurement of human muscle fatigue. *Journal of Neuroscience Methods*, 74(219).
5. Edwards R, Hill D, McDonnell M. (1972) Myothermal and intramuscular pressure measurements during isometric contractions of the human quadriceps muscle. *Journal of Physiology*. 224(58).
6. Sejersted O, Hargens A, Kardel K, et al. (1984) Intramuscular fluid pressure during isometric contraction of human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 56(287).
7. Fulco C, Lewis S, Frykman P, et al. (1995) Quantitation of progressive muscle fatigue during dynamic leg exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*. 79(2154).
8. Kramer, Laird, Young, Hugh D. (2012) Study guide, Sears & Zemansky's *University physics*, 13th edition, Young and Freedman /San Francisco, CA : Pearson,
9. Stone MH. (1993) Position statement: explosive exercises and training. *Natl Strength Cond Assoc J*. 15(3):7–15.
10. Siff M. (2001) *Biomechanical foundations of strength and power training*. In: Zatsiorsky V, editor. *Biomechanics in Sport*. London: Blackwell Scientific Ltd
11. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, et al. (2002) Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol*. 93(4):1318–26.
12. Stone MH, Moir G, Glaister M, et al. (2002) How much strength is necessary? *Phys Ther Sport*. 3(2):88–96.
13. Andersen LL, Aagaard P. (2006) Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *Eur J Appl Physiol*. 96(1):46–52.
14. Baker D. (2001) A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *J Strength Cond Res*. 15(2):198–209
15. Bevan HR, Bunce PJ, Owen NJ, et al. (2010) Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. *J Strength Cond Res*. 24(1):43–7.
16. Hawley JA, Williams MM, Vickovic MM, et al. (1992) Muscle power predicts freestyle swimming performance. *Br J Sports Med*. 26(3):151–5.

17. Nimphius S, McGuigan MR, Newton RU. (2010) Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *J Strength Cond Res.* 24(4):885–95.
18. Carlock JM, Smith SL, Hartman MJ, et al. (2004) The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *J Strength Cond Res.* 18(3):534–9.
19. U, Castagna C, Helgerud J, et al. (2004) Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med.* 38(3):285–8.
20. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10)\
21. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. (2010) Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc.* 42(8):1582–98.
22. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. (2009) Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *J Strength Cond Res.* 23(1):177–86.
23. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. (2010) Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. *Med Sci Sports Exerc.* 42(9):1731–44.
24. Weyand PG, Sandell RF, Prime DNL, et al. (2010) The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *J Appl Physiol.* 108(4):950–61.
25. Weyand PG, Sternlight DB, Bellizzi MJ, et al. (2000) Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *J Appl Physiol.* 89(5):1991–9.
26. Lehance C, Binet J, Bury T, et al. (2009) Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 19(2):243–51.
27. Lehnhard RA, Lehnhard HR, Young R, et al. (1996) Monitoring injuries on a college soccer team: The effect of strength training. *J Strength Cond Res.* 10(2):115–9.
28. Sole CJ, Kavanaugh AA, Reed JP, et al. The sport performance enhancement group: *A five-year analysis of interdisciplinary athlete development.* In: Beckham GK, Swisher A, editors. 8th Annual Coaches and Sport Science College. Johnson City; 2013.
29. Jacobs C, Mattacola C. (2005) Sex differences in eccentric hip-abductor strength and knee-joint kinematics when landing from a jump. *J Sport Rehabil.* 14(4):346–55.
30. Emery CA, Meeuwisse WH. (2010) The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 44(8):555–62.

31. Fleck SJ, Falkel JE. (1986) Value of resistance training for the reduction of sports injuries. *Sports Med.* 3(1):61–8.
32. Kennedy MD, Fischer R, Fairbanks K, et al. (2012) Can pre-season fitness measures predict time to injury in varsity athletes? A retrospective case control study. *BMC Sports Sci Med Rehab.* 4(1):26.
33. Lauersen JB, Bertelsen DM, Andersen LB. (2014) The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med.* 48(11):871–7.
34. Radin EL. (1986) Role of muscles in protecting athletes from injury. *Acta Med Scand.* 220(S711):143–7.
35. Mujika, I., Rønnestad, B. R., & Martin, D. T. (2016). Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 283–289.
36. Aagaard P, Andersen JL, Bennekou M, et al. (2011) Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports.* 21:e298–e307
37. Parcell AC, Woolstenhulme MT, Sawyer RD. (2009) Structural protein alterations to resistance and endurance cycling exercise training. *J Strength Cond Res.* 23:359–365
38. Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T. (2010) Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 108:965–975
39. Paton CD, Hopkins WG. (2005) Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *J Strength Cond Res.* 19:826–830.
40. Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T. (2011) Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports.* 21:250–259
41. Aagaard P, Andersen JL. (2010) Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 20 Suppl 2:39–47
42. Rønnestad BR, Mujika I. (2014) Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: a review. *Scand J Med Sci Sports.* 24:603–612
43. McKenzie D, Allen G, Butler J, Gandevia S. (1997) Task failure with lack of diaphragm fatigue during inspiratory resistive loading. *J Appl Physiol (1985).* 82(6), 2011-9.
44. Gorman R, McKenzie D, Gandevia S. (1999) Task failure, breathing discomfort and CO₂ accumulation without fatigue during inspiratory resistive loading in humans. *Respir Physiol.* 115(3), 273-86.
45. Rohrbach M, Perret C, Kayser B, Boutellier U, Spengler C. (2003) Task failure from inspiratory resistive loaded breathing: a role for inspiratory muscle fatigue? *Eur J Appl Physiol.* 90(3-4), 405-10.

46. Le Bozec S, Bouisset S. (2004) Do bimanual isometric push efforts in humans stop as a consequence of postural muscle exhaustion? *Neurosci Lett.* 356(1), 61-5.
47. Rudroff T, Barry BK, Stone AL, Barry CJ, Enoka RM. (2007) Accessory muscle activity contributes to the variation in time to task failure for different arm postures and loads. *J Appl Physiol (1985).* 102(3), 1000-6.
48. Newham D, McCarthy T, Turner J. (1991) Voluntary activation of human quadriceps during and after isokinetic exercise. *Journal of Applied Physiology.* 71:2122.
49. McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport. *Sports Medicine*, 44(5), 603–623.
50. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. (2008) The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med.* 38(1):37–51.
51. Cunniffe B, Proctor W, Baker JS, Davies B. (2009) An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using global positioning system tracking software. *J Strength Cond Res.* 23(4):1195–203.
52. Durocher JJ, Leetun DT, Carter JR. (2008) Sport-specific assessment of lactate threshold and aerobic capacity throughout a collegiate hockey season. *Appl Physiol Nutr Metab.* 33(6):1165–71.
53. Dumke CL, Brock DW, Helms BH, Haff GG. (2006) Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. *J Strength Cond Res.* 20(3):601–7.
54. Barbero-Alvarez JC, Coutts A, Granda J, Barbero-Alvarez V, Castagna C. (2010) The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport.* 13(2):232–5.
55. Buchheit M, Mendez-villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. (2010) Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med.* 31(10):709–16.
56. Duthie GM, Pyne DB, Marsh DJ, Hooper SL. (2006) Sprint patterns in rugby union players during competition. *J Strength Cond Res.* 20(1):208–14.
57. Haugen TA, Tonnessen E, Seiler SK. (2012) The difference is in the start: impact of timing and start procedure on sprint running performance. *J Strength Cond Res.* 26(2):473–9.
58. Mayhew JL, Houser JJ, Briney BB, Williams TB, Piper FC, Brechue WF. (2010) Comparison between hand and electronic timing of 40-yd dash performance in college football players. *J Strength Cond Res.* 24(2):447–51.
59. Gabbett TJ. (2006) Performance changes following a field conditioning program in junior and senior rugby league players. *J Strength Cond Res.* 20(1):215–21.
60. Argus CK, Gill ND, Keogh JW, Hopkins WG, Beaven CM. (2009) Changes in strength, power, and steroid hormones during a professional rugby union competition. *J Strength Cond Res.* 23(5):1583–92.

61. Roberts SP, Trewartha G, Higgitt RJ, El-Abd J, Stokes KA. (2008) The physical demands of elite English rugby union. *J Sports Sci.* 26(8):825–33.
62. Baker D. (2001) Acute and long-term power responses to power training: observations on the training of an elite power athlete. *Strength Cond J.* 23(1):47–56.
63. Bevan HR, Bunce PJ, Owen NJ, Bennett MA, Cook CJ, Cunningham DJ, et al. (2010) Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. *J Strength Cond Res.* 24(1):43–7.
64. Parchmann CJ, McBride JM. (2011) Relationship between functional movement screen and athletic performance. *J Strength Cond Res.* 25(12):3378–84.
65. Zakas A, Grammatikopoulou MG, Zakas N, Zahariadis P, Vamvakoudis E. (2006) The effect of active warm-up and stretching on the flexibility of adolescent soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 46(1):57–61.
66. McGuigan MR, Cormack S, Newton RU. (2009) Long-term power performance of elite Australian Rules Football players. *J Strength Cond Res.* 23(1):26–32.
67. Corcoran G. (2010) Analysis of the anatomical, functional, physiological and morphological requirements of athlete's in rugby union. *J Austral Strength Cond.* 18(1):24–8.
68. Duthie GM. (2006) A framework for the physical development of elite rugby union players. *Int J Sports Physiol Perform.* 1(1): 2–13.
69. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. (2005) Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 35(6):501–36.
70. Sale D, MacDougall D. (1981) Specificity in strength training: a review for the coach and athlete. *Can J Appl Sport Sci.* 6(2): 87–92.
71. Stone MH, Sands WA, Pierce KC, Carlock J, Cardinale M, Newton RU. (2005) Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Med Sci Sports Exerc.* 37(6):1037–43.
72. Cronin JB, Hansen KT. (2005) Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res.* 19(2):349–57.
73. Hasegawa H. (2004) *The relationship between sprint speed, 1RM, power and reactive strength in collegiate football players.* Minneapolis: Natl Strength Cond Assoc Conf.
74. Argus C, Gill N, Keogh J, Hopkins W. (2014) Assessing the variation in the load that produces maximal upper-body power. *J Strength Cond Res.* 28:240–4.
75. Hermassi S, Chelly MS, Fathloun M, Shephard RJ. (2010) The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res.* 24(9):2408–18.
76. Rontu JP, Hannula MI, Leskinen S, Linnamo V, Salmi JA. (2010) Onerepetition maximum bench press performance estimated with a new accelerometer method. *J Strength Cond Res.* 24(8): 2018–25.

77. Pereira M, Gomes P. (2003) Muscular strength and endurance tests: reliability and prediction of one repetition maximum: review and new evidences. *Rev Brasilia Med Esporte.* 9(5): 336–45.
78. West DJ, Owen NJ, Jones MR, Bracken RM, Cook CJ, Cunningham DJ, et al. (2011) Relationships between force–time characteristics of the isometric midthigh pull and dynamic performance in professional rugby league players. *J Strength Cond Res.* 25(11):3070–5.
79. Wilson GJ, Murphy AJ. (1996) The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med.* 22(1): 19–37.
80. Sargeant A & Kernell D. (1993) *Neuromuscular fatigue.* Academic Series, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. Amsterdam: Elsevier.
81. Karatzaferi C, Giakas G, Ball D. (1999) Fatigue profile: A numerical method to examine fatigue in cycle ergometry. *European Journal of Applied Physiology.* 80:508.
82. Haff GG, Carlock JM, Hartman MJ, Kilgore JL, Kawamori N, Jackson JR, et al. (2005) Force–time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women Olympic weightlifters. *J Strength Cond Res.* 19(4):741–8.
83. McGuigan MR, Newton MJ, Winchester JB, Nelson AG. (2010) Relationship between isometric and dynamic strength in recreationally trained men. *J Strength Cond Res.* 24(9):2570–3
84. Blazeovich AJ, Gill N, Newton RU. (2002) Reliability and validity of two isometric squat tests. *J Strength Cond Res.* 16(2): 298–304.
85. Farup J, Sorensen H. (2010) Postactivation potentiation: upper body force development changes after maximal force intervention. *J Strength Cond Res.* 24(7):1874–9.
86. Bohannon RW. (2015) Muscle strength: clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care.* 18: 465-70.
87. Innes E. (1999) Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal.* 46: 120-40.
88. Mainous III AG, Tanner RJ, Anton SD, Jo A. (2015) Grip strength as a marker of hypertension and diabetes in healthy weight adults. *American Journal of Preventive Medicine* 49(6): 850-8.
89. Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, et al. (2015) Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet* 386: 266-73.
90. Bohannon RW. (2008) Hand grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 31: 3-10.
91. Bohannon, R. W. (2019). *Grip Strength: An Indispensable Biomarker For Older Adults.* *Clinical Interventions in Aging,* Volume 14, 1681–1691.

92. Felicio DC, Pereira DS, Assumpção AM, et al. (2014) Poor correlation between handgrip strength and isokinetic performance of knee flexor and extensor muscles in community-dwelling elderly women. *Geriatr Gerontol Int.* 14(1):185–189.
93. Sanderson WC, Scherbov S, Weber D, Bordone V. (2016) Combined measures of upper and lower body strength and subgroup differences in subsequent survival among the older population of England. *J Aging Health.* 28(7):1178–1193.
94. Wang C-Y, Chen L-Y. (2010) Grip strength in older adults: test-retest reliability and cutoff for weakness of using the hands in heavy tasks. *Arch Phys Med Rehabil.* 91(11):1747–1751.
95. Wong S. (2016) Grip strength reference values for Canadians aged 6 to 79: Canadian Health Measures Survey, 2007 to 2013. *Health Reports* 27(10):3-10.
96. Lohman T, Milliken L. (2020) *ACSM's Body Composition Assessment*. Champaign: Human Kinetics.
97. Christensen, H., Mackinnon, A.J., Korten, A.E. (2001) The “common cause hypothesis” of cognitive aging: evidence for not only a common factor but also specific associations of age with vision and grip strength in a cross-sectional analysis. *Psychol Aging* 16, 588-599.
98. Mehta, K.M., Yaffe, K., Covinsky, K.E. (2002) Cognitive impairment, depressive symptoms, and functional decline in older people. *J Am Geriatr Soc* 50 (6), 1045-1050.
99. Veronese, N., Stubbs, B., Fontana, L., Trevisan, C., Bolzetta, F., Rui, M., Sartori, L., Musacchio, E., Zambon, S., Maggi, S., Perissinotto, E., Corti, M.C., Crepaldi, G., Manzato, E., Sergi, G. (2017) A Comparison of Objective Physical Performance Tests and Future Mortality in the Elderly People. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 72 (3), 362-368
100. Rantanen, T., Guralnik, J.M., Foley, D., Masaki, K., Leveille, S., Curb, J.D., White, L. (1999) Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA* 281 (6), 558-560.
101. Giampaoli, S., Ferrucci, L., Cecchi, F., Lo Noce, C., Poce, A., Dima, F., Santaquilani, A., Vescio, M.F., Menotti, A. (1999) Hand-grip strength predicts incident disability in non-disabled older men. *Age Ageing* 28 (3), 283-288.
102. Onder, G., Penninx, B.W., Ferrucci, L., Fried, L.P., Guralnik, J.M., Pahor, M. (2005) Measures of physical performance and risk for progressive and catastrophic disability: results from the Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60 (1), 74-79.
103. Alfaro-Acha, A., Al Snih, S., Raji, M.A., Kuo, Y.F., Markides, K.S., Ottenbacher, K.J. (2006) Handgrip strength and cognitive decline in older Mexican Americans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 61 (8), 859-865.
104. Buchman, A.S., Wilson, R.S., Boyle, P.A., Bienias, J.L., Bennett, D.A. (2007) Grip strength and the risk of incident Alzheimer's disease. *Neuroepidemiology* 29 (1-2), 66-73.
105. Kim, J.-H. (2018). Effect of Grip strength on Mental health. *Journal of Affective Disorders*.
106. Kritz-Silverstein D, Barrett-Conner E. (1994) Grip strength and bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res.* 9(1):45–51.

107. Kim SW, Lee HA, Cho E-H. (2012) Low handgrip strength is associated with low bone mineral density and fragility fractures in postmenopausal healthy Korean men. *J Korean Med Sci.* 27 (7):744–747.
108. Logan S, Thu WPP, Lay WK, Wang LY, Cauley JA, Yong EL. (2017) Chronic joint pain and handgrip strength correlates with osteoporosis in mid-life women: a Singaporean cohort. *Osteoporos Int.* 28(9):2633–2643.
109. Milne JS, Maule MM. (1984) A longitudinal study of handgrip strength predicts incident dementia in older people. *Age Ageing.* 13 (1):42–48.
110. Wu Y, Wang W, Liu T, Zhang D. (2017) Association of grip strength with risk of all-cause mortality, cardiovascular diseases, and cancer in community-dwelling populations: a meta-analysis of prospective cohort studies. *J Am Med Direct Assoc.* 18(6)
111. Bar-Or O. (1987) The Wingate anaerobic test – an update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine.* 4:381.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ



Ενημέρωση δοκιμαζόμενων και δήλωση συγκατάθεσης συμμετοχής σε έρευνα.

Σκοπός της έρευνας είναι να γίνει συσχέτιση της μέγιστης δύναμης και της αντοχής στη δύναμη με τη χρήση ηλεκτρονικού χειροδυναμόμετρου. Κατά τη διάρκεια της έρευνας θα πραγματοποιηθούν οι παρακάτω μετρήσεις/αξιολογήσεις:

Αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης χειρολαβής

Η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης χειρολαβής θα πραγματοποιηθεί με ηλεκτρονικό χειροδυναμόμετρο και η προσπάθεια θα διαρκέσει 3 δευτερόλεπτα.

Πιθανές ενοχλήσεις: Μυϊκή κόπωση. Για τη μείωση των ενοχλήσεων θα πραγματοποιηθεί προθέρμανση και αποθεραπεία πριν και μετά αντίστοιχα από τις δοκιμασίες.

Αξιολόγηση του δείκτη κόπωσης με χειροδυναμόμετρο

Η αξιολόγηση του δείκτη κόπωσης θα πραγματοποιηθεί με ηλεκτρονικό χειροδυναμόμετρο όπου ο δοκιμαζόμενος θα πρέπει να πραγματοποιήσει μέγιστη μυϊκή σύσπαση και στη συνέχεια, θα πρέπει να διατηρήσει τη μέγιστη σύσπαση για διάστημα 30 δευτερολέπτων.

Πιθανές ενοχλήσεις: Έντονη μυϊκή κόπωση στις μυϊκές ομάδες της άρθρωσης του καρπού. Μείωση των ενοχλήσεων με προθέρμανση και διατάσεις πριν την αξιολόγηση και αποθεραπεία μετά την αξιολόγηση.

Είναι σημαντικό να μην αποκρύψετε οποιοδήποτε πληροφορία γνωρίζετε και σχετίζεται τόσο με την τωρινή κατάσταση της υγείας σας όσο με οποιοδήποτε πρόβλημα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι εμπιστευτικά για χρήση δική σας και της ερευνητικής ομάδας ενώ η δημοσίευση των αποτελεσμάτων θα γίνει ανώνυμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συμμετοχή σας στην έρευνα είναι η εξέταση και η έγγραφη έγκριση από γιατρό παθολόγο ότι μπορείτε να συμμετάσχετε σε άσκηση μέγιστης έντασης χωρίς κίνδυνο για την υγείας σας.

Δηλώνω ότι έχω καταλάβει την διαδικασία των παραπάνω αξιολογήσεων και τους κινδύνους που εμπεριέχονται και επιθυμώ να συμμετάσχω στο ερευνητικό πρόγραμμα. Επίσης κατανοώ το δικαίωμά μου να αποσυρθώ από τις παραπάνω δοκιμασίες όποια στιγμή το θελήσω.

Ημερομηνία/...../ 2018

Όνομα Δοκιμαζόμενου _____ Όνομα Ερευνητή _____

Υπογραφή _____

Υπογραφή _____

Όνομα Μάρτυρα _____