

Hand Grip Strength Differences Between Adult Climbing Athletes and Physical Education Students

Danai Valsamidi, Dimitrios C. Milosis

Department of Physical Education & Sport Science of Thessaloniki, Aristotle University of Thessaloniki

Abstract

Grip strength is considered an important factor in athletic performance for climbing, as it affects an athlete's ability to hold and/or transfer their body weight using different types of grips in demanding situations. The purpose of this study was to evaluate the differences in grip strength between male climbing athletes and physical education (PE) students. A total of 23 climbing athletes and 23 PE students who had no prior involvement in climbing voluntarily participated in the study. The evaluation was performed using the portable hand dynamometer Takei Grip Strength Dynamometer (Grip-D T.K.K.5101, Japan), in an upright position with legs apart, with the examined limb fully extended and positioned at a short distance from the trunk. Two trials were performed for each limb, each lasting 5'', with a one-minute break between trials, and the highest value for each limb was evaluated. The results of the multivariate analysis of covariance (MANCOVA), with age, height, and weight as covariates, revealed statistically significant differences in grip strength between the two groups. Specifically, climbing athletes demonstrated greater grip strength compared to PE students. These findings confirm the positive effect of systematic and specialized climbing training on grip strength. Additionally, they contribute to the development of a database aimed at improving athlete selection, performance evaluation, and training effectiveness.

Keywords: *grip strength, climbing, performance, evaluation*

Διαφορές στη Δύναμη Λαβής Μεταξύ Ενηλίκων Αθλητών Αναρρίχησης και Φοιτητών Φυσικής Αγωγής

Δανάη Βαλοαμίδη, Δημήτριος Χ. Μυλώσης

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Θεσσαλονίκης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η δύναμη της λαβής θεωρείται σημαντικός παράγοντας αθλητικής απόδοσης στην αναρρίχηση, καθώς επηρεάζει την ικανότητα του αθλητή να συγκρατεί ή/και να μεταφέρει το βάρος του με διαφορετικού τύπου λαβές σε απαιτητικές καταστάσεις. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η αξιολόγηση των διαφορών στη δύναμη λαβής μεταξύ αθλητών αναρρίχησης (ανδρών) και φοιτητών Φυσικής Αγωγής (ΦΑ). Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά 23 αθλητές αναρρίχησης και 23 φοιτητές ΦΑ χωρίς ενασχόληση με το άθλημα. Η αξιολόγηση έγινε με το φορητό δυναμόμετρο χεριού Takei Grip Strength Dynamometer (Grip-D T.K.K.5101, Japan), στην όρθια θέση με μικρή διάσταση, με το εξεταζόμενο άκρο σε πλήρη έκταση σε μικρή απόσταση από τον κορμό. Πραγματοποιήθηκαν δύο προσπάθειες για κάθε άκρο διάρκειας 5'', με διάλειμμα ενός λεπτού μεταξύ των προσπαθειών και αξιολογήθηκε η υψηλότερη τιμή για κάθε άκρο. Από τα αποτελέσματα της πολυμεταβλητής ανάλυσης συνδιακύμανσης (MANCOVA), με συνδιακυμαντές την ηλικία, το ύψος και το βάρος των συμμετεχόντων, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ως προς τη δύναμη λαβής. Συγκεκριμένα, οι αθλητές αναρρίχησης παρουσίασαν μεγαλύτερη δύναμη λαβής σε σύγκριση με τους φοιτητές ΦΑ. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν τη θετική επίδραση της συστηματικής και εξειδικευμένης ενασχόλησης με την αναρρίχηση στη δύναμη λαβής και συνεισφέρουν στην ανάπτυξη μιας βάσης δεδομένων με σκοπό την μελλοντική καλύτερη επιλογή αθλητών και την αποτελεσματικότερη αξιολόγηση και βελτίωση τη απόδοσης.

Λέξεις κλειδιά: *δύναμη λαβής, αναρρίχηση, απόδοση, αξιολόγηση*

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια το άθλημα της αναρρίχησης γνώρισε πολύ μεγάλη ανάπτυξη σε όλα τα επίπεδα αθλητικής απόδοσης. Για αυτό συμπεριλήφθηκε, για πρώτη φορά, με πρόταση της Ολυμπιακής επιτροπής (International Olympic Committee; IOC), στο πρόγραμμα των Ολυμπιακών αγώνων του Τόκιο (2020). Η αναρρίχηση αποτελεί ένα άθλημα που απαιτεί έναν συνδυασμό δύναμης - αντοχής έχοντας ως βασική αντίσταση το βάρος του σώματος (Watts, 2004). Η μακρόχρονη συστηματική ενασχόληση με την αναρρίχηση, οδηγεί σε σημαντικές προσαρμογές όσον αφορά στην αντοχή, τη δύναμη και την ισχύ των μυών του ώμου, του βραχίονα, του πήχη και των δακτύλων των αθλητών (Limonta et al., 2015; MacKenzie et al., 2020; Ozimek et al., 2017). Έχει υποστηριχθεί ερευνητικά ότι οι κορυφαιοί αναρριχητές παρουσιάζουν μεγάλη ισομετρική δύναμη και αντοχή στους καμπτήρες μύς του πήχη (MacLeod et al., 2007; Ozimek et al., 2017; Schweizer, 2007) και στους καμπτήρες μύς των δακτύλων, η οποία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της λαβής σε μικρές ή δύσκολες λαβές κατά τη διάρκεια παρατεταμένων προσπάθειών (MacDonald & Callender, 2011; Ozimek et al., 2017). Στην αναρρίχηση, η δύναμη της λαβής είναι σημαντικός παράγοντας αθλητικής απόδοσης, καθώς επηρεάζει την ικανότητα του αθλητή να συγκρατεί ή/και να μεταφέρει το βάρος του με διαφορετικού τύπου λαβές σε απαιτητικές καταστάσεις (Assmann, 2021; MacKenzie et al. 2020; Grant et al., 2001; Ozimek et al., 2017).

Η δύναμη λαβής, αποτελεί έναν από τους πιο αξιόπιστους δείκτες για την αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης (Ohtsuki, 1981), θεωρείται ένα χαρακτηριστικό των αθλητών αναρρίχησης υψηλού επιπέδου και σχετίζεται με τη συνολική δύναμη των άνω και κάτω άκρων, τη μάζα σώματος, την άλιπη μυϊκή μάζα, την ηλικία και την προπονητική εμπειρία (Cronin et al., 2017). Η μέτρηση δύναμης λαβής για την πρόβλεψη της απόδοσης και του επιπέδου φυσικής κατάστασης (ΦΚ) σε υγιείς ενήλικες (Matsudo, 2015; Norman et al., 2011) και ενήλικες (Garrido, 2012) ή ανήλικους αθλητές αναρρίχησης (Girard & Millet, 2009; Visnapuu & Jürimäe, 2007), έχει προκαλέσει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον. Οι Balás και συν. (2012) κατηγοριοποίησαν τους παράγοντες προσδιορισμού της αναρριχητικής απόδοσης, συμπεριλαμβάνοντας και τη δύναμη λαβής. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνάς τους διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές στη σχέση δύναμη λαβής/μάζα σώματος μεταξύ ανδρών και γυναικών αθλητών αναρρίχησης. Στην ίδια έρευνα φάνηκε ότι οι αναρριχητές με εξειδίκευση στο bouldering (είδος αναρρίχησης), έχουν στατιστικά σημαντική μεγαλύτερη δύναμη λαβής από τους μη αναρριχητές. Αντίστοιχα ήταν τα αποτελέσματα της έρευνας των Grant και συν. (1996) από τα οποία υποστηρίχθηκε ότι αθλητές αναρρίχησης ελίτ επιπέδου είχαν σημαντική διαφορά στη σχετική δύναμη λαβής, συγκριτικά με αθλητές αναρρίχησης αναψυχής και άτομα που δεν ήταν αθλητές.

Ωστόσο, σε πιο μεταγενέστερη έρευνα τους (Grant et al. 2001) διαπίστωσαν διαφορές μόνο για τη δύναμη λαβής του δεξιού χεριού των αθλητριών αναρρίχησης ελίτ επιπέδου, σε σύγκριση μόνο με τις αθλήτριες αναρρίχησης αναψυχής και όχι με τις γυναίκες που δεν ήταν αθλήτριες. Σε ασυμφωνία ήταν τα αποτελέσματα της έρευνας των Laffaye και συν. (2016), σύμφωνα με τα οποία δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη δύναμη λαβής μεταξύ ελίτ, έμπειρων και ατόμων που δεν ήταν αθλητές αναρρίχησης. Ωστόσο, υπήρχαν σημαντικές διαφορές στη δύναμη λαβής των δακτύλων μεταξύ και των τριών ομάδων. Σε παρόμοια έρευνα των Assmann και συν. (2020), η οποία είχε ως στόχο την αξιολόγηση της δύναμης κάθε δακτύλου ξεχωριστά μέσω ποικιλίας συνδυασμών, διαπιστώθηκε ότι η δύναμη λαβής των ελίτ αναρριχητών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη όχι μόνο σε σχέση με τους μη αναρριχητές αλλά και με τους αναρριχητές χαμηλότερου επιπέδου. Αντίστοιχες μελέτες των Stefan και συν. (2022) και van Bergen και συν. (2023) εστίασαν στην ανάλυση της δύναμης των δακτύλων μεμονωμένα, καθώς και στις διαφορές που προκύπτουν ανάμεσα σε ποικίλους τύπους λαβών (π.χ., open hand, half crimp, full crimp). Τα ευρήματά τους υποδεικνύουν ότι η κατανομή της δύναμης μεταξύ των δακτύλων και η μηχανική εξειδίκευση κάθε τύπου λαβής αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την απόδοση στην αναρρίχηση. Πιο πρόσφατη μελέτη των Marcolin και συν. (2022), η οποία υλοποιήθηκε με τη χρήση εξειδικευμένου συστήματος αξιολόγησης (MuscleLab 4000e, Porsgrunn, Norway) σε συμμετέχοντες με παρόμοια χαρακτηριστικά, κατέδειξε ότι οι αναρριχητές εμφανίζουν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα δύναμης λαβής σε σύγκριση με μη αναρριχητές, λόγω φυσιολογικών προσαρμογών.

Ωστόσο, σε μελέτη των Carrasco και συν. (2024) φάνηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη δύναμη λαβής μεταξύ αναρριχητών διαφορετικών επιπέδων, όταν αυτή σχετικοποιήθηκε με την άλιπη σωματική μάζα του αντιβραχίου. Τέλος, από την έρευνα των Labott και συν. (2020) συμπεραίνεται ότι, ενώ οι αναρριχητές υψηλού επιπέδου διαθέτουν μεγαλύτερη μέγιστη δύναμη λαβής, η αντοχή στη δύναμη λαβής τους δεν φαίνεται να διαφέρει σημαντικά σε σύγκριση με αρχάριους αναρριχητές. Παράλληλα, έχει υποστηριχθεί ότι είναι πιθανόν να υπάρχουν διαφορές που να οφείλονται στα διαφορετικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών αγωνισμάτων

αναρρίχησης. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι οι αναρριχητές που εξειδικεύονται στο bouldering διακρίνονται από μεγαλύτερη δύναμη λαβής σε σχέση με αυτούς που εξειδικεύονται στο αγώνισμα της δυσκολίας (Fanchini, 2013; Salehhdin et al., 2018).

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία παρουσιάζει σημαντική μεθοδολογική ετερογένεια, καθώς έχουν εφαρμοστεί διαφορετικά πρωτόκολλα αξιολόγησης σε ποικίλους πληθυσμούς, γεγονός που συχνά οδηγεί σε μη συγκρίσιμα ή και αντιφατικά ευρήματα. Κάποιες έρευνες υποστηρίζουν την υπεροχή των αναρριχητών έναντι των μη αναρριχητών, ενώ άλλες δεν εντοπίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των αναφερόμενων ομάδων. Επιπλέον, απουσιάζουν δεδομένα που να εξετάζουν συστηματικά τις διαφορές μεταξύ ενήλικων ανδρών αθλητών αγωνιστικής αναρρίχησης και φοιτητών Φυσικής Αγωγής (ΦΑ), μια σύγκριση που θα μπορούσε να προσφέρει ουσιαστική κατανόηση των ειδικών προσαρμογών της αναρρίχησης και να συμβάλει στη βελτιστοποίηση της προπονητικής διαδικασίας. Η έλλειψη αυτή τεκμηριώνει την ανάγκη για στοχευμένη έρευνα που θα καλύψει το εν λόγω κενό γνώσης. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η αξιολόγηση των διαφορών της δύναμης λαβής μεταξύ αθλητών αναρρίχησης διαφορετικών επιπέδων και φοιτητών ΦΑ χωρίς ενασχόληση με το άθλημα. Λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα, η υπόθεση που διατυπώθηκε ήταν ότι ρυθμίζοντας τις διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ως προς την ηλικία, το ύψος και το βάρος, οι αθλητές αναρρίχησης θα είχαν υψηλότερη δύναμη λαβής από τους φοιτητές ΦΑ ως αποτέλεσμα της μακρόχρονης εξειδικευμένης προπόνησης.

Η επιλογή αυτών των δύο ομάδων κρίνεται σημαντική, καθώς επιτρέπει τη σύγκριση της δύναμης λαβής ανάμεσα σε άτομα με μακρόχρονη, συστηματική και εξειδικευμένη προπόνηση που επιδρά στη δύναμη λαβής και σε άτομα με υψηλό επίπεδο ΦΚ, αλλά χωρίς αντίστοιχα χαρακτηριστικά προπόνησης, παρέχοντας χρήσιμες πληροφορίες για τη σημασία της προπόνησης και της εξειδίκευσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να συμβάλλουν τόσο στην κατανόηση των φυσιολογικών προσαρμογών που προκαλεί η συστηματική ενασχόληση με την αναρρίχηση όσο και στην ανάπτυξη μιας βάσης δεδομένων για την μελλοντική καλύτερη αξιολόγηση της επιλογής αθλητών και της βελτίωσης της απόδοσης.

Μεθοδολογία

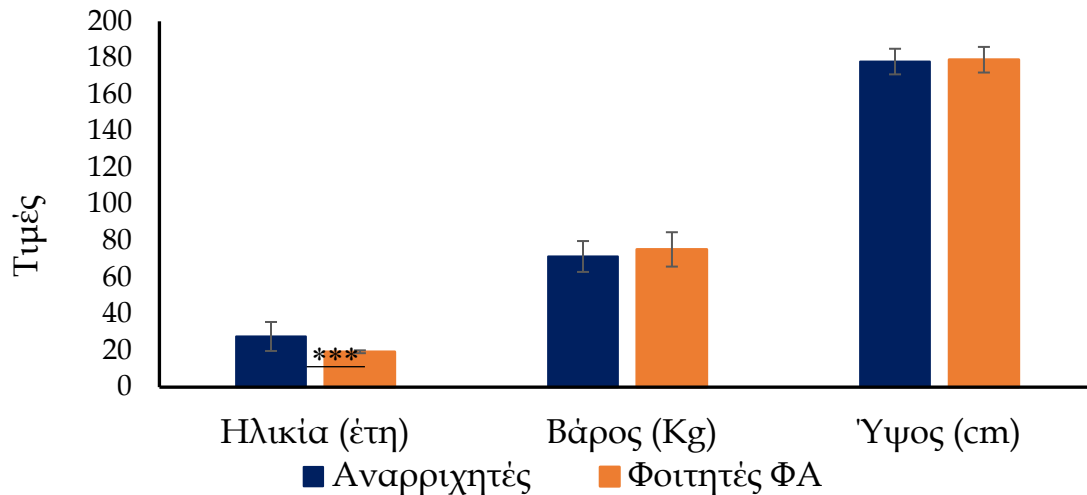
Συμμετέχοντες

Οι αθλητές αναρρίχησης προέρχονταν από έναν αγώνα αναρρίχησης ταχύτητας πάνω από το νερό με την ονομασία «*Psicobloc Open Series*», που διεξήχθη στη χώρα μας, με συμμετοχή αναρριχητών μέτριου, προχωρημένου και υψηλού (ελίτ) επιπέδου. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 23 άρρενες αναρριχητές (ηλικία: 27.7 ± 7.93 έτη, βάρος: 71.43 ± 8.44 Kg; ύψος: 177.91 ± 6.91 cm και συστηματική ενασχόληση με το άθλημα: 9.25 ± 1.47 έτη) (το σύνολο των αθλητών που συμμετείχαν στον αγώνα). Οι συμμετέχοντες δραστηριοποιούνταν και στα δυο αγωνίσματα της αναρρίχησης, bouldering και lead. Συμμετείχαν επίσης 23 άρρενες φοιτητές ΦΑ, (ηλικία: 19.34 ± 0.78 έτη; βάρος: 75.3 ± 9.39 Kg; ύψος: 179.22 ± 8.80 cm) (Πίνακας 1). Οι φοιτητές ΦΑ προέρχονταν από το μάθημα της ενόργανης γυμναστικής (ΕΓ) του 2^{ου} έτους ενός Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ). Συγκεκριμένα, από όσους δήλωσαν προθυμία συμμετοχής, επιλέχθηκε με απλή τυχαία δειγματοληψία αριθμός φοιτητών ίσος με το πλήθος των αθλητών, ώστε να διασφαλιστεί η αντιστοιχία μεγέθους μεταξύ των δύο ομάδων. Οι φοιτητές ΦΑ δεν είχαν ποτέ καμία επαφή με το άθλημα της αναρρίχησης, είχαν όμως όλοι κάποιου βαθμού συμμετοχή για ένα ή περισσότερα χρόνια σε κάποιο από τα δημοφιλή αθλήματα (π.χ. ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση), εκτός από τη συμμετοχή τους στις αθλητικές δραστηριότητες του προγράμματος σπουδών του τμήματος, με αποτέλεσμα να μπορούν να θεωρηθούν άτομα με υψηλό επίπεδο ΦΚ. Ωστόσο δεν καταγράφηκε καμία αναφορά για μακρόχρονη συστηματική ενασχόληση με κάποιο άθλημα που ενδεχομένως θα είχε θετική επίδραση στη δύναμη λαβής (π.χ. ενόργανη γυμναστική, άρση βαρών, τζούντο). Κριτήρια συμμετοχής στην έρευνα αποτέλεσαν (α) η απουσία πρόσφατων (εντός έξι εβδομάδων) μυοσκελετικών τραυματισμών ή παθολογιών (ιδιαίτερα στα άνω άκρα και στην άρθρωση του καρπού), (β) η απουσία ιατρικών αντενδείξεων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόδοση στις δοκιμασίες και (δ) η δυνατότητα ολοκλήρωσης των μετρήσεων. Οι συμμετέχοντες είχαν ενημερωθεί (α) ότι για τη διεξαγωγή της έρευνας έχει δοθεί έγκριση από την επιτροπή ηθικής και δεοντολογίας του τμήματος και (β) για τον σκοπό της έρευνας και τους πιθανούς κινδύνους από την υλοποίησή της και έδωσαν την συγκατάθεσή τους και συμμετείχαν εθελοντικά σε αυτήν.

Πίνακας 1. Φυσικά χαρακτηριστικά και σωματομετρικά δεδομένα των αθλητών ΕΓ και των φοιτητών ΦΑ που συμμετείχαν στην έρευνα.

Μεταβλητές	Αναρριχητές (23)		Φοιτητές ΦΑ (23)		F	p	η ²
	M	SD	M	SD			
Ηλικία (έτη)	27.70	7.93	19.35	0.78	25.32	.001	0.37
Βάρος (Kg)	71.43	8.44	75.30	9.39	2.60	.149	0.05
Ύψος (cm)	177.91	6.91	179.22	8.80	0.31	.579	0.01
Ενασχόληση με το άθλημα (χρόνια)	9.25	1.47	-	-	-	-	-

ΦΑ: Φυσική Αγωγή, M: Μέσος Όρος, SD: Τυπική Απόκλιση, F: Στατιστικό, p: Επίπεδο Εμπιστοσύνης, η²: Μέγεθος Επίδρασης.



Σχήμα 1. Διαφορές μεταξύ των αναρριχητών και των φοιτητών ΦΑ ως προς την ηλικία και τα σωματομετρικά δεδομένα, *** $p < .001$.

Όργανα μέτρησης

Το όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν το φορητό δυναμόμετρο χεριού Takei®, model 5101 TKK, ψηφιακό, με μηχανισμό συνεχούς επιλογής των θέσεων. Το συγκεκριμένο όργανο θεωρείται το χρυσό πρότυπο αναφοράς (Weinstock-Zlotnick & Bear-Lehman, 2011) και η αξιοπιστία του για την μέτρηση τη δύναμης λαβής έχει υποστηριχθεί ερευνητικά (Amaral et al., 2012; Svens & Lee, 2005). Επιπρόσθετα από την American Society of Hand Therapists παρέχονται σαφείς οδηγίες για την αξιολόγηση της δύναμης λαβής με αυτό το όργανο (Fess, 1992). Η δύναμη λαβής μετρήθηκε σε κιλά (kg). Επιπλέον συλλέχθηκαν και πληροφορίες για τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων: ηλικία, βάρος (Kg), ύψος (cm), και στην ομάδα των αναρριχητών τα χρόνια ενασχόλησης με το άθλημα και το αγωνιστικό επίπεδό τους. Οι συμμετέχοντες όλων των ομάδων ήταν άντρες. Το επίπεδο τους αξιολογήθηκε με βάση το γαλλικό σύστημα βαθμολόγησης διαδρομών σχοινού στην αναρρίχηση και στην συνέχεια μετατράπηκε στο σύστημα IRCRA, που χρησιμοποιείται στην επιστημονική έρευνα (Draper, 2015). Σύμφωνα με αυτό, επτά από τους συμμετέχοντες αθλητές κατατάχθηκαν στο μέτριο επίπεδο (Intermediate, 6b-7a), εννέα στο προχωρημένο (Advanced, 7a+-8a) και επτά στο υψηλό (ελίτ) επίπεδο (Elite, 8a+-8c).

Διαδικασία

Το ίδιο πρωτόκολλο ακολουθήθηκε από όλους τους συμμετέχοντες. Αρχικά, έγινε η συλλογή και η καταγραφή των δεδομένων που αφορούσαν στο αγωνιστικό επίπεδο των αναρριχητών και στην ενασχόληση με τον αθλητισμό των φοιτητών ΦΑ και των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών. Ακολούθησε μικρής χρονικής διάρκειας προθέρμανση των άνω άκρων με έμφαση στην άρθρωση του καρπού και των δακτύλων των δύο χεριών. Η προθέρμανση περιελάμβανε περιστροφές, περιφορές και ενεργητικές κάμψεις - εκτάσεις στην άρθρωση του καρπού και ισομετρικές κάμψεις των δακτύλων με σταδιακά αυξανόμενη εφαρμογή δύναμης (μέχρι τη μέγιστη). Ακολούθησε η μέτρηση της δύναμης λαβής με το δυναμόμετρο χεριού. Εκτελέστηκαν δύο μετρήσεις με μέγιστη ένταση στο κάθε χέρι - εναλλάξ, διάρκειας 5'' η κάθε μία με τουλάχιστον ένα λεπτό διάλειμμα μεταξύ των μετρήσεων. Έγιναν μετρήσεις και στα δύο χέρια χωρίς να δοθεί έμφαση στο κυρίαρχο χέρι. Για τα αποτελέσματα

χρησιμοποιήθηκε η υψηλότερη τιμή μεταξύ των δυο προσπαθειών από κάθε χέρι. Αντίστοιχο πρωτόκολλο χρησιμοποιήθηκε και στην έρευνα του Matsudo και συν. (2015). Οι μετρήσεις της δύναμης λαβής έγιναν με τον εξεταζόμενο να βρίσκεται σε όρθια θέση με τα πόδια τεντωμένα και σε μικρή διάσταση, με τον αγκώνα του εξεταζόμενου χεριού σε πλήρη έκταση και με μικρή απόσταση από το σώμα, ώστε να μην υπάρχει επαφή (O'Keeffe et al., 2020; Ha et al., 2018). Οι απόψεις σχετικά με την καταλληλότερη αφετηρία (θέση σώματος) για την αξιολόγηση της δύναμης λαβής, διίστανται, ενώ έχουν αναφερθεί συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις που μπορεί να επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι η δύναμη που μπορεί να εφαρμοστεί από καθιστή θέση σε σχέση με την όρθια είναι μικρότερη (Amosun et al., 1995; Balogun et al., 1991). Επιπλέον σε άλλες μελέτες έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος με κάμψη του αγκώνα στις 90° και σε άλλες, όπως και την συγκεκριμένη, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος με τον αγκώνα σε πλήρη έκταση, δηλαδή στις 0°. Ωστόσο, στην συγκεκριμένη παράμετρο δεν διαφαίνεται κάποια σταθερή σχέση, καθώς άλλοτε φάνηκε να επενεργεί θετικά, άλλοτε αρνητικά και άλλοτε φάνηκε να μην συσχετίζεται με το αποτέλεσμα στη δύναμη λαβής. Αυτό που συστήνεται για να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία των μετρήσεων, είναι να τηρείται το ίδιο πρωτόκολλο για όλους τους συμμετέχοντες κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων (Innes, 1999).

Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v29 (SPSS Statistics, IBM Corp., NY). Ο έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής έγινε με τους δείκτες Skewness και Kurtosis και με το τεστ Shapiro-Wilk. Η ισότητα του πίνακα διακύμανσης-συνδιακύμανσης ελέγχθηκε με το Box τεστ. Η ομοιογένεια του σφάλματος των διακυμάνσεων ελέγχθηκε με το τεστ του Levene. Πραγματοποιήθηκε πολυμεταβλητή ανάλυση συνδιακύμανσης (MANCOVA) για να εξεταστεί η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής ομάδα (αθλητές αναρρίχησης, φοιτητές ΦΑ) στην εξαρτημένη μεταβλητή δύναμη λαβής (δεξιό, αριστερό χέρι), λαμβάνοντας υπόψη τη συνδιακύμανση των μεταβλητών ηλικία, ύψος και βάρος των συμμετεχόντων. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο .05.

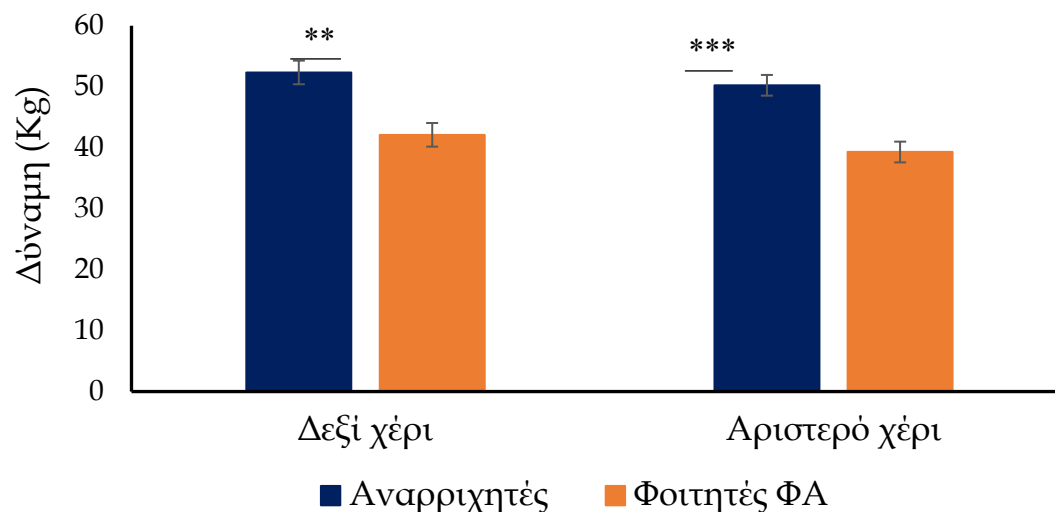
Αποτελέσματα

Με εξαίρεση τη μεταβλητή ηλικία των φοιτητών ΦΑ για όλες τις άλλες μεταβλητές υποστηρίχθηκε η κανονική κατανομή. Συγκεκριμένα, οι τιμές Skewness και Kurtosis κυμάνθηκαν μεταξύ -1.0 και 1.0, και το τεστ Shapiro-Wilk δεν ήταν στατιστικά σημαντικό ($p > .05$). Οι τιμές του Box test, οι οποίες δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p > .05$), παρείχαν ενδείξεις για ικανοποίηση της ισότητας του πίνακα «διακύμανσης-συνδιακύμανσης». Η ομοιογένεια του σφάλματος των διακυμάνσεων υποστηρίχθηκε από το τεστ του Levene που δεν ήταν στατιστικά σημαντικό ($p > .05$). Από τα αποτελέσματα της πολυμεταβλητής ανάλυσης συνδιακύμανσης (MANCOVA), προέκυψε ότι μετά τη ρύθμιση της επίδρασης των μεταβλητών ηλικία, ύψος και βάρος των συμμετεχόντων, η επίδραση της μεταβλητής ομάδα στη δύναμη λαβής ήταν στατιστικά σημαντική, Wilk's $\lambda = .72$, $F(2,40) = 7.91$, $p < .001$, $\eta^2 = .28$. Από τις ξεχωριστές αναλύσεις συνδιακύμανσης για κάθε εξαρτημένη μεταβλητή προέκυψε στατιστικά σημαντική επίδραση της μεταβλητής ομάδα στις εξαρτημένες μεταβλητές δύναμη λαβής δεξιού χεριού, $F(1,41) = 10.83$, $p < .01$, $\eta^2 = .21$ και δύναμη λαβής αριστερού χεριού, $F(1,41) = 16.06$, $p < .001$, $\eta^2 = .28$. Συγκεκριμένα, οι αθλητές αναρρίχησης, είχαν υψηλότερες τιμές δύναμης λαβής δεξιού και αριστερού χεριού σε σύγκριση με τους φοιτητές ΦΑ (Πίνακας 2, Σχήμα 2).

Πίνακας 2. Διαφορές μεταξύ αναρριχητών και φοιτητών ΦΑ ως προς την δύναμη λαβής δεξιού και αριστερού χεριού.

Μεταβλητές	Αναρριχητές (23)		Φοιτητές ΦΑ (23)		F	p	η^2
	M	SD	M	SD			
Δύναμη λαβής, δεξί χέρι (kg)	52.34	1.94	42.11	1.94	10.83	.002	.21
Δύναμη λαβής, αριστερό χέρι (kg)	50.23	1.70	39.29	1.70	16.06	.001	.28

ΦΑ: Φυσική Αγωγή, M: Μέσος Όρος, SD: Τυπική Απόκλιση, F: Στατιστικό, p: Επίπεδο Εμπιστοσύνης, η^2 : Μέγεθος Επίδρασης.



Σχήμα 2. Διαφορές μεταξύ αναρριχητών και φοιτητών ΦΑ ως προς την δύναμη λαβής δεξιού και αριστερού χεριού, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Συζήτηση

Σκοπός της έρευνας ήταν η αξιολόγηση των διαφορών μεταξύ αθλητών αναρρίχησης διαφορετικών επιπέδων και φοιτητών ΦΑ με υψηλό επίπεδο ΦΚ αλλά χωρίς εμπειρία στην αναρρίχηση, ώστε να αναδειχθεί ο ρόλος της αθλητικής εξειδίκευσης στη συγκεκριμένη φυσική ικανότητα. Από τα αποτελέσματα της έρευνας παρέχεται υποστήριξη στην υπόθεση της έρευνας, ότι οι αθλητές αναρρίχησης θα είχαν στατιστικά σημαντικές υψηλότερες τιμές δύναμης λαβής συγκριτικά με τους φοιτητές ΦΑ, τόσο στο δεξί όσο και στο αριστερό χέρι.

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με αυτά της έρευνας των Grant και συν. (1996), όπου διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη σχετική δύναμη λαβής μεταξύ ανδρών αναρριχητών υψηλού επιπέδου συγκριτικά με άνδρες αναρριχητές αναψυχής και μη αναρριχητές. Η συμφωνία των ευρημάτων ενισχύεται από τη χρήση παρόμοιου πρωτοκόλλου αξιολόγησης. Στην ίδια κατεύθυνση, τα αποτελέσματα της έρευνας των Labott και συν. (2020), επιβεβαιώνουν τη διαφορά στη μέγιστη δύναμη λαβής μεταξύ αναρριχητών και μη αναρριχητών, ωστόσο προκύπτουν ορισμένοι περιορισμοί από τη χρήση διαφορετικού πρωτοκόλλου αξιολόγησης. Αντίστοιχα, η μελέτη των Assmann και συν. (2020) ανέδειξε διαφορές μεταξύ ερασιτεχνών αναρριχητών και ατόμων που δεν είναι αναρριχητές, ως προς τη δύναμη λαβής σχετικοποιημένη με τον δείκτη μάζας σώματος, με τους αναρριχητές να παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές. Τέλος, η έρευνα των Marcolin και συν. (2022) που εκπονήθηκε με ειδικό όργανο μέτρησης καταλήγει σε αντίστοιχα ευρήματα, δηλαδή με υπεροχή των αναρριχητών έναντι των μη αναρριχητών.

Αντίθετα, τα αποτελέσματα των Laffaye και συν. (2020) δεν κατέδειξαν στατιστικές διαφορές στη δύναμη λαβής του χεριού παρά μόνο των δακτύλων. Ωστόσο, επιβεβαίωσαν την τάση των ελίτ αναρριχητών να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές σχετικής δύναμης σε σύγκριση με αναρριχητές μέτριου επιπέδου και με την ομάδα ελέγχου. Η διαφοροποίηση αυτή ενδέχεται να οφείλεται στη μεθοδολογία της έρευνας, καθώς οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν κυρίως ως προς την αντοχή της δύναμης λαβής μέσω επαναλαμβανόμενων μετρήσεων – μια παράμετρος που, σύμφωνα με την έρευνα των Labott και συν. (2020), δεν διακρίνει αποτελεσματικά μεταξύ ελίτ και αρχάριων αθλητών. Επιπλέον, οι Laffaye και συν. (2020) έθεσαν ως προϋπόθεση συμμετοχής την ελάχιστη εμπειρία τριών ετών με προπόνηση τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα. Η επιλογή αυτή πιθανώς περιορίσε την

εμφάνιση διαφορών, δεδομένου ότι όλοι οι συμμετέχοντες διέθεταν ένα βασικό επίπεδο προπονητικής εμπειρίας. Επιπρόσθετα, η μέση δύναμη λαβής των αναρριχητών καταγράφηκε στα 516N (περίπου 52 kg), τιμή που συγκλίνει με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας και δεν απέχει σημαντικά από εκείνη των μη αναρριχητών. Τέλος, η μελέτη των Carrasco και συν. (2024) αμφισβήτησε την υπεροχή των ελίτ αναρριχητών ως προς τη δύναμη λαβής σε σχέση με τη σωματική μάζα του αντιβραχίου. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι αυτή η έλλειψη διαφοροποίησης μπορεί να αποδοθεί στη χρήση δυναμόμετρου που δεν αντικατοπτρίζει πλήρως τη φυσική θέση του χεριού κατά την αναρρίχηση ή στην περιορισμένη στατιστική ισχύ λόγω του μικρού αριθμού συμμετεχόντων σε κάθε ομάδα.

Η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αθλητών αναρρίχησης και των φοιτητών ΦΑ με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που περιγράφονται στην ενότητα της μεθοδολογίας, ενισχύει την υπόθεση της θετικής επίδρασης της αναρρίχησης στην αύξηση της δύναμης λαβής. Συνδυάζοντας τα ευρήματα της έρευνας των Norman και συν. (2011), υποστηρίζεται ότι οι αναρριχητές ενδέχεται να παρουσιάζουν γενικότερα αυξημένη δύναμη στα άνω άκρα, ακόμη και σε σύγκριση με φοιτητές ΦΑ με υψηλό επίπεδο ΦΚ. Η σύγκριση αφορά την σχετική δύναμη διότι οι περισσότεροι αναρριχητές χαρακτηρίζονται από χαμηλό σωματικό βάρος, για αυτό και οι περισσότερες έρευνες συγκρίνουν τη σχετική δύναμη (σχετιζόμενη με το βάρος) και όχι την απόλυτη δύναμη (Baláš et al. 2012; Grant et al., 1996, 2001; Laffaye et al., 2016; MacDonald & Callender, 2011; Macleod et al., 2007;).

Τα ευρήματα αυτά υπογραμμίζουν τη σημασία της αθλητικής δραστηριότητας της αναρρίχησης, στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης των χεριών. Η ενίσχυση της δύναμης λαβής στους αθλητές αναρρίχησης ενδέχεται να οφείλεται στη συστηματική προπόνηση και στις ιδιαίτερες απαιτήσεις του αθλήματος, που περιλαμβάνει τη διαρκή χρήση της δύναμης των χεριών για την εκτέλεση απαιτητικών κινήσεων. Φυσικά, η ανωτερότητα των αθλητών αναρρίχησης στη δύναμη λαβής αφορά στη σχετική δύναμη, η οποία επηρεάζεται από τις μεταβλητές που αναφέραμε (ηλικία, ύψος, βάρος) γεγονός που καταδεικνύει τον ιδιαίτερο ρόλο της αθλητικής εξειδίκευσης. Αυτά τα αποτελέσματα ενισχύονται από το γεγονός ότι η σύγκριση αφορούσε σε φοιτητές ΦΑ που διέθεταν ένα υψηλό επίπεδο ΦΚ.

Ωστόσο, η γενίκευση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας χρειάζεται προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη τις αδυναμίες της, όπως ο μικρός αριθμός ανδρών συμμετεχόντων, ο τρόπος επιλογής των αθλητών αναρρίχησης και το αγωνιστικό τους επίπεδο, η διαφορετική ηλικία των συμμετεχόντων των δύο ομάδων, η εκτέλεση και αξιολόγηση δύο και όχι τριών επαναλήψεων από κάθε χέρι όπως προτείνεται από τους περισσότερους ερευνητές (Schaap et al., 2016) και η αδυναμία εξέτασης και άλλων σχετικών παραμέτρων αξιολόγησης της αναρριχητικής απόδοσης (Baláš, 2012). Επιπρόσθετα, μια παράμετρος που ενδέχεται να συν επιδρά στο αποτέλεσμα των μετρήσεων είναι το φύλο των συμμετεχόντων. Σε αυτήν τη κατεύθυνση, μελέτη που εστίασε αποκλειστικά σε γυναίκες αθλήτριες αναρρίχησης ελίτ επιπέδου, αθλήτριες αναρρίχησης αναψυχής και γυναίκες που δεν ήταν αθλήτριες, ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ελίτ αθλητριών και των αθλητριών αναψυχής, μόνο στη δύναμη λαβής του δεξιού χεριού (Grant et al., 2001).

Από πρακτική άποψη, τα ευρήματα της παρούσας έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν από προπονητές και αθλητές αναρρίχησης για τη στοχοθέτηση της προπόνησης και την παρακολούθηση της ΦΚ. Η σχετική δύναμη λαβής, λόγω της υψηλής διαφοροποίησης μεταξύ αναρριχητών και μη αναρριχητών, μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο δείκτη για την επιλογή ταλέντων καθώς και για την αξιολόγηση της προόδου σε νεαρούς αθλητές. Επιπλέον, η αξιολόγηση της δύναμης λαβής θα μπορούσε να ενσωματωθεί σε προπονητικά προγράμματα ως εργαλείο ενίσχυσης της απόδοσης αλλά και πρόληψης τραυματισμών, δεδομένου ότι υψηλά επίπεδα δύναμης στα χέρια συνδέονται με ασφαλέστερη και πιο αποτελεσματική εκτέλεση τεχνικών κινήσεων στην αναρρίχηση (Giles et al., 2006). Τέλος, τα αποτελέσματα μπορούν να αξιοποιηθούν και στο πλαίσιο της ΦΑ, προτείνοντας την ενσωμάτωση δραστηριοτήτων αναρρίχησης στο σχολείο για την ενίσχυση της μυϊκής δύναμης των μαθητών/τριών.

Μελλοντικά προτείνεται η αξιολόγηση της δύναμης λαβής σε μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων, με μεγαλύτερη ομοιογένεια ως προς τα χαρακτηριστικά τους και το είδος του αθλήματος αναρρίχησης και σε μεγαλύτερο εύρος ηλικιών και η διερεύνηση της δυνατότητας πρόβλεψης της αγωνιστικής απόδοσης στο άθλημα ανά κατηγορία. Στο πλαίσιο των σύγχρονων τάσεων στη ΦΑ, οι οποίες προωθούν την ενσωμάτωση εναλλακτικών και βιωματικών μορφών φυσικής δραστηριότητας στο σχολείο, η αναρρίχηση κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερο έδαφος ως παιδαγωγικό εργαλείο. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υποστηρίζουν ότι η συστηματική ενασχόληση με δραστηριότητες αναρρίχησης μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης των άνω άκρων και ειδικότερα της δύναμης λαβής, η οποία αποτελεί δείκτη φυσικής κατάστασης συνδεδεμένο με την υγεία. Ως εκ τούτου, η αναρρίχηση μπορεί να αποτελέσει μια ελκυστική και αποτελεσματική προσθήκη στο

μάθημα ΦΑ, προσφέροντας ευκαιρίες ανάπτυξης κινητικών δεξιοτήτων, ενίσχυσης της σωματικής αυτοαντίληψης και βελτίωσης παραμέτρων ΦΚ που σχετίζονται με τη λειτουργικότητα και την ευεξία των μαθητών/τριών.

Σημασία για τον Αθλητισμό ή/και τη Φυσική Αγωγή ή/και την Ποιότητα Ζωής

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υπογραμμίζουν τη σημασία της αθλητικής δραστηριότητας της αναρρίχησης στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης των άνω άκρων. Αποτελούν χρήσιμα δεδομένα αναφοράς για τους ερευνητές και τους προπονητές στον τομέα της αξιολόγησης και της ανάπτυξης φυσικών παραμέτρων που σχετίζονται (α) με την επιλογή αθλητών και (β) με την απόδοση αθλητών αναρρίχησης με βάση το αναρριχητικό επίπεδο τους και το αγώνισμα της αναρρίχησης που εξειδικεύονται. Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη την σημαντικότητα της δύναμης λαβής ως σημαντικής παραμέτρου κατά την αξιολόγηση της ΦΚ σχετιζόμενης με την υγεία, με την κατάλληλη οργάνωση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών ΦΑ, η αναρρίχηση μπορεί να αποτελέσει μια πολύ αποτελεσματική εναλλακτική ΦΔ και να συμπεριληφθεί στη διδασκαλία της στο σχολείο, εναρμονισμένη με τη φιλοσοφία του νέου Προγράμματος Σπουδών. Τέλος, η αναρρίχηση μπορεί να αποτελέσει μια ΦΔ αναψυχής, που με την κατάλληλη προσαρμογή σε διάφορες ηλικίες, μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη στη ΦΚ των συμμετεχόντων και κατ' επέκταση στην υγεία και την ποιότητα ζωής τους.

Βιβλιογραφία

- Amaral, J. F., Mancini, M., & Novo Júnior, J. M. (2012). Comparison of three hand dynamometers in relation to the accuracy and precision of the measurements. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 16, 216-224. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552012000300007>
- Amosun, S. L., Moyo, A., & Matara, C. (1995). Trends in hand grip strength in some adult male Zimbabweans. *British Journal of Occupational Therapy*, 58(8), 345-348. <https://doi.org/10.1177/030802269505800808>
- Assmann, M., Steinmetz, G., Schilling, A. F., & Saul, D. (2021). Comparison of grip strength in recreational climbers and non-climbing athletes – A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 129. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010129>
- Baláš, J., Pecha, O., Martin, A. J., & Cochrane, D. (2012). Hand-arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 16-25. <https://doi.org/10.1080/17461391.2010.546431>
- Balogun, J. A., Akinloye, A. A., & Adenlola, S. A. (1991). Grip strength as a function of age, height, body weight and Quetelet index. *Physiotherapy Theory and Practice*, 7(2), 111-119. <https://doi.org/10.3109/09593989109107052>
- Carrasco, F., Arias-Tellez, M. J., Solar-Altamirano, I., Inostroza, J., & Carrasco, G. (2024). Regional Body Composition and Strength, Not Total Body Composition, Are Determinants of Performance in Climbers. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(4), 228. <https://doi.org/10.3390/jfmk9040228>
- Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. (2017). A brief review of handgrip strength and sport performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3187-3217. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002141>
- Draper, N., Giles, D., Schöffl, V., Konstantin Fuss, F., Watts, P., Wolf, P., ... & Abreu, E. (2015). Comparative grading scales, statistical analyses, climber descriptors and ability grouping: International Rock Climbing Research Association position statement. *Sports Technology*, 8(3-4), 88-94. <https://doi.org/10.1080/19346182.2015.1107081>
- Fanchini, M., Violette, F., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2013). Differences in climbing-specific strength between boulder and lead rock climbers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 310-314. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182541ec6>
- Fess, E. (1992). Grip strength. In J. S. Casanova (Ed.), *Clinical assessment recommendations* (2nd ed., pp. 41-45). American Society of Hand Therapists.
- Garrido, N. D., Silva, A. J., Fernandes, R. J., Barbosa, T. M., Costa, A. M., Marinho, D., & Marques, M. C. (2012). High level swimming performance and its relation to non-specific parameters: A cross-sectional study on maximum handgrip isometric strength. *Perceptual and Motor Skills*, 114(3), 936-948. <https://doi.org/10.1177/030802269505800808>

- Giles, L.V., Rhodes, E.C. & Taunton, J.E. (2006). The Physiology of Rock Climbing. *Sports Med* 36, 529–545. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636060-00006>
- Girard, O., & Millet, G. P. (2009). Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1867–1872. 10.1519/JSC.0b013e3181b3df89.
- Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 301–309. <https://doi.org/10.1080/02640419608727715>
- Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T. C., Wilson, J., & Whittaker, A. (2001). A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of Sports Sciences*, 19(7), 499–505. <https://doi.org/10.1080/026404101750238953>
- Ha, Y. C., Yoo, J. I., Park, Y. J., Lee, C. H., & Park, K. S. (2018). Measurement of uncertainty using standardized protocol of hand grip strength measurement in patients with sarcopenia. *Journal of Bone Metabolism*, 25(4), 243–249. <https://doi.org/10.11005/jbm.2018.25.4.243>
- Innes, E. V. (1999). Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, 46(3), 120–140. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1630.1999.00182.x>
- Labott, B. K., Held, S., & Donath, L. (2020). Grip Strength-Endurance in Ambitious and Recreational Climbers: Does the Strength Decrement Index Serve as a Feasible Measure? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9530. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249530>
- Laffaye, G., Levernier, G., & Collin, J. M. (2016). Determinant factors in climbing ability: Influence of strength, anthropometry, and neuromuscular fatigue. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26(10), 1151–1159. <https://doi.org/10.1111/sms.12558>
- MacDonald, J. H., & Callender, N. (2011). Athletic profile of highly accomplished boulderers. *Wilderness and Environmental Medicine*, 22(2), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2011.01.006>
- MacKenzie, R., Monaghan, L., Masson, R. A., Werner, A. K., Caprez, T. S., Johnston, L., & Kemi, O. J. (2020). Physical and Physiological Determinants of Rock Climbing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 168–179. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2018-0901>
- MacLeod, D., Sutherland, D. L., Buntin, L., et al. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1433–1443. <https://doi.org/10.1080/02640410600944550>
- Marcolin, G., Faggian, S., Muschiatti, M., Matteraglia, L., & Paoli, A. (2022). Determinants of Climbing Performance: When Finger Flexor Strength and Endurance Count. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(4), 1099–1104. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003545>
- Matsudo, V. K. R., Matsudo, S. M., Rezende, L. F. M. D., & Raso, V. (2015). Handgrip strength as a predictor of physical fitness in children and adolescents. *Revista Brasileira de Cineantropometria and Desempenho Humano*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2015v17n1p1>
- Norman, K., Stobäus, N., Gonzalez, M. C., Schulzke, J. D., & Pirlich, M. (2011). Hand grip strength: Outcome predictor and marker of nutritional status. *Clinical Nutrition*, 30(2), 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2010.09.010>
- Ohtsuki, T. (1981). Inhibition of individual fingers during grip strength exertion. *Ergonomics*, 24(1), 21–36. <https://doi.org/10.1080/00140138108924827>
- O’Keeffe, B. T., MacDonncha, C., Purtill, H., & Donnelly, A. E. (2020). Profiling the health-related physical fitness of Irish adolescents: A school-level sociodemographic divide. *PLOS ONE*, 15(6), e0235293. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235293>
- Ozimek, M., Rokowski, R., Draga, P., et al. (2017). The role of physique, strength, and endurance in the achievements of elite climbers. *PLOS ONE*, 12(1), e0176559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176559>
- Salehhodin, S., Abdullah, B., & Yusof, A. (2018). Comparison Level of Handgrip Strength for the Three Categories among Male Athleteas Artificial Wall Climbing and Factors WILL Affect. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(14), 272–285. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v9-i11/6566>
- Schweizer, A., & Furrer, M. (2007). Correlation of forearm strength and sport climbing performance. *Isokinetics and Exercise Science*, 15(3), 211–216. <https://doi.org/10.3233/IES-2007-0275>
- Stefan, R. R., Camic, C. L., Miles, G. F., Kovacs, A. J., Jagim, A. R., & Hill, C. M. (2022). Relative Contributions of Handgrip and Individual Finger Strength on Climbing Performance in a Bouldering

- Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(5), 768-773. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0422>
- Svens, B., & Lee, H. (2005). Intra- and inter-instrument reliability of grip-strength measurements: GripTrack™ and Jamar® hand dynamometers. *Hand Therapy*, 10(2), 47-55.
- The International Olympic Committee (2020). *IOC Approves Five New Sports for Olympic Games Tokyo*. Available online: <https://www.olympic.org/news/ioc-approves-five-new-sports-for-olympic-games-tokyo-2020> (accessed on 25 March 2020).
- van Bergen, N. G., Soekarjo, K., Van der Kamp, J., & Orth, D. (2022). Reliability and Validity of Functional Grip Strength Measures Across Holds and Body Positions in Climbers: Associations With Skill and Climbing Performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 94(3), 627-637. <https://doi.org/10.1080/02701367.2022.2035662>
- Visnapuu, M., & Jürimäe, T. (2007). Handgrip strength and hand dimensions in young handball and basketball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 923-929.
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 361-372. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-1036-7>
- Weinstock-Zlotnick, G., Bear-Lehman, J., & Yu, T. Y. (2011). A test case: does the availability of visual feedback impact grip strength scores when using a digital dynamometer? *Journal of Hand Therapy*, 24(3), 266-276.