



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
τόμος 10 (3), 17 - 27
Δημοσιεύτηκε: Νοέμβρης, 2012



www.hape.gr

Inquiries in Sport & Physical Education
Volume 10 (3), 17 - 27
Released: November, 2012

ISSN 1790-3041

Επίδραση της Αθλητικής Δραστηριότητας και της Ηλικίας στη Μέγιστη Δύναμη Χειρολαβής

Κωνσταντίνα Καρατράντου, Βασίλης Γεροδήμος, Μαγδαληνή Αγγελάκου,
Δήμητρα Ψύχου, Δήμητρα Παπαδημηρίου, & Νίκος Τσιακάρας
ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Ελλάδα

Περίληψη

Η δύναμη χειρολαβής είναι ένας σημαντικός παράγοντας απόδοσης σε διάφορα αθλήματα όπως η πάλη, οι αθλοπαιδιές, το τένις, η αναρρίχηση κ.α. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετασθεί η επίδραση της αθλητικής δραστηριότητας και της ηλικίας στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής. Στη μελέτη έλαβαν μέρος εθελοντικά 90 αθλητές ελληνορωμαϊκής πάλης, 90 καλαθοσφαιριστές και 90 μη-αθλούμενοι, οι οποίοι κατατάχθηκαν σύμφωνα με την ηλικία τους σε 3 ηλικιακές ομάδες: παιδιά (10.6 ± 0.7 ετών), έφηβοι (14.1 ± 0.7 ετών), και ενήλικες (24.2 ± 4.6 ετών). Για την πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιήθηκε φορητό υδραυλικό δυναμόμετρο (Jamar). Αξιολογήθηκε η μέγιστη ισομετρική δύναμη (kg) χειρολαβής του χεριού προτίμησης, και υπολογίστηκε η σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής (kg/σωματική μάζα). Για να εξετασθεί η επίδραση της αθλητικής δραστηριότητας αλλά και της ηλικίας στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA), καθώς και post-hoc συγκρίσεις κατά Tukey. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «αθλητική δραστηριότητα» και «ηλικία» στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής τόσο σε απόλυτες όσο και σε σχετικές τιμές. Τόσο στους αθλητές (παλαιστές και καλαθοσφαιριστές) όσο και στους μη-αθλούμενους εφήβους και ενήλικες παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μέγιστη δύναμη χειρολαβής (απόλυτες και σχετικές) σε σύγκριση με τα παιδιά, με εξαίρεση τους μη αθλούμενους έφηβους οι οποίοι δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά στη σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής με τους μη-αθλούμενους ενήλικες. Όσον αφορά στη σύγκριση μεταξύ των τριών ομάδων (παλαιστές - καλαθοσφαιριστές - μη αθλούμενοι) στα παιδιά και στους έφηβους δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ομάδων, αντίθετα στους ενήλικες παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αθλούμενων (παλαιστών και καλαθοσφαιριστών) και μη-αθλούμενων, με τους αθλούμενους να εμφανίζουν υψηλότερες τιμές μέγιστης δύναμης χειρολαβής (απόλυτες και σχετικές) από τους μη αθλούμενους ($p < .05$). Επιπρόσθετα, οι ενήλικες παλαιστές εμφάνισαν υψηλότερη μέγιστη δύναμη χειρολαβής από τους ενήλικες καλαθοσφαιριστές ($p < .001$). Συμπερασματικά, φαίνεται ότι τόσο η αθλητική δραστηριότητα όσο και η ηλικία επηρεάζουν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής.

Λέξεις κλειδιά: χέρι προτίμησης, ισομετρική δύναμη, καλαθοσφαιριστές, παλαιστές, μη αθλούμενοι, ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

The Effect of Sport Participation and Age on Peak Handgrip Strength

Konstantina Karatrantou, Vassilis Gerodimos, Magdalini Angelakou

Dimitra Psychou, Dimitra Papadimitriou, & Nikos Tsiakaras

Department of Physical Education and Sports Sciences Democritus University of Thessaly,
Hellas

Abstract

Handgrip strength (HG) is an important element to succeed in several sports such as wrestling, team sports, tennis, climbing etc. Therefore, this study examined the effect of sport participation and age on peak handgrip strength. Two hundred and seventy participants: 90 Greco-Roman wrestlers, 90 basketball players and 90 untrained males were participated in the study. Participants were assigned according to their chronological age into three age-groups: children (10.6 ± 0.7 years), adolescents (14.1 ± 0.7 years) and adults (24.2 ± 4.6 years). A portable hydraulic dynamometer (Jamar) was used for the HG measurement. The absolute HG (kg) of the preferred hand was evaluated, and the relative HG per unit of body mass (kg/kg) was calculated. A two-way analysis of variance (sport \times age, 3×3) and Tukey's post-hoc analysis were used to analyze the data. The results revealed statistically significant «sport» \times «age» interaction for maximal handgrip strength (absolute and relative terms). Handgrip strength (absolute and relative terms) was similar in children and adolescents wrestlers, basketball players and controls, whereas, differences were observed among wrestlers, basketball players and controls in adults. Adult wrestlers ($p < .001$) and basketball players ($p < 0.05$) exhibited significantly greater peak HG than their control peers. Also adults wrestlers demonstrated significantly greater peak HG ($p < 0.05$) than their basketball players adults ($p < .001$). Additionally, the results showed a significant age-related increase in peak HG (absolute and relative terms) irrespective of sport, with the exception of untrained adolescents vs. adults where no differences in relative HG were observed.

Key words: *isometric strength, hand preference, wrestlers, basketball players, untrained individuals anthropometric characteristics*

Εισαγωγή

Η δύναμη χειρολαβής αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα απόδοσης σε διάφορα αθλήματα όπως η αναρρίχηση (Grant et al., 1996), η πάλη (Gerodimos et al., 2012; Kraemer et al., 2001), το τένις (Kovacs, 2006), η καλαθοσφαίριση (Cortis et al., 2011; Gerodimos, 2012; Visnaruu & Jurimae, 2007), η χειροσφαίριση (Coelho e Silva, Figueiredo, Moreira Carvalho, & Malina, 2008; Coelho E Silva et al., 2010; Visnaruu & Jurimae, 2007, 2009) κα. Ιδιαίτερα στα αθλήματα της πάλης και της καλαθοσφαίρισης η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμη χειρολαβής χρησιμοποιείται συχνά με στόχο τον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό και την καθοδήγηση της προπονητικής διαδικασίας. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να συγκριθεί η πορεία ανάπτυξης της μέγιστης δύναμης χειρολαβής μεταξύ των δυο αθλημάτων, καθώς και να δημιουργηθούν ενδεικτικές τιμές-νόρμες της μέγιστης δύναμης χειρολαβής, ανά άθλημα (πάλη ή καλαθοσφαίριση) και ηλικιακή κατηγορία.

Η πάλη είναι μια έντονη αθλητική δραστηριότητα που απαιτεί υψηλά επίπεδα δύναμης και ισχύος τόσο στο πάνω όσο και στο κάτω μέρος του σώματος (Mirzaei, Curby, Rahmani-Nia, & Moghadasi, 2009; Yoon, 2002). Συγκεκριμένα, η δύναμη χειρολαβής είναι σημαντική για τα επιτυχή κρατήματα-δεσίματα και τον έλεγχο του αντιπάλου τόσο στην προπόνηση όσο και στον αγώνα. Επομένως, η μέτρηση της μέγιστης δύναμης χειρολαβής αποτελεί μια ειδική δοκιμασία για τα άθλημα της πάλης (Kraemer et al., 2001; Kraemer, Vescovi, & Dixon, 2004).

Εκτός, όμως, από το άθλημα της πάλης η δύναμη χειρολαβής σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της παλάμης (πχ. μήκος παλάμης κ.α) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καλύτερο χειρισμό της μπάλας σε αθλήματα όπως η καλαθοσφαίριση, η χειροσφαίριση κ.α. (Visnaruu & Jurimae, 2007, 2009). Συγκεκριμένα, στην καλαθοσφαίριση, η δύναμη χειρολαβής είναι σημαντική λόγω της συνεχούς χρήσης του καρπού και των δακτύλων σε διάφορες κινήσεις όπως η προώθηση της μπάλας, το σουτ κ.α. (Cortis et al., 2011; Visnaruu & Jurimae, 2007). Επομένως, η αξιολόγηση της δύναμης χειρολαβής τόσο στην πάλη όσο και

στην καλαθοσφαίριση θα μπορούσε να βοηθήσει στον καλύτερο σχεδιασμό και την καθοδήγηση της προπονητικής διαδικασίας, στην ανίχνευση αθλητικών ταλέντων, αλλά και στην πρόληψη και αποκατάσταση τραυματισμών.

Η μέγιστη δύναμη χειρολαβής επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η ηλικία (De Smet & Vercammen, 2001; Hager-Ross & Rosblad, 2002), το φύλο (Clerke, Clerke, & Adams, 2005; Cohen et al., 2010), τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (σωματική μάζα, ανάστημα, διαστάσεις παλάμης; Gerodimos et al., 2012; Hager-Ross & Rosblad, 2002; Nicolay & Walker, 2005), το χέρι αξιολόγησης (Clerke et al., 2005), το επίπεδο φυσικής κατάστασης (αθλητές και μη-αθλούμενοι; Gerodimos et al., 2012) ή το άθλημα (Koc et al., 2010), οι οποίοι όμως δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς όσον αφορά στον τρόπο που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και επηρεάζουν τη συγκεκριμένη ικανότητα (δύναμη χειρολαβής).

Η δύναμη αυξάνει προοδευτικά με την ηλικία ως αποτέλεσμα μιας σειράς βιολογικών και μορφολογικών μεταβολών που επηρεάζουν τη συνολική ανάπτυξη του ατόμου. Ειδικότερα στα αγόρια η μυϊκή δύναμη αυξάνεται γραμμικά έως την ηλικία των 13 με 14 χρόνων. Μετά την ηλικία αυτή, λόγω των ορμονικών μεταβολών που πραγματοποιούνται, παρουσιάζεται μια απότομη αύξηση της μυϊκής δύναμης έως τη μετεφηβική ηλικία (Malina & Bouchard, 1991; Seger & Thorstensson, 2000).

Σχετικά με τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής έχει παρατηρηθεί αύξηση (απόλυτες τιμές) με την πρόοδο της ηλικίας τόσο σε προπονημένα (Gerodimos, 2012; Gerodimos et al., 2012; Hansen, Bangsbo, Twisk, & Klausen, 1999; Visnaruu & Jurimae, 2007, 2009) όσο και σε απροπόνητα άτομα (De Smet & Vercammen, 2001; Hager-Ross & Rosblad, 2002; Molenaar et al., 2010). Όσον αφορά στη σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής (σε σχέση με τη σωματική μάζα) παρατηρείται διαφορά στην ανάπτυξή της, με την πρόοδο της ηλικίας, μεταξύ αθλητών πάλης και μη-αθλούμενων (Gerodimos et al., 2012).

Η επίδραση της αθλητικής δραστηριότητας και, κατ' επέκταση, της εξειδικευμένης για το άθλημα προπόνησης στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής είναι ένα θέμα που έχει απασχολήσει τους επιστήμονες οι οποίοι αξιολόγησαν και συνέκριναν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής σε μη-αθλητές καθώς και σε αθλητές διάφορων αθλημάτων (Gerodimos et al., 2012; Margonato, Roi, Cerizza, & Galdabino, 1994; Platen et al., 2001). Σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε παιδιά και σε πρώιμους εφήβους (μέχρι 14 ετών) δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ αθλητών και μη-αθλητών (Gerodimos et al., 2012; Tsolakis, Bogdanis, Vagenas, & Dessypris, 2006). Αντίθετα σε μεγαλύτερες ηλικίες (όψιμοι έφηβοι και ενήλικες), στις περισσότερες μελέτες, έχουν αναφερθεί διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ αθλητών (τέννις ή πάλη) και μη-αθλητών (Gerodimos et al., 2012; Gojanovic, Waeber, Gremion, Liaudet, & Feihl, 2009; Margonato et al., 1994). Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία μελέτη που να συγκρίνει τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ καλαθοσφαιριστών και μη-αθλούμενων παιδιών, εφήβων και ενηλίκων.

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι έρευνες που εξέτασαν την επίδραση διαφορετικών προπονητικών ερεθισμάτων στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής κατέληξαν σε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, οι Koc et al. (2010) αξιολόγησαν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής νεαρών αθλητών (12.8 ετών), καλαθοσφαίρισης και πετοσφαίρισης, και ανέφεραν ότι οι αθλητές καλαθοσφαίρισης παρουσίασαν υψηλότερες τιμές μέγιστης δύναμης χειρολαβής από τους αθλητές πετοσφαίρισης. Επιπρόσθετα, οι Platen et al. (2001) αξιολόγησαν και συνέκριναν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής ενηλίκων αθλητών (δρομικά αθλήματα, ποδηλασία, τρίαθλο, τζούντο και πάλη, ομαδικά αθλήματα) και απροπόνητων ατόμων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ των διαφορετικών αθλημάτων.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η επίδραση της συμμετοχής σε κάποια αθλητική δραστηριότητα καθώς και οι ειδικές απαιτήσεις του κάθε αθλήματος, πιθανόν αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, οι οποίοι, όμως, δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς (αντικρουόμενα αποτελέσματα) όσον αφορά στον τρόπο που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη ικανότητα (δύναμη χειρολαβής). Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δε βρέθηκε κάποια μελέτη που να συγκρίνει την επίδραση του αθλήματος (πάλη ή καλαθοσφαίριση), στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, εξετάζοντας ένα μεγάλο εύρος ηλικιακών ομάδων (παιδιά, εφήβους, ενήλικες). Συνεπώς, σκοπός της παρούσας μελέτης είναι

να εξετάσει την επίδραση της συμμετοχής σε κάποια αθλητική δραστηριότητα (αθλητές: παλαιστές και καλαθοσφαιριστές, και μη-αθλούμενοι) καθώς και του αθλήματος (πάλη και καλαθοσφαίριση) στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής κατά τη διάρκεια των αναπτυξιακών ηλικιών (παιδιά, έφηβοι, ενήλικες).

Μέθοδος και διαδικασία

Δείγμα

Στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος εθελοντικά 270 άτομα: 90 αθλητές καλαθοσφαίρισης (30 παιδιά 9-11 ετών, 30 έφηβοι 13-15 ετών και 30 ενήλικες >18 ετών), 90 αθλητές ελληνορωμαϊκής πάλης (30 παιδιά 9-11 ετών, 30 έφηβοι 13-15 ετών και 30 ενήλικες >18 ετών) και 90 μη-αθλούμενοι (30 παιδιά 9-11 ετών, 30 έφηβοι 13-15 ετών και 30 ενήλικες >18 ετών), χωρίς ιστορικό τραυματισμών στα άνω άκρα. Η ενασχόληση των αθλητών με την καλαθοσφαίριση ή την πάλη για πάνω από ένα χρόνο τέθηκε ως κριτήριο για τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Πριν την έναρξη της μελέτης οι συμμετέχοντες, και οι γονείς των παιδιών και των εφήβων ενημερώθηκαν και υπέγραψαν σχετική φόρμα συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Η παρούσα έρευνα εγκρίθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του ΤΕΦΑΑ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η ηλικία, τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά, και τα προπονητικά χαρακτηριστικά του δείγματος παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Σωματομετρικά και προπονητικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων ανά ηλικία και αθλητική δραστηριότητα (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση).

Μεταβλητές	Παιδιά	Έφηβοι	Ενήλικες
n			
Παλαιστές	30	30	30
Καλαθοσφαιριστές	30	30	30
Μη-αθλούμενοι	30	30	30
Ηλικία (έτη)			
Παλαιστές	10.6 \pm 0.9*	14.4 \pm 0.7#	23.7 \pm 4.2
Καλαθοσφαιριστές	10.6 \pm 0.7*	14.2 \pm 0.5#	24.8 \pm 5.6
Μη-αθλούμενοι	10.5 \pm 0.6*	14.0 \pm 0.6#	23.2 \pm 4.1
Ωρίμανση (στάδιο)			
Παλαιστές	1-2	3-4	5
Καλαθοσφαιριστές	1-2	3-4	5
Μη-αθλούμενοι	1-2	3-4	5
Ανάστημα (cm)			
Παλαιστές	142.2 \pm 7.6*	168.8 \pm 9.7#	178.7 \pm 7.1
Καλαθοσφαιριστές	145.6 \pm 8.2*	171.7 \pm 9.5#	189.9 \pm 6.2†
Μη-αθλούμενοι	144.4 \pm 7.1*	168.2 \pm 7.5#	179.4 \pm 6.2
Σωματική μάζα (kg)			
Παλαιστές	39.8 \pm 9.4*	63.8 \pm 12.7#	80.7 \pm 14.6
Καλαθοσφαιριστές	40.5 \pm 8.3*	62.0 \pm 9.3#	84.6 \pm 7.8#
Μη-αθλούμενοι	41.5 \pm 10.4*	63.5 \pm 15.9#	76.9 \pm 9.5
Προπονητική Ηλικία (έτη)			
Παλαιστές	2.4 \pm 1.2	3.6 \pm 1.1	9.1 \pm 5.0*
Καλαθοσφαιριστές	2.3 \pm 0.9	3.7 \pm 1.6	10.0 \pm 5.4*
Μη-αθλούμενοι	-	-	-

Προπονήσεις ανά εβδομάδα

Παλαιστές	2.9 ± 0.4*	3.5 ± 1.0 [#]	5.0 ± 1.8
Καλαθοσφαιριστές	2.3 ± 0.5*	3.1 ± 0.6 [#]	4.8 ± 1.7
Μη-αθλούμενοι	-	-	-

Όπου * $p < .001$ με τις άλλες ηλικιακές ομάδες, [#] $p < .001$ με τους ενήλικες, † $p < .001$ με τους παλαιστές και μη-αθλούμενους, ‡ $p < .05$ με τους μη-αθλούμενους.

Μετρήσεις

Βιολογική ωρίμανση: Το επίπεδο ωρίμανσης των συμμετεχόντων, αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας τα πέντε στάδια του δείκτη εκτίμησης του Tanner. Πρόκειται για ένα σύστημα κατάταξης στηριζόμενο στα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του φύλου (Malina & Bouchard, 1991).

Ανάστημα: Το ανάστημα μετρήθηκε σε ειδικό σταθερό αναστημόμετρο (Seca model 220, Seca, Hamburg, Germany). Οι εξεταζόμενοι στέκονταν όρθιοι, με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια, τα χέρια να κρέμονται ελεύθερα στα πλάγια, τα πόδια ενωμένα και το κεφάλι όρθιο. Η μέτρηση έγινε με ακρίβεια εκατοστού (1cm) και επαναλήφθηκε 2 φορές (Lohman, Roche, & Martorell, 1988).

Σωματική μάζα: Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας οι δοκιμαζόμενοι στέκονταν ελαφρά ντυμένοι στο κέντρο του ζυγού, με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια. Η μέτρηση έγινε με ακρίβεια μισού κιλού (0.5kg) και επαναλήφθηκε 2 φορές (Lohman et al., 1988). Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας (Seca model 755, Seca, Hamburg, Germany).



Μέτρηση μέγιστης δύναμης χειρολαβής: Οι δοκιμαζόμενοι από καθιστή θέση με τον αγκώνα του εξεταζόμενου χεριού σε γωνία 90ο και τον καρπό να βρίσκεται σε ουδέτερη θέση, εκτελούσαν μέγιστη ισομετρική σύσπαση για 5s (Σχήμα 1; Gerodimos et al., 2012). Η μέτρηση επαναλήφθηκε 3 φορές, με διάλειμμα 60s μεταξύ των προσπαθειών, και αξιολογήθηκε η καλύτερη προσπάθεια. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης υπήρξε λεκτική παρακίνηση, η οποία ήταν ίδια για όλους τους δοκιμαζόμενους (ένταση φωνής, ίδιες λέξεις κλειδιά κ.α.). Επιπρόσθετα, κατά τη διάρκεια της μέτρησης υπήρξε οπτική ανατροφοδότηση. Για την πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιήθηκε φορητό

υδραυλικό δυναμόμετρο Jamar (Jamar, 5030J1, Jamar Technologies, Horsham, PA, USA). Η καταγραφή της μέγιστης ισομετρικής δύναμης χειρολαβής έγινε σε χιλιόγραμμα (kg). Η αξιοπιστία της μέτρησης, σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες κυμαίνεται μεταξύ .94 και .99 ανάλογα με την ηλικία (παιδιά, έφηβοι, ενήλικες; Gerodimos, 2012). Αξιολογήθηκε η μέγιστη δύναμη χειρολαβής του χεριού προτίμησης, και στη συνέχεια υπολογίστηκε η σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής (kg/kg σωματικής μάζας).

Διαδικασία

Πριν την έναρξη της έρευνας πραγματοποιήθηκε στο Κέντρο Έρευνας και Αξιολόγησης της Αθλητικής Απόδοσης του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ενημέρωση και εξοικείωση των συμμετεχόντων (ανά ομάδα και ηλικιακή ομάδα) με τις μετρήσεις και το όργανο μέτρησης (χειροδυναμόμετρο), και συμπληρώθηκε ερωτηματολόγιο με τα προσωπικά και προπονητικά χαρακτηριστικά του κάθε δοκιμαζόμενου. Επίσης, την ίδια μέρα πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των σωματομετρικών χαρακτηριστικών και της βιολογικής ωρίμανσης του δείγματος, και ορίστηκε ως χέρι προτίμησης για κάθε δοκιμαζόμενο το χέρι που χρησιμοποιείται για το γράψιμο.

Πριν την εφαρμογή της δοκιμασίας, της μέγιστης δύναμης χειρολαβής, πραγματοποιήθηκε προθέρμανση, που περιλάμβανε 3 υπομέγιστες προσπάθειες για εξοικείωση με τη δοκιμασία.

Στατιστική ανάλυση

Το στατιστικό πακέτο SPSS 15 (Illinois, USA) χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων. Για κάθε μια από τις μεταβλητές πραγματοποιήθηκε έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής (κριτήριο Kolmogorov-Smirnov), αλλά και έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων (Levens Test for Equality of Variances). Από τον έλεγχο της κανονικότητας της κατανομής προέκυψε ότι όλες οι μεταβλητές που αξιολογήθηκαν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Επίσης, από τον έλεγχο της ισότητας των διακυμάνσεων παρατηρήθηκε ότι όλες οι μεταβλητές παρουσίασαν ομοιογένεια της διακύμανσης μεταξύ των δειγμάτων.

Για να εξετασθεί η επίδραση της αθλητικής δραστηριότητας αλλά και της ηλικίας στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής (απόλυτη και σχετική), χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA), (αθλητική δραστηριότητα x ηλικία, 3 x 3). Επιπρόσθετα, για να εξετασθεί η επίδραση της αθλητικής δραστηριότητας αλλά και της ηλικίας στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA), (αθλητική δραστηριότητα x ηλικία, 3 x 3). Για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των ηλικιακών ομάδων, αλλά και των διαφορετικών αθλημάτων χρησιμοποιήθηκε ο μαθηματικός τύπος του Tukey ως κριτήριο post-hoc σύγκρισης, όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < .05$.

Αποτελέσματα

Απόλυτη Μέγιστη Δύναμη χειρολαβής

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «αθλητική δραστηριότητα» και «ηλικία» ($F_{4,261} = 12.06$, $p < .001$), στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής. Όσον αφορά στη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών αθλημάτων, τόσο στα παιδιά όσο και στους εφήβους δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ καλαθοσφαιριστών, παλαιστών και μη-αθλούμενων. Αντίθετα, στους ενήλικες παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών αθλημάτων. Συγκεκριμένα οι μη αθλούμενοι παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τους καλαθοσφαιριστές και τους παλαιστές ($p < .001$), οι οποίοι παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, με τους παλαιστές να υπερέρχουν σε δύναμη έναντι των καλαθοσφαιριστών ($p < .01$). Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της μέγιστης δύναμης χειρολαβής των συμμετεχόντων ανά «αθλητική δραστηριότητα» και «ηλικιακή ομάδα».

Επιπρόσθετα, η μέγιστη δύναμη χειρολαβής των νεαρών ανδρών αυξήθηκε με την πρόοδο της ηλικίας. Αναλυτικότερα τόσο στους αθλητές (παλαιστές και καλαθοσφαιριστές) όσο και στους μη αθλούμενους παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των ηλικιακών ομάδων, με τα παιδιά να εμφανίζουν μικρότερες τιμές συγκριτικά με τις άλλες δύο ηλικιακές ομάδες ($p < .001$) και τους εφήβους να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά μικρότερη μέγιστη δύναμη χειρολαβής από τους ενήλικες ($p < .001$; Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Απόλυτη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, ανά αθλητική δραστηριότητα και ηλικιακή ομάδα (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση).

	Παιδιά (n = 30)	Έφηβοι (n = 30)	Ενήλικες (n = 30)
Παλαιστές (n = 90)	22.0 \pm 3.4*	45.1 \pm 7.1#	71.3 \pm 7.8†§
Καλαθοσφαιριστές (n = 90)	21.3 \pm 5.3*	42.4 \pm 9.0#	66.5 \pm 9.3‡
Μη-αθλούμενοι (n = 90)	21.1 \pm 3.7*	41.7 \pm 6.9#	54.8 \pm 7.7

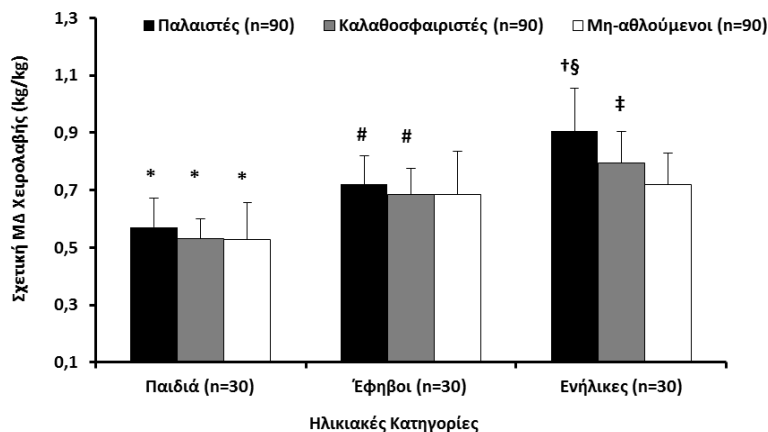
Όπου * $p < .001$ με τις άλλες ηλικιακές ομάδες, # $p < .001$ με τους ενήλικες, † $p < .001$ με τους μη-αθλούμενους ενήλικες, ‡ $p < .05$ με τους μη-αθλούμενους ενήλικες, § $p < .001$ με τους ενήλικες καλαθοσφαιριστές.

Σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «αθλητική δραστηριότητα» και «ηλικία» ($F_{4,261} = 4.02$, $p < .01$; Σχήμα 1). Συγκεκριμένα, τόσο στους παλαιστές όσο και στους καλαθοσφαιριστές παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των ηλικιακών ομάδων, με τα παιδιά να

εμφανίζουν μικρότερες τιμές συγκριτικά με τις άλλες δύο ηλικιακές ομάδες ($p<.001$). Αντίθετα, στους μη-αθλούμενους παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ των παιδιών και των άλλων δύο ηλικιακών ομάδων ($p<.001$), ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ εφήβων και ενηλίκων.

Όσον αφορά στη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών αθλημάτων, τόσο στα παιδιά όσο και στους εφήβους δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ καλαθοσφαιριστών, παλαιστών και μη-αθλούμενων. Αντίθετα, στους ενήλικες παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών αθλημάτων. Συγκεκριμένα οι μη αθλούμενοι παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τους καλαθοσφαιριστές ($p<.05$) και τους παλαιστές ($p<.001$), οι οποίοι παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ($p<.001$), με τους παλαιστές να υπερέχουν σε δύναμη έναντι των καλαθοσφαιριστών.



Σχήμα 1. Σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής (kg/kg), ανά αθλητική δραστηριότητα και ηλικιακή ομάδα προτίμησης. Όπου * $p<.001$ με τις άλλες ηλικιακές ομάδες, # $p<.001$ με τους ενήλικες, † $p<.001$ με τους μη-αθλούμενους ενήλικες, ‡ $p<.05$ με τους μη-αθλούμενους ενήλικες, § $p<.001$ με τους ενήλικες καλαθοσφαιριστές.

Συζήτηση

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε αύξηση της μέγιστης δύναμης χειρολαβής (απόλυτες και σχετικές τιμές) με την πρόοδο της ηλικίας, τόσο στους αθλητές (παλαιστές και καλαθοσφαιριστές) όσο και στους μη-αθλούμενους, με εξαίρεση τους μη-αθλούμενους εφήβους και ενήλικες οι οποίοι δεν παρουσίασαν, μεταξύ τους, σημαντική διαφορά στη σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής. Όσον αφορά στην επίδραση της αθλητικής δραστηριότητας στα παιδιά και στους εφήβους δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αθλητών και μη-αθλούμενων, αντίθετα οι ενήλικες αθλητές (παλαιστές και καλαθοσφαιριστές) εμφάνισαν υψηλότερες τιμές μέγιστης δύναμης χειρολαβής (απόλυτες και σχετικές) από τους μη-αθλούμενους ενήλικες. Επιπρόσθετα, οι ενήλικες παλαιστές εμφάνισαν υψηλότερη μέγιστη δύναμη χειρολαβής από τους ενήλικες καλαθοσφαιριστές. Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη, στη βιβλιογραφία στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της συμμετοχής σε διαφορετικές αθλητικές δραστηριότητες (πάλη και καλαθοσφαίριση) στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, εξετάζοντας ένα ευρύ φάσμα ηλικιακών ομάδων (παιδιά, έφηβοι, ενήλικες).

Επίδραση αθλητικής δραστηριότητας

Η επίδραση της αθλητικής δραστηριότητας και, κατ' επέκταση, της εξειδικευμένης για το άθλημα προπόνησης στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής είναι σημαντική. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με αυτά των Gerodimos et al. (2012) και Tsolakis et al. (2006) οι οποίοι δεν παρατήρησαν διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ αθλητών (πάλης, και ξιφασκίας, αντίστοιχα) και μη-αθλούμενων στις μικρές ηλικίες (παιδιών και πρώιμους εφήβους: μέχρι 14-15 ετών). Αντίθετα σε μεγαλύτερες ηλικίες (όψιμοι έφηβοι και ενήλικες), στις περισσότερες μελέτες, έχουν αναφερθεί διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ αθλητών και μη-αθλούμενων. Πιο αναλυτικά, οι Gojanovic, Waeber, Gremion, Liaudet, and Feihl (2009) και οι Margonato et al. (1994), αναφέρουν διαφορές στη

μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ αθλητών τένις και μη αθλούμενων ενηλίκων, και αθλητών ξιφασκίας και μη αθλούμενων ενηλίκων, αντίστοιχα. Τόσο οι αθλητές τένις (Gojanovic et al., 2009) όσο και οι αθλητές ξιφασκίας (Margonato et al., 1994) παρουσίασαν υψηλότερες τιμές μέγιστης δύναμης χειρολαβής από τους μη αθλούμενους ενήλικες. Παρόμοια, ο Gerodimos και οι συνεργάτες του (2012) παρατήρησαν διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ αθλητών πάλης και μη αθλούμενων εφήβων (~16 ετών) και ενηλίκων. Οι παλαιότες εμφάνισαν υψηλότερες τιμές μέγιστης δύναμης χειρολαβής από τους μη-αθλούμενους εφήβους (16-17 ετών) και ενήλικες. Μια διαφοροποίηση παρατηρείται στην έρευνα των Ache-Dias et al. (2011) οι οποίοι συνέκριναν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής καθώς και την αντοχή στη δύναμη χειρολαβής μεταξύ αθλητών τζούντο και μη-αθλούμενων ενηλίκων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ αθλούμενων και μη-αθλούμενων στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, αντίθετα οι αθλητές τζούντο εμφάνισαν μεγαλύτερη αντοχή στη δύναμη χειρολαβής συγκριτικά με τους μη-αθλούμενους. Η φύση και οι ειδικές απαιτήσεις του αθλήματος (τζούντο) πιθανόν εξηγούν τη διαφορά στην αντοχή στη δύναμη χειρολαβής μεταξύ των αθλητών τζούντο και των μη-αθλούμενων ενηλίκων. Φαίνεται ότι μέχρι την ηλικία των 15 ετών η αύξηση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης με την ηλικία οφείλεται περισσότερο στην ανάπτυξη (αύξηση σωματικής μάζας, αναστήματος κ.α.) και λιγότερο στην εξειδικευμένη προπόνηση σε κάποιο άθλημα (Maffulli, King, & Helms, 1994).

Η συμμετοχή σε διαφορετικές αθλητικές δραστηριότητες, πιθανόν αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, η οποία, όμως, δεν έχει μελετηθεί επαρκώς (αντικρουόμενα αποτελέσματα) όσον αφορά στον τρόπο που επηρεάζει τη συγκεκριμένη ικανότητα (δύναμη χειρολαβής). Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης στις μικρές ηλικίες (παιδιά και έφηβοι) δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής (απόλυτες και σχετικές) μεταξύ παλαιστών και καλαθοσφαιριστών, αντίθετα στους ενήλικες παρατηρήθηκε σημαντική υπεροχή των παλαιστών έναντι των καλαθοσφαιριστών. Η μεγαλύτερη μέγιστη δύναμη χειρολαβής που παρατηρήθηκε στους ενήλικες παλαιστές συγκριτικά με τους καλαθοσφαιριστές, πιθανόν οφείλεται στις ειδικές απαιτήσεις του αθλήματος (εφαρμογή ισομετρικής δύναμης για επιτυχή κρατήματα-δεσίματα του αντιπάλου), αλλά και στην εξειδικευμένη προπόνηση για την ανάπτυξη της δύναμης των άνω άκρων, μέσω ισομετρικών ασκήσεων που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της προετοιμασίας των αθλητών πάλης (Kraemer et al., 2001; Kraemer et al., 2004).

Προηγούμενες έρευνες που εξέτασαν την επίδραση διαφορετικών προπονητικών ερεθισμάτων στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής κατέληξαν σε αντικρουόμενα αποτελέσματα (Koc et al., 2010; Platen et al., 2001). Πιο αναλυτικά, ο Koc και οι συνεργάτες του (2010) αξιολόγησαν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής νεαρών αθλητών (ηλικίας 12.8 ετών) καλαθοσφαίρισης και πετοσφαίρισης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης οι αθλητές καλαθοσφαίρισης παρουσίασαν υψηλότερες τιμές μέγιστης δύναμης χειρολαβής (29.06kg) από τους αθλητές πετοσφαίρισης (25.45kg). Επιπρόσθετα, οι Platen et al. (2001) αξιολόγησαν και συνέκριναν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής ενηλίκων αθλητών (18-31 ετών), δρομικών αθλημάτων, ποδηλασίας, τριάθλου, τζούντο και πάλης, ομαδικών αθλημάτων και απροπόνητων ατόμων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής μεταξύ των διαφορετικών αθλημάτων. Ωστόσο τα αποτελέσματα των προαναφερθέντων μελετών (Koc et al., 2010; Platen et al., 2001) δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα με αυτά της παρούσας μελέτης λόγω των διαφορετικών αθλημάτων και των διαφορετικών ηλικιακών ομάδων που αξιολογήθηκαν.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η συμμετοχή σε κάποια αθλητική δραστηριότητα ή οι ειδικές απαιτήσεις των διαφορετικών αθλημάτων αποτελούν κάποιους από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της μέγιστης δύναμης χειρολαβής κατά τη διάρκεια των αναπτυξιακών ηλικιών. Η επίδραση της συμμετοχής σε κάποια αθλητική δραστηριότητα στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής πιθανόν επηρεάζεται από την ηλικία αλλά και από τις ειδικές απαιτήσεις του κάθε αθλήματος, ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα ώστε να μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Επίδραση ηλικίας

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με αυτά των De Smet και Vercammen (2001), Hager-Ross και Rosblad (2002), και Holm, Fredriksen, Fosdahl, και Vollestad (2008) οι οποίοι αναφέρουν αύξηση της μέγιστης δύναμης χειρολαβής (απόλυτες τιμές), απροπόνητων παιδιών, με την πρόοδο της ηλικίας. Παρόμοια, η ανάπτυξη της μέγιστης δύναμης χειρολαβής (απόλυτες τιμές), με την πρόοδο της ηλικίας, φαίνεται πως έχει τα ίδια χαρακτηριστικά και για τους αθλητές (Gerodimos et al., 2012; Hansen et al. 1999; Terbizan & Seljenvold, 1996; Visnaruu & Jurimae, 2007, 2009).

Η ανάπτυξη της δύναμης κατά τη διάρκεια των αναπτυξιακών ηλικιών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες συμπεριλαμβανομένου της σωματικής ανάπτυξης (σωματική μάζα, ύψος), της βιολογικής ωρίμανσης, των νευρολογικών παραγόντων (ικανότητα και βαθμός ενεργοποίησης κινητικών μονάδων), της μυϊκής μάζας, της σύνθεσης των μυϊκών ινών, και των ενδοκρινικών παραγόντων (επίπεδα ορμονών) κ.α. (Blimkie, 1989; Froberg & Lammert, 1996; Malina & Bouchard, 1991; Tesch & Karlsson, 1978).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η σωματική μάζα είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την αύξηση της δύναμης κατά τη διάρκεια των αναπτυξιακών ηλικιών, επομένως αποτελεί έναν παράγοντα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την αξιολόγηση της δύναμης. Όσον αφορά στη σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής (σε σχέση με τη σωματική μάζα) παρατηρείται διαφορά στην ανάπτυξή της, με την πρόοδο της ηλικίας, μεταξύ αθλούμενων και μη-αθλούμενων. Σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε αθλητές πάλης (Gerodimos et al., 2012) και καλαθοσφαίρισης (Gerodimos, 2012) αναφέρθηκε αύξηση της σχετικής μέγιστης δύναμης χειρολαβής με την πρόοδο της ηλικίας, ενώ σε μαζικά ασκούμενα άτομα παρατηρήθηκε μια σταθεροποίηση μετά την εφηβεία (Gerodimos et al., 2012). Μια διαφοροποίηση παρατηρείται μόνο στη μελέτη των Terbizan και Seljenvold (1996) οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση της ηλικίας στη μέγιστη δύναμη χειρολαβής (σχετικές τιμές) παλαιστών (≤ 15 ετών, 16 ετών, ≥ 17 ετών). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας μελέτης παρατηρήθηκε αύξηση της σχετικής μέγιστης δύναμης χειρολαβής μεταξύ των ηλικιακών ομάδων 15-16 ετών, ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ 16 έως 17 ετών. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν ο Gerodimos και οι συνεργάτες του (2012) οι οποίοι δεν ανέφεραν διαφορές στη σχετική μέγιστη δύναμη χειρολαβής όψιμων εφήβων και ενήλικων παλαιστών. Φαίνεται ότι η μέγιστη δύναμη χειρολαβής των νεαρών αθλητών (παλαιστές και καλαθοσφαιριστές) αυξάνεται με την πρόοδο της ηλικίας (στις αναπτυξιακές ηλικίες) ως αποτέλεσμα ενός μεγάλου αριθμού παραγόντων που αφορούν τόσο στις μορφολογικές και βιολογικές μεταβολές που παρατηρούνται κατά την ανάπτυξη όσο και στις ιδιαιτερότητες του αθλήματος και στα προπονητικά περιεχόμενα που εφαρμόζονται.

Σημασία για τον Αθλητισμό

Η δύναμη χειρολαβής είναι ένας σημαντικός παράγοντας απόδοσης τόσο στο άθλημα της πάλης όσο και της καλαθοσφαίρισης. Η δύναμη χειρολαβής επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες (ηλικία, προπόνηση) οι οποίοι όμως δεν έχουν πλήρως αποσαφηνιστεί όσον αφορά στον τρόπο που επηρεάζουν τη συγκεκριμένη ικανότητα. Η κατανόηση του τρόπου που οι διάφοροι παράγοντες όπως η ηλικία, η προπόνηση κ.α αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και επηρεάζουν τη μέγιστη δύναμη χειρολαβής, θα βοηθήσει στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό της προπονητικής διαδικασίας, στην ανίχνευση-επιλογή ταλέντων, αλλά και στην πρόληψη και αποκατάσταση τραυματισμών.

*** Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με χρηματοδότηση της Επιτροπής Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.**

Βιβλιογραφία

- Ache-Dias, J., Wentz, M., Kulkamp, W., Mattos, D., Goethel, M., & Borges-Júnior, N. (2011). Is the handgrip strength performance better in judokas than in non-judokas? Science & Sports. doi: doi:10.1016/j.scispo.2011.10.005

- Blimkie, C. J. R. (1989). Age and sex associated variation in strength during childhood: anthropometric, morphologic, neurologic and biomechanical correlates. In C. V. Gisolfi & D. R. Lamb (Eds.), *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine* (pp. 223-308). Indianapolis: Benchmark: Exercise and Sport.
- Clerke, A. M., Clerke, J. P., & Adams, R. D. (2005). Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers. *Journal of Hand Therapy*, 18, 19-29. doi: 10.1197/j.jht.2004.10.007
- Coelho e Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Moreira Carvalho, H., & Malina, R. M. (2008). Functional capacities and sport-specific skills of 14- to 15-year-old male basketball players: Size and maturity effects. *European Journal of Sport Science*, 8, 277-285.
- Coelho E Silva, M. J., Moreira Carvalho, H., Gonçalves, C. E., Figueiredo, A. J., Elferink-Gemser, M. T., Philippaerts, R. M., & Malina, R. M. (2010). Growth, maturation, functional capacities and sport-specific skills in 12-13 year-old- Basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50, 174-181.
- Cohen, D. D., Voss, C., Taylor, M. J. D., Stasinopoulos, D. M., Delextrat, A., & Sandercock, G. R. H. (2010). Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 99, 1065-1072.
- Cortis, C., Tessitore, A., Lupo, C., Pesce, C., Fossile, E., Figura, F., & Capranica, L. (2011). Inter-limb coordination, strength, jump, and sprint performances following a youth men's basketball game. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 135-142.
- De Smet, L., & Vercammen, A. (2001). Grip strength in children. *Journal of Pediatrics Orthopaedics B*, 10, 352-354.
- Froberg, K., & Lammert, O. (1996). Development of muscle strength during childhood. In O. Bar-Or (Ed.), *The Child and Adolescent Athlete: The Encyclopaedia of Sports Medicine* (pp. 25-40). Oxford: Blackwell.
- Gerodimos, V. (2012). Reliability of handgrip strength test in basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 31, 25-36.
- Gerodimos, V., Karatrantou, K., Dipla, K., Zafeiridis, A., Tsiakaras, N., & Sotiriadis, S. (2012). Age-related differences in peak handgrip strength between wrestlers and non-athletes during the developmental years. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0b013e318257812e.
- Gojanovic, B., Waeber, B., Gremion, G., Liaudet, L., & Feihl, F. (2009). Bilateral symmetry of radial pulse in high-level tennis players: implications for the validity of central aortic pulse wave analysis. *Journal of Hypertension*, 27, 1617-1623.
- Hager-Ross, C., & Rosblad, B. (2002). Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatrica*, 91, 617-625.
- Hansen, L., Bangsbo, J., Twisk, J., & Klausen, K. (1999). Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players. *Journal of Applied Physiology*, 87, 1141-1147.
- Holm, I., Fredriksen, P., Fosdahl, M., & Vollestad, N. (2008). A normative sample of isotonic and isokinetic muscle strength measurements in children 7 to 12 years of age. *Acta Paediatrica*, 97, 602-607.
- Kovacs, M. S. (2006). Applied physiology of tennis performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 381-385.
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Rubin, M. R., Triplett-McBride, T., Gordon, S. E., Koziris, L. P., . . . Fleck, S. J. (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1367-1378.
- Kraemer, W. J., Vescovi, J. D., & Dixon, P. (2004). The physiological basis of wrestling: Implications for conditioning programs. *Strength and Conditioning Journal*, 26, 10-15.
- Lohman, T. G., Roche, A., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign: IL: Human Kinetics.
- Maffulli, N., King, J. B., & Helms, P. (1994). Training in elite young athletes (the Training of Young Athletes (TOYA) Study): injuries, flexibility and isometric strength. *British Journal of Sports Medicine*, 28, 123-136.

- Malina, R. M., & Bouchard, C. (1991). Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign.
- Margonato, V., Roi, G. S., Cerizza, C., & Galdabino, G. L. (1994). Maximal isometric force and muscle cross-sectional area of the forearm in fencers. *Journal of Sports Sciences*, 12, 567-572.
- Mirzaei, B., Curby, D. G., Rahmani-Nia, F., & Moghadasi, M. (2009). Physiological profile of elite Iranian junior freestyle wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2339-2344.
- Molenaar, H. M., Selles, R. W., Zuidam, J. M., Willemsen, S. P., Stam, H. J., & Hovius, S. E. R. (2010). Growth Diagrams for Grip Strength in Children. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468, 217-223.
- Nicolay, C. W., & Walker, A. L. (2005). Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 605-618.
- Platen, P., Chae, E. H., Antz, R., Lehmann, R., Kühlmorgen, J., & B., A. (2001). Bone mineral density in top level male athletes of different sports. *European Journal of Sport Science*, 1, 1-15.
- Seger, J. Y., & Thorstensson, A. (2000). Muscle strength and electromyogram in boys and girls followed through puberty. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 54-61.
- Terbizan, D. J., & Seljevoll, P. J. (1996). Physiological profile of age-group wrestlers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36, 178-185.
- Tesch, P., & Karlsson, J. (1978). Isometric strength performance and muscle fibre type distribution in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 103, 47-51.
- Tsolakis, C. K., Bogdanis, G. C., Vagenas, G. K., & Dessypris, A. G. (2006). Influence of a twelve-month conditioning program on physical growth, serum hormones, and neuromuscular performance of peripubertal male fencers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 908-914.
- Visnapuu, M., & Jurimae, T. (2007). Handgrip strength and hand dimensions in young handball and basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 923-929.
- Visnapuu, M., & Jurimae, T. (2009). Relations of anthropometric parameters with scores on basic and specific motor tasks in young handball players. *Perceptual and Motor Skills*, 108, 670-676.
- Yoon, J. (2002). Physiological profiles of elite senior wrestlers. *Sports Medicine*, 32, 225-233.