



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΟΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΥΟ-ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ
ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΑΝΤΙΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΠΑΙΔΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΕΦΗΒΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ: ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ 9 ΜΗΝΩΝ»**

Δημητρία Παλαιοθοδώρου

Διδακτορική Διατριβή

ΑΘΗΝΑ 2022

© Copyright

Παλαιοθοδώρα Δημητρία

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη

Πρακτικό Εξέτασης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικών και Καποδιστριακών
Πανεπιστήμιων Αθηνών

ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών “Βιολογία της Άσκησης”

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Της Δημητριάς Παλαιοθοδώρου

Η επταμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Συνέλευση του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 24/5/2022 για την κρίση και αξιολόγηση της διδακτορικής διατριβής της κ. Δημητριάς Παλαιοθοδώρου με τίτλο: «Οστικές και μυο-δυναμικές ασυμμετρίες σε αθλητές αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας: Προοπτική μελέτη προπόνησης 9 μηνών» αποτελούμενη από τους κ.κ. Γ. Βαγενά Αφυπηρετήσα Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), Ν. Γελαδά Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Κ. Μπουντόλο Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Η. Τσέπη Καθηγητή του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Πατρών, Γ. Μπογδάνη Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Χ. Τσολάκη Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Φ. Βενετσάνου Αναπλ. Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 24/6/2022 ημέρα Παρασκευή και ώρα 14:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε.Παυλίνη του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρινόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται και βαθμολογείται ως ...*11.2.14*...

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Γ. Βαγενάς, Αφυπηρετήσας Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ν. Γελαδάς, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Κ. Μπουντόλος, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Η. Τσέπης, Καθηγητής του Πανεπιστημίου Πατρών

Γ. Μπογδάνης, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Χ. Τσολάκης, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Φ. Βενετσάνου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ως αθλήτρια ατομικού αγωνίσματος κατάλαβα από πολύ μικρή ηλικία ότι για να κατακτήσεις κάτι σημαντικό στη ζωή σου θέλει προσήλωση, επιμονή και υπομονή αλλά κυρίως ανθρώπους που να σε στηρίζουν και να είναι δίπλα σου σε όλο αυτό το ταξίδι. Αυτός που τρέχει την κούρσα μπορεί να είναι μόνος του αλλά υπάρχουν άνθρωποι που συνέβαλαν για να βρίσκεται εκεί. Δε θα μπορούσε να συμβαίνει κάτι διαφορετικό στον στίβο της επιστήμης για την κατάκτηση της γνώσης. Έτσι λοιπόν φτάνοντας στην ολοκλήρωση της διδακτορικής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον Καθηγητή και Δάσκαλο ζωής κ. Γεώργιο Βαγενά, που με την ακαδημαϊκή και επιστημονική του καθοδήγηση συνέβαλε στην διαμόρφωση της ερευνητικής και επιστημονικής μου προσωπικότητας. Θα ήθελα να του εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη για την συνεχή και ουσιαστική υποστήριξη που είχα όλα αυτά τα χρόνια χωρίς την οποία η ολοκλήρωση αυτής της διατριβής δε θα ήταν εφικτή. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους Καθηγητές κ. Νικόλαο Γελάδα και κ. Κωνσταντίνο Μπουντόλο για την συμβολή τους στην συγκρότηση και την διεκπεραίωση της διδακτορικής πρότασης και στην ολοκλήρωση της διατριβής μου, ως μέλη της τριμελούς επιτροπής μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Κέντρο Αποκατάστασης και Αποθεραπείας Φιλοκλήτης που μας διέθεσε το χώρο του και το εργαστήριο DXA τόσο κατά το Χειμώνα του 2018 όσο και το Φθινόπωρο της ίδιας χρονιάς. Συγκεκριμένες ευχαριστίες απευθύνω στο επιστημονικό συμβούλιο του Φιλοκλήτη με υπεύθυνο τον φυσίατρο κ. Γεώργο Βησσαράκη για την έγκριση της διεκπεραίωσης της έρευνας, την Ευθυμία Βαγενά πτυχιούχο του κλάδου μας για την ισχυρή εισήγησή της στο συμβούλιο και την διαμεσολάβησή της για την διεξαγωγή της έρευνας, και τον κ. Θανάση Αντωνίου που με προθυμία και μεθοδικότητα οργάνωσε και πραγματοποίησε της μετρήσεις DXA. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιτροπή Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής μας για την εξέταση και έγκριση της δεοντολογικής καταλληλότητας της μελέτης. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αν. Καθηγητή κ. Δημήτρη Μανδαλίδη για την συνεργασία του στις μετρήσεις δύναμης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους αθλητικούς ομίλους και συλλόγους αντισφαίρισης (Ηλιούπολη, Παπάγου, ΠΕΡΑ, Χαϊδαρίου) και τους συναδέλφους προπονητές που συνέβαλαν σημαντικά στην επικοινωνία μου με τους γονείς και στην πολύ δύσκολη προσπάθειά μου να συγκεντρώσω έναν επαρκή αριθμό παιδιών για την έρευνα. Κατά συνέπεια ευχαριστώ τόσο τους γονείς όσο και τα παιδιά για την πρόθυμη και εθελοντική συμμετοχή τους. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ίδρυμα Ωνάση για την υποτροφία που μου χορήγησε για τις διδακτορικές μου σπουδές.

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου Διονυσία και Νικόλα, καθώς και τις αδελφές μου Άννα και Βαρβάρα που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια. Η κατανόηση, η συμπαράσταση και η συμπόρευση σε όλη αυτή την δημιουργική επιστημονικά και ακαδημαϊκά διαδικασία που απλόχερα μου δώρισε ο αγαπημένος μου σύζυγος Δάνος συνέθεσαν την απαραίτητη βάση για να αγωνιστώ για την εκπλήρωση ενός υπέροχου ονείρου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις κόρες μου Λάουρα και Διόνη, όπου ο ερχομός τους μου έδωσε δύναμη να ολοκληρώσω τον αγώνα μου για ένα μεστό και ουσιαστικό διδακτορικό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επίδραση της σωματικής δραστηριότητας στην οστική και μυϊκή ανάπτυξη των παιδιών παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Η αντισφαίριση αποτελεί ένα μοντέλο μονόπλευρου αθλήματος για τη μεθοδική μελέτη αυτής της επίδρασης καθότι παρέχει τον ιδανικό εσωτερικό έλεγχο μέσω του μη κυρίαρχου (MK) χεριού. Η επιπλέον ενίσχυση του κυρίαρχου (K) χεριού οδηγεί σε οστική και μυϊκή υπερτροφία. Στην παρούσα μελέτη έγινε αξιολόγηση της οστικής και μυϊκής ανάπτυξης των άνω και κάτω άκρων και της δύναμης χειρολαβής αθλητών αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας σε διάστημα 9 μηνών, με σκοπό τον προσδιορισμό της επίδρασης της σωματικής ωρίμανσης και της συνολικής προπονητικής διάρκειας. Το δείγμα αποτέλεσαν 46 παιδιά (25 αγόρια, 21 κορίτσια) χωρισμένα σε τέσσερις ηλικιακές ομάδες: 1η: $8,18 \pm 0,48$ έτη (προ-εφηβεία), 2η: $9,47 \pm 0,14$ (προ-εφηβεία), 3η: $10,53 \pm 0,32$ (προ/περι-εφηβεία), 4η: $12,28 \pm 0,60$ (περι/μετ-εφηβεία). Με την τεχνική της απορροφησιομετρίας ακτινών-X διπλής ενέργειας (DXA) μετρήθηκε η οστική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (BMC), η οστική επιφάνεια (BA) και η άλιπη σωματική μάζα (ΑΣΜ). Η δύναμη χειρολαβής μετρήθηκε με αναλογικό χειροδυναμόμετρο. Η αξιολόγηση της σεξουαλικής ωρίμανσης έγινε με τη μέθοδο Tanner και υπολογίστηκαν οι δείκτες σωματικής ωρίμανσης (Age Peak Height Velocity και Maturity Offset). Τα δεδομένα αναλύθηκαν περιγραφικά, με ANOVA και με

πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Το K χέρι παρουσίασε σημαντική υπερτροφία στο BMC (πριν:11-21%, μετά:10-25%, $g=0,03-1,40$) και στο BA (πριν:7-12%, μετά:8-17%, $g=0,10-0,88$) και μεγαλύτερη στη δύναμη χειρολαβής (πριν:11-21%, μετά:10-25%, $g=0,26-0,50$). Στα κάτω άκρα δεν υπήρξαν σημαντικές ασυμμετρίες. Μέσα στο 9-μηνο η οστική ανάπτυξη του MK χεριού παρουσίασε μικρές μεταβολές μεταξύ των 4 ομάδων (10-14% στο BMC & 9-11% στο BA), ενώ το K χέρι παρουσίασε παρόμοια ανάπτυξη στην προ-εφηβεία (13-14% στο BMC & 10% στο BA), απότομη αύξηση στην περι-εφηβεία (20% στο BMC & 15% στο BA) και απότομη μείωση στη μετ-εφηβεία (11% στο BMC & 9,5% στο BA). Κατά τη μετάβαση από την προ/περι- στην περι-εφηβεία, η ασυμμετρία των οστικών δεικτών και της ΑΣΜ μεταβλήθηκε σημαντικά (59% στο BMC, 54% στο BA & 38% στην ΑΣΜ), με τη δύναμη χειρολαβής να μην παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές ($p>0,01$). Ο γραμμικός συνδυασμός της μεταβολής της ωρίμανσης, της συνολικής προπονητικής διάρκειας και της γενικής φυσικής δραστηριότητας ερμήνευσε το 56% και 48% της μεταβολής του BMC και το 40% και 42% της μεταβολής του BA του K και MK χεριού, αντίστοιχα. Η σωματική ωρίμανση αποτέλεσε τον κύριο ερμηνευτικό παράγοντα της οστικής ανάπτυξης των άνω άκρων και της μεταβολής τους στο 9-μηνο, με τον συνολικό χρόνο προπόνησης να συσχετίζεται σημαντικά με την ανάπτυξη του K

χεριού και των ασυμμετριών. Η ενασχόληση με την αντισφαίριση από τη νηπιακή ηλικία επιφέρει σταδιακή ενίσχυση του Κ χεριού στη μάζα και στο πάχος των οστών και στη μυϊκή δύναμη μέχρι την περι-εφηβεία, με ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης κατά την περι-εφηβεία και σταθεροποίηση στη μετ-εφηβεία. Τα κάτω άκρα δεν επηρεάζονται ασύμμετρα, προφανώς

λόγω μη επαρκούς χρονιότητας και έντασης της ασύμμετρης λειτουργίας των άνω άκρων. Τα ευρήματα ερμηνεύονται και συζητούνται στο πλαίσιο της αξίας της οστικής και μυϊκής ενδυνάμωσης των παιδιών αναπτυξιακά, προπονητικά και από πλευράς υγείας στις μεγάλες ηλικίες για τη μείωση της οστεοπόρωσης.

ABSTRACT

The effect of physical activity on the bone and muscular development of children has been of particular research interest. Tennis is a model of one-sided sport for the methodical study of this effect as it provides the ideal internal control through the non-dominant (ND) hand. The extra strengthening of the dominant (D) hand leads to bone and muscle hypertrophy. In the present study, bone and muscle growth of the upper and lower extremities and the grip strength of childhood and adolescence tennis players were evaluated over a period of 9 months, with the main purpose being to determine the effect of physical maturation and total training time. The sample consisted of 46 children (25 boys, 21 girls) divided into four groups: 1st: 8.18 ± 0.48 (pre-puberty), 2nd: 9.47 ± 0.14 (pre-puberty), 3rd: 10.53 ± 0.32 (pre/peri-puberty), 4th: 12.28 ± 0.60 (peri/post-puberty). Bone mineral content (BMC), bone area (BA) and lean body mass (LBM) were measured using double-energy X-ray absorptiometry (DXA). The grip strength was measured with an analog hand dynamometer. The evaluation of sexual maturation was done using the Tanner method and the age peak height velocity (APHV) and maturity offset (MO) markers were calculated. The data were analyzed descriptively, with ANOVA and with multiple linear regression. The D hand showed significant hypertrophy in BMC (pre:11-21%, post:10-25%, $g=0,03-1,40$) and in BA (pre:7-12%, post:8-17%, $g=0,10-0,88$) and greater grip strength (pre:11-21%, post:10-25%,

$g=0,26-0,50$). In the lower extremities there were no significant asymmetries. Within the 9-month period the bone growth of the ND hand showed slight changes between the 4 groups (10-14% στο BMC & 9-11% στο BA), while the D hand showed similar growth during pre-puberty (13-14% in BMC, 10% in BA), a sharp increase in peri-puberty (20% in BMC, 15% in BA) and a sharp decrease in post-puberty (11% in BMC, 9,5% in BA). During the transition from pre/peri-puberty to peri-puberty (3rd group), the asymmetry of bone markers and LBM changed significantly (59% in BMC, 54% in BA & 38% in LBM), with the grip strength not showing significant changes ($p>0,01$). The linear combination of the change in maturation, the total training duration and the general physical activity interpreted 56% and 48% of BMC change and 40% and 42% of BA change of the D and ND hand, respectively. Physical maturation was the main interpretative factor of bone growth of the upper limbs and their change in the 9-month period, with the total training time being significantly correlated with the development of the D hand and asymmetries. Participation in tennis from infancy brings about a gradual strengthening of the D hand in bone mass and thickness and in muscle strength until peri-puberty, with a faster growth rate during peri-puberty and stabilization in post-puberty. The lower extremities are not affected asymmetrically, obviously due to insufficient chronicity and intensity of

the asymmetrical function of the upper limbs. The findings are interpreted and discussed in the context of the value of bone and muscular strengthening of children developmentally, educationally and in terms of health in old age to reduce osteoporosis.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΕΞΕΤΑΣΗΣ	ii
ΕΚΦΡΑΣΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΩΝ	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ABSTRACT	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α	xiii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Β	xiii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Γ	xiii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Δ	xiii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Ε	xiii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Εισαγωγή

1.1. Φύση του προβλήματος	σελ 2
1.2. Σπουδαιότητα και σημασία της έρευνας	σελ 4
1.3. Σκοπός της έρευνας	σελ 5
1.4. Ερευνητικά ερωτήματα	σελ 6
1.5. Μεταβλητές της έρευνας	σελ 6
1.6. Οριοθετήσεις και περιορισμοί	σελ 6
1.7. Συντομογραφίες	σελ 7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Π

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

2.1. Οστική και μυϊκή ανάπτυξη κατά την παιδική και εφηβική ηλικία	σελ 9
2.2. Πλευρικότητες και ασυμμετρίες σε παιδιά και ενήλικες	σελ 12
2.3. Οστικές και μυο-δυναμικές ασυμμετρίες στον αθλητισμό	σελ 13
2.3.1. Οστικές ασυμμετρίες στην αντισφαίριση	σελ 14
2.3.2. Μυο-δυναμικές ασυμμετρίες στην αντισφαίριση	σελ 18
2.4. Όργανα μέτρησης και αξιολόγησης ασυμμετριών και πλευρικοτήτων στην αντισφαίριση	σελ 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

Μέθοδος

3.1. Δείγμα	σελ 29
3.2. Σχεδιασμός της έρευνας	σελ 30
3.3. Μετρήσιμες ιδιότητες	σελ 30
3.4. Όργανα και μετρήσεις	σελ 32
3.5. Διαδικασία συλλογής δεδομένων και μετρήσεων	σελ 33
3.6. Στατιστική ανάλυση	σελ 33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV

Αποτελέσματα

4.1. Ανθρωπομετρική και προπονητική κατατομή	σελ 35
4.2. Οστικά και μυϊκά χαρακτηριστικά άνω άκρων	σελ 39
4.3. Οστικά και μυϊκά χαρακτηριστικά κάτω άκρων	σελ 42
4.4. Οστικές και μυοδυναμικές ασυμμετρίες	σελ 44
4.5. Παλινδρόμηση ανάπτυξης και ασυμμετριών άνω άκρων	σελ 47
4.6. Παλινδρόμηση 9-μηνης μεταβολής άνω άκρων	σελ 49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

Συζήτηση

5.1. Ανθρωπομετρική και προπονητική κατατομή	σελ 53
5.2. Οστική και μυϊκή ανάπτυξη άνω, κάτω άκρων και ασυμμετριών	σελ 56
5.3. Σχέση οστικής ανάπτυξης και ασυμμετριών με ωρίμανση, προπονητική διάρκεια και φυσική δραστηριότητα	σελ 63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

Συμπεράσματα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ 71
---------------------	--------

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 5.1.1. Συνολική σύσταση σώματος στις τέσσερις ομάδες πριν και μετά το 9μηνο για το BMC (πάνω) και το BA (κάτω).	σελ 55
Σχήμα 5.2.1. Μεταβολή (%Δ) BMC στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο χέρι μεταξύ των τεσσάρων ομάδων	σελ 57
Σχήμα 5.2.2. Μεταβολή (%Δ) BA στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο χέρι μεταξύ των τεσσάρων ομάδων	σελ 57
Σχήμα 5.2.3. Μεταβολή (%Δ) άλιπης σωματικής μάζας του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού μέσα στο 9-μηνο	σελ 61
Σχήμα 5.2.4. Μεταβολή (%Δ) δύναμης χειρολαβής του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού μέσα στο 9-μηνο	σελ 62
Σχήμα 5.3.1. Μοντέλο πρόβλεψης μεταβολής BMC μη κυρίαρχου (αριστερά) και κυρίαρχου χεριού (δεξιά)	σελ 64
Σχήμα 5.3.2. Μοντέλο πρόβλεψης μεταβολής BA μη κυρίαρχου (αριστερά) και κυρίαρχου χεριού (δεξιά)	σελ 65

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Μελέτες αξιολόγησης οστικών και μυο-δυναμικών ασυμμετριών άνω και κάτω άκρων αθλητών αντισφαίρισης	σελ 24
Πίνακας 4.1.1. Ανθρωπομετρική κατατομή (M±SD, 95% CI)	σελ 36
Πίνακας 4.1.2. Προπονητική κατατομή (M±SD, 95% CI)	σελ 37
Πίνακας 4.1.3. Σύσταση σώματος (Mean ± SD, 95% CI)	σελ 38
Πίνακας 4.2.1. BMC ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 40
Πίνακας 4.2.2. Οστική επιφάνεια ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 40
Πίνακας 4.2.3. Άλιπη σωματική μάζα ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 41
Πίνακας 4.2.4. Δύναμη χειρολαβής ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 41
Πίνακας 4.3.1. BMC ανά πόδι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 42
Πίνακας 4.3.2. Οστική επιφάνεια ανά πόδι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 43
Πίνακας 4.3.3. Άλιπη σωματική μάζα ανά πόδι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 43
Πίνακας 4.4.1. Ασυμμετρίες BMC άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 45
Πίνακας 4.4.2. Ασυμμετρίες οστικής επιφάνειας άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 45
Πίνακας 4.4.3. Ασυμμετρίες άλιπης σωματικής μάζας άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 46
Πίνακας 4.4.4. Ασυμμετρίες δύναμης χειρολαβής άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο (M±SD, 95% CI, Hedges' g)	σελ 46
Πίνακας 4.5.1. Παλινδρόμηση BMC για την αρχική μέτρηση (PIPIN)	σελ 47
Πίνακας 4.5.2. Παλινδρόμηση BMC για την τελική μέτρηση (META)	σελ 48
Πίνακας 4.5.3. Παλινδρόμηση BA για την αρχική μέτρηση (PIPIN)	σελ 49

Πίνακας 4.5.4. Παλινδρόμηση ΒΑ για την τελική μέτρηση (ΜΕΤΑ	σελ 49
Πίνακας 4.6.1. Παλινδρόμηση της μεταβολής του ΒΜC στα άνω άκρα	σελ 50
Πίνακας 4.6.2. Παλινδρόμηση της μεταβολής του ΒΑ στα άνω άκρα	σελ 51

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. Έντυπο έγκρισης Δεοντολογίας-Βιοηθικής	σελ 85
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. Έντυπο συγκατάθεσης γονέα κατόπιν ενημέρωσης	σελ 87
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. Ερωτηματολόγια	σελ 92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ. Αναλύσεις αξιοπιστίας	σελ 95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε. Συμπληρωματικές αναλύσεις	σελ 99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Εισαγωγή

Η σκελετική υγεία εδραιώνεται κατά τη διάρκεια της παιδικής και εφηβικής ηλικίας (Bachrach, 2005), η οποία αποτελεί την καταλληλότερη περίοδο για ανάπτυξη της οστικής και μυϊκής μάζας (Slemenda, Reister, Hui, Miller, Christian, & Johnston, 1994). Τα κατάγματα κατά την αναπτυξιακή ηλικία μπορεί να σχετίζονται με μειωμένη μέγιστη οστική μάζα (Rizzoli & Bonjour, 1999), που αποτελεί δείκτη αυξημένου κινδύνου εμφάνισης οστεοπόρωσης στην ενήλικη ζωή (Ferrari, Chevalley, Bonjour, & Rizzoli, 2006). Η προσαρμοστικότητα των οστών στα μηχανικά φορτία από τις καθημερινές δραστηριότητες είναι σαφώς καλύτερη κατά τα αναπτυξιακά χρόνια (Bailey, McKay, Mirwald, Crocker, & Faulkner, 1999) και είναι ευρέως αποδεκτό ότι η περι-εφηβεία αποτελεί την καλύτερη περίοδο για βελτίωση της οστικής μάζας και επιφάνειας από ό,τι μετά από αυτήν (Baxter-Jones, Faulkner, Forwood, Mirwald, & Bailey, 2011). Η σωματική δραστηριότητα κατά την περίοδο της εφηβείας συμβάλλει στην επίτευξη της μέγιστης οστικής μάζας, η οποία είναι σημαντική στην ελαχιστοποίηση της οστικής απώλειας στη μετέπειτα ζωή (MacKelvie, Khan, & McKay, 2002).

Η ενασχόληση με τον αθλητισμό δημιουργεί επιβαρύνσεις στο μυοσκελετικό σύστημα που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των οστικών δομών (Andreoli, Monteleone, Van Loan, Promenzio, Tarantino, & De Lorenzo, 2001; Dorado, Moysi, Vicente, Serrano, Rodriguez, & Calbet, 2002; Fehling, Alekel, Clasey, Rector, & Stillman, 1995) και των μυοδυναμικών χαρακτηριστικών (Carpes,

Rossato, Faria, & Mota, 2007; Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010a; Lees, 2003; Markou & Vagenas, 2006; Morouço, Marinho, Fernandes, & Marques, 2015; Vagenas & Hoshizaki, 1991, 1992; Warden, Bogenschutz, Smith, & Gutierrez, 2009) του ανθρωπίνου σώματος. Οι δυνάμεις εφελκυσμού και συμπίεσης που προκαλούνται με τη μυϊκή σύσπαση θεωρούνται γενικά ως ουσιαστικοί ερεθισμοί για τον σχηματισμό και την ανάπτυξη των σκελετικών ιστών ή οστών (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Η ευεργετική επίδραση της άσκησης στα οστά μέσα από προγράμματα με επιβαρύνσεις αφορά στην ενίσχυση της μάζας, της δομής και της αντοχής τους, ιδιαίτερα κατά την περι-εφηβεία (Nikander, Sievänen, Heinonen, Daly, Uusi-Rasi, & Kannus, 2010). Αρκετές μελέτες σε παιδιά έχουν δείξει ότι μετά από παρεμβατικά προγράμματα άσκησης (π.χ. 7-9 μηνών) παρατηρείται βελτίωση της οστικής περιεκτικότητας των οστών σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (MacKelvie et al., 2002). Ειδικότερα, φαίνεται ότι η επίδραση της άσκησης εξειδικεύεται στην ανατομική περιοχή που δέχεται τις μηχανικές φορτίσεις (Haapasalo, Kannus, Sievänen, Pasanen, Uusi-Rasi, Heinonen,... & Vuori, 1998; Ishikawa, Kim, Kang, & Morgan, 2013; Kannus, Haapasalo, Sievänen, Oja, & Vuori, 1994). Σε αθλήματα με ασύμμετρα κινητικά πρότυπα όπως είναι τα αθλήματα ρακέτας, η ακραία μονόπλευρη δραστηριότητα που συνεπάγεται την εξειδικευμένη χρήση της μιας πλευράς (π.χ. κυρίαρχο /ενεργό χέρι), φαίνεται να χρησιμοποιείται συχνά από τους ερευνητές ως μέτρο σύγκρισης σε σχέση με την άλλη (μη-κυρίαρχο /ενεργό χέρι), για να διερευνηθούν οι επιδράσεις της σωματικής δραστηριότητας στους μύς,

τα οστά και τον λιπώδη ιστό, με σταθερούς τους γενετικούς, ορμονικούς και διατροφικούς παράγοντες (Kontulainen, Kannus, Haapasalo, Heinonen, Sievänen, Oja, & Vuori, 1999; Malina et al., 2004).

Από πολύ νωρίς υπήρξαν μελέτες που περιέγραψαν τον τρόπο με τον οποίο το ενεργό ανθρώπινο σώμα προσαρμόζεται στον περιορισμό της χειροπλευρικότητας (Annett, 1972; Woo & Pearson, 1927) και των λειτουργικών ανισορροπιών που δημιουργούνται κατά την ανάπτυξη (Van Valen, 1962), όπως για παράδειγμα οι μυο-σκελετικές ασυμμετρίες που προκαλούνται σε μονόπλευρα αθλήματα, όπως η αντισφαίριση (Slater-Hammel, 1949). Το άθλημα αυτό είναι χαρακτηριστικό στην διερεύνηση της επίδρασης της άσκησης στην ανάπτυξη των άνω άκρων, καθώς το μη κυρίαρχο χέρι αποτελεί ιδανική συνθήκη εσωτερικού ελέγχου για το κυρίαρχο χέρι που δέχεται τα μηχανικά φορτία (Ireland, Maden-Wilkinson, Ganse, Degens, & Rittweger, 2014). Η μελέτη των οστικών και μυο-δυναμικών ασυμμετριών σε αθλητές αντισφαίρισης αποτελεί ένα παλιό (Buskirk, Andersen, & Brozek, 1956) αλλά και επίκαιρο (Chapelle, Rommers, Clarys, & D'Hondt, 2021; Sanchis-Moysi, Idoate, Álamo-Arce, Calbet, & Dorado, 2016) ερευνητικό πεδίο με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η βιβλιογραφία αναφέρει οστική και μυο-δυναμική υπεροχή του κυρίαρχου έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού σε προ-έφηβους (Haapasalo et al., 1998; Palaiothodorou, Antoniou, & Vagenas, 2020; Sanchis-Moysi, Idoate, Serrano-Sanchez, Dorado, & Calbet, 2012), περι-εφήβους (Ducher, Bass, Saxon, & Daly, 2011; Ireland, Maden-Wilkinson, McPhee, Cooke, Narici, Degens, & Rittweger, 2013) και ενήλικες αθλητές αντισφαίρισης

(Ducher, Courteix, Meme, Magni, Viala, & Benhamou, 2005a; Sanchis-Moysi, Idoate, Olmedillas, Guadalupe-Grau, Alayon, Carreras,... & Calbet, 2010c).

1.1. Φύση του προβλήματος

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία συμβάλλει θετικά στη μυο-σκελετική ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος, με τα δύο άκρα να διαφοροποιούνται στη δομή και το μέγεθος των οστών γεγονός που οφείλεται στις φυσικές αλλαγές που πραγματοποιούνται στο κυρίαρχο χέρι λόγω της μονόπλευρης επιβάρυνσης (Chinn, Priest, & Kent, 1974). Η διαδικασία της προσαρμογής από τη μηχανική διέγερση και την υπεραιμία του κυρίαρχου χεριού (Krahl, Michaelis, Pieper, Quack, & Montag, 1994) οδηγεί σε επιπλέον ανάπτυξη των οστών σύμφωνα με την ηλικία, την ωρίμανση και την προπονητική επιβάρυνση (Bass, Saxon, Daly, Turner, Robling, Seeman, & Stuckey, 2002; Calbet, Moysi, Dorado, & Rodriguez, 1998; Daly, Saxon, Turner, Robling, & Bass, 2004; Ducher, Daly, & Bass, 2009; Sanchis-Moysi, Dorado, Olmedillas, Serrano-Sanchez, & Calbet, 2010a). Έτσι, η υπερτροφία των οστών του κυρίαρχου χεριού αναμένεται να αλλάξει με την αλληλεπίδραση της ωρίμανσης (Ireland et al., 2013; Kontulainen et al., 1999), καθώς και της προπονητικής συχνότητας (Palaiothodorou et al., 2020; Sanchis-Moysi et al., 2010a).

Στην αντισφαίριση, οι οστικές (Calbet et al., 1998; Sanchis-Moysi et al., 2010c) και μυο-δυναμικές (Ellenbecker, 1991; Fleming & McGregor, 2005; Lucki & Nikolay, 2007) ασυμμετρίες καθώς και οι μυο-δυναμικές ανισορροπίες (Gozlan, Bensoussan, Coudreuse, Fondarai, Gremeaux, Viton, & Delarque, 2006)

έχουν μελετηθεί αρκετά σε ενήλικες αθλητές και λιγότερο σε παιδιά. Η ηλικία έναρξης ενασχόλησης με το άθλημα έχει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον, καθώς τα άτομα που ξεκίνησαν πριν την εφηβεία παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά ασυμμετρίας σε σχέση με αυτά που ξεκίνησαν ως ενήλικες (Haapasalo, Sievanen, Kannus, Heinonen, Oja, & Vuori, 1996; Kannus, Haapasalo, Sankelo, Sievanen, Pasanen, Heinonen,... & Vuori, 1995).

Τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως, η ενασχόληση με την αντισφαίριση ξεκινάει από την πρώιμη παιδική ηλικία και πολλές φορές από τη νηπιακή. Όμως παραμένει άγνωστο πώς ανταποκρίνεται το ανθρώπινο σώμα στη μονόπλευρη φόρτιση που προκαλεί η εκμάθηση της βασικής τεχνικής του αθλήματος σε τόσο μικρές ηλικιακές ομάδες. Μελέτες σε αθλητές αντισφαίρισης κατά την αναπτυξιακή ηλικία έχουν δείξει ότι η περιεκτικότητα των οστών σε ανόργανα άλατα (BMC) και η οστική επιφάνεια (BA) των άνω άκρων παρουσιάζουν μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης κατά την περι-εφηβεία ο οποίος παραμένει σταθερός στα τελευταία στάδια της εφηβείας (Bass et al., 2002; Ducher et al., 2009). Ωστόσο, δεν είναι ακόμη σαφές ποια είναι η βέλτιστη περίοδος κατά τη διάρκεια της αναπτυξιακής ηλικίας όπου η άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη οστεογονική ανταπόκριση και κατά πόσο αυτό επηρεάζεται από τη συχνότητα και τη διάρκεια της προπόνησης (Bass et al., 2002), καθώς και το επίπεδο ωρίμανσης.

Η ηλικία καθαρής προάγει την οστική ανάπτυξη και στα δύο άκρα, αλλά η περαιτέρω ανάπτυξη του κυρίαρχου σε σχέση με το μη κυρίαρχο, προέρχεται κυρίως από τα

μηχανικά φορτία που δέχεται λόγω της μονόπλευρης επιβάρυνσης. Μελέτες έχουν δείξει ότι η προπονητική συχνότητα/επιβάρυνση, όπως αυτή εκφράζεται μέσα από τα συνολικά χρόνια ενασχόλησης και τις εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης, συσχετίζεται σημαντικά με τις οστικές ασυμμετρίες σε αθλητές αντισφαίρισης αναπτυξιακής ηλικίας (Ducher, Tournaire, Meddahi-Pellé, Benhamou, & Courteix, 2006; Sanchis-Moysi et al., 2010a). Ωστόσο, στη μοναδική προοπτική μελέτη σε αθλητές αντισφαίρισης εφηβικής ηλικίας οι εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης δε φάνηκαν να σχετίζονται με την περαιτέρω ανάπτυξη των οστών σε διάστημα 12 μηνών (Ducher et al., 2011). Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης μεταβάλλονται συνεχώς κατά την αναπτυξιακή ηλικία, ένας πιο αντιπροσωπευτικός δείκτης, όπως οι συνολικές ώρες προπόνησης από την έναρξη της ενασχόλησης με το άθλημα, θα ήταν ωφελιμότερος στην διερεύνηση της επίδρασης της άσκησης (Palaiothodorou et al., 2020).

Η μέχρι τώρα έρευνα των οστικών και μυο-δυναμικών ασυμμετριών σε αθλητές αντισφαίρισης περιορίζεται σε παιδιά ηλικίας 9,5 ετών (Daly et al., 2004; Haapasalo et al., 1998) και άνω (Bass et al., 2002; Ducher et al., 2006; Sanchis-Moysi, Dorado, Olmedillas, Serrano-Sanchez, & Calbet, 2010b). Συνεπώς, αποτελεί μείζον επιστημονικό κενό το θέμα των οστικών και μυο-δυναμικών προσαρμογών και ασυμμετριών που επιφέρονται από την ενασχόληση με την αντισφαίριση κατά την παιδική και πρώιμη εφηβική ηλικία (7-13,5 ετών) καθώς και οι μεταβολές τους σε χρονικό διάστημα 9 μηνών.

1.2. Σπουδαιότητα και σημασία της έρευνας

Οι μελέτες που αφορούν την επίδραση της σωματικής δραστηριότητας στην ανάπτυξη του μυοσκελετικού συστήματος κατά την αναπτυξιακή ηλικία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Έχει αποδειχθεί ότι η σωματική άσκηση ενισχύει τη σκελετική ανάπτυξη σε παιδιά προ-εφηβείας (Bradney, Pearce, Naughton, Sullivan, Bass, Beck, ... & Seeman, 1998; Fuchs, Bauer, & Snow, 2001; Johannsen, Binkley, Englert, Neiderauer, & Specker, 2003; Morris, Naughton, Gibbs, Carlson, & Wark, 1997) η οποία φαίνεται να διατηρείται σε μεγάλο βαθμό για πολλά χρόνια (Ireland et al., 2013), γεγονός που συμβάλλει στη μείωση του κινδύνου καταγμάτων μετέπειτα στη ζωή (Nikander et al., 2010). Ωστόσο, οι αθλητές αντισφαίρισης παρουσιάζουν οστική και μυο-δυναμική υπερτροφία στο κυρίαρχο χέρι σε σχέση με το μη-κυρίαρχο από πολύ νωρίς (Ellenbecker, 1992; Ellenbecker & Roetert, 1999; Haapasalo et al., 1998; Sanchis-Moysi et al., 2010b). Αυτές οι μυο-σκελετικές αποκρίσεις, που εμφανίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό στο κυρίαρχο σε σχέση με το μη-κυρίαρχο χέρι, θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως πιθανές δυσλειτουργίες στις επιβαλλόμενες απαιτήσεις της προπόνησης και επειδή μπορεί να εμφανίζονται έντονα από πολύ νεαρή ηλικία, θα πρέπει να εντοπίζονται και να αντιμετωπίζονται μέσα από συγκεκριμένα προγράμματα προπόνησης (Kibler & Safran, 2000). Η γνώση του προτύπου ανάπτυξης των οστικών και μυο-δυναμικών προσαρμογών που προκαλούνται από την ενασχόληση με την αντισφαίριση με την πάροδο της ηλικίας είναι σημαντική για ουσιαστικούς λόγους, θεωρώντας την οστεοπόρωση ένα σημαντικό παιδιατρικό πρόβλημα

(Vicente-Rodriguez, 2006), αλλά και για λόγους προπονητικούς και αποκατάστασης (Kinney, Eakman, & Graham, 2020).

Το γεγονός ότι οι αθλητικοί τραυματισμοί εμφανίζονται από την παιδική ηλικία και την εφηβεία αφορά μια εγγενή αδυναμία του αναπτυσσόμενου σκελετού σε συγκεκριμένες θέσεις και κυρίως του χόνδρινου τμήματος (Raissaki, Apostolaki, & Karantanas, 2007). Η επαναλαμβανόμενη χρήση του ενός χεριού για την εκτέλεση της βασικής τεχνικής στην αντισφαίριση προκαλεί υπέρχρηση και μηχανική καταπόνηση στην περιοχή, που πιθανολογείται ότι ευθύνεται για την εμφάνιση τραυματισμών (Safran, Hutchinson, Moss, & Albrandt, 1999). Συχνά, αυτές οι προσαρμογές οδηγούν σε τραυματισμούς στις ανατομικές περιοχές (Rogowski, Creveaux, Genevois, Klouche, Rahme, & Hardy, 2016), λόγω της πολυπλοκότητας των δυνάμεων που αναπτύσσονται στο κυρίαρχο χέρι κατά την εκτέλεση των βασικών χτυπημάτων και του σερβίς (Elliott, 2006; Ryu, McCormick, Jobe, Moynes, & Antonelli, 1988). Για παράδειγμα, η μηχανική του σερβίς συνδέεται με τραυματισμό (Anderson, 1979; Elliott, 1983; Owens & Lee, 1969) στον αγκώνα (Carroll, 1981; Priest, Braden, & Gerberich, 1980) και στον ώμο (Van der Hoeven & Kibler, 2006). Η πιθανότητα για έναν οξύ τραυματισμό ή χρόνια πόνο στην καριέρα ενός αθλητή αντισφαίρισης είναι σχετικά υψηλή (Nigg, Frederick, Hawes, & Luethi, 1986). Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μυο-σκελετικές ασυμμετρίες που εμφανίζονται στο ανθρώπινο σώμα στον γενικό πληθυσμό και, κυρίως, στους αθλητές, ενοχοποιούνται για μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού (Fousekis, Tsepis, Poulmedis,

Athanasopoulos, & Vagenas, 2010b; Hennig, Rosenbaum, & Milani, 1992; Knapik, Bauman, Jones, Harris, & Vaughan, 1991; Niederbracht & Shim, 2008; Strizak, Gleim, Sapega, & Nicholas, 1983; Wang & Cochrane, 2001). Επίσης, ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας έχει δείξει ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο άκρων έχουν επιζήμια επίδραση στην αθλητική επίδοση (Bini & Hume, 2015; Dos Santos, Pereira, Papoti, Bento, & Rodacki, 2013; Liu & Jensen, 2012), ενώ ένα άλλο δείχνει ότι η ασυμμετρία δεν φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την επίδοση (Morouco et al., 2015). Ωστόσο, σε αθλητές αντισφαίρισης η εξειδίκευση του κυρίαρχου χεριού είναι επιθυμητή για την εκτέλεση των βασικών χτυπημάτων.

Συνοπτικά με βάση τα παραπάνω, η γνώση των οστικών και μυοδυναμικών ασυμμετριών που αναπτύσσονται στην αντισφαίριση κατά την παιδική και εφηβική ηλικία θα βοηθήσει αθλητές, προπονητές και φυσικοθεραπευτές στη βελτίωση του τρόπου προπόνησης και εκγύμνασης των αθλητών, με στόχο την αποφυγή ανάπτυξης μη φυσιολογικών ασυμμετριών και δυσλειτουργιών που, σε βάθος χρόνου, πιθανόν να αυξήσουν τον κίνδυνο τραυματισμού με αποτέλεσμα την μειωμένη απόδοση του αθλητή (Madruga-Parera, Bishop, Fort-Vanmeerhaeghe, Beltran-Valls, Skok, & Romero-Rodríguez, 2020). Επίσης, δεδομένου ότι οι αθλητές αντισφαίρισης παρουσιάζουν ασυμμετρίες από την προ-εφηβεία στις οστικές και μυϊκές δομές τους (Sanchis-Moysi et al., 2010a; Haapasalo et al., 1998; Palaiothodorou et al., 2020), θα ήταν χρήσιμο να προσδιοριστεί η ηλικία έναρξης εμφάνισης των ασυμμετριών και ο ρυθμός ανάπτυξής τους, μέσα σε χρονικό διάστημα 9 μηνών, κατά την

αναπτυξιακή ηλικία. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να παρακολουθούμε την ανάπτυξη των ασυμμετριών και να δίνουμε έμφαση στην εξατομικευμένη προπόνηση που θα προάγει την εκγύμναση και της μη κυρίαρχης πλευράς, με απώτερο στόχο τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης και τη μείωση του ρίσκου εμφάνισης τραυματισμών. Η μελέτη αθλητών αντισφαίρισης μας δίνει τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε τις μυο-σκελετικές αλλαγές που οφείλονται στην επίδραση της άσκησης, διατηρώντας σταθερούς τους γενετικούς και διατροφικούς παράγοντες.

1.3. Σκοπός της έρευνας

Ο κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση της μυο-σκελετικής ανάπτυξης των άνω και κάτω άκρων αθλητών αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας και της εξέλιξής της σε χρονικό διάστημα 9 μηνών. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον πολυμεταβλητό προσδιορισμό της επίδρασης της ωρίμανσης (σωματικής και σεξουαλικής) και της σωματικής δραστηριότητας (συνολικές ώρες προπόνησης, γενική φυσική δραστηριότητα) στην ανάπτυξη των οστικών δομών και ασυμμετριών των άνω άκρων σε διάστημα 9 μηνών κατά την αναπτυξιακή ηλικία. Αυτοί οι στόχοι επιλέχθηκαν με βάση τη γενική ανάγκη για περαιτέρω αποσαφήνιση της σχέσης μεταξύ της ανάπτυξης των οστών και παραγόντων όπως, η ηλικία, η ωρίμανση και η άσκηση. Οι κύριες υποθέσεις μας ήταν ότι (α) η ωρίμανση θα αποτελεί τον κυριότερο προβλεπτικό παράγοντα της γενικής ανάπτυξης των άνω άκρων, και (β) η συνολική προπονητική διάρκεια θα σχετίζεται σημαντικά με την ανάπτυξη του κυρίαρχου χεριού και των ασυμμετριών.

Απώτερος στόχος της μελέτης ήταν η ποσοτικοποίηση του βαθμού ασυμμετρίας και η διερεύνηση της πιθανής περαιτέρω ανάπτυξης κατά την αναπτυξιακή ηλικία σε διάστημα 9 μηνών. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έχει φανεί ότι καμία μελέτη δεν έχει ασχοληθεί με τον εντοπισμό των ασυμμετριών σε μικρότερες ηλικίες (κάτω των 9,5 ετών), ώστε να επιχειρηθεί μια πρώτη, αδρή, έστω, εκτίμηση-διάκριση της φυσιολογικής από την ασκησιογενή (λόγω της συστηματικής ενασχόλησης με την αντισφαίριση) ασυμμετρία.

1.4. Ερευνητικά ερωτήματα

Σε αντιστοιχία του γενικού σκοπού της έρευνας διατυπώθηκαν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

1. Υπάρχουν διαφορές στη γενική ανάπτυξη των οστικών και μυοδυναμικών παραμέτρων των άνω και κάτω άκρων σε αθλητές παιδικής και εφηβικής ηλικίας που ασχολούνται συστηματικά με την αντισφαίριση; Πώς μεταβάλλονται μέσα σε διάστημα 9 μηνών προπονητικής επιβάρυνσης;
2. Υπάρχουν οστικές και μυοδυναμικές ασυμμετρίες στα άνω και κάτω άκρα σε αθλητές παιδικής και εφηβικής ηλικίας που ασχολούνται συστηματικά με την αντισφαίριση; Πώς μεταβάλλονται μέσα σε διάστημα 9 μηνών προπονητικής επιβάρυνσης;
3. Υπάρχει συσχέτιση της γενικής ανάπτυξης των δύο άκρων και των ασυμμετριών με τη σωματική και σεξουαλική ωρίμανση, τη συνολική προπονητική διάρκεια και τη γενική φυσική δραστηριότητα;

Ποια είναι η συνεισφορά τους στη μεταβολή του 9-μηνου;

1.5. Μεταβλητές της έρευνας

Οι εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Οστικές παράμετροι
 - Περιεκτικότητα των οστών σε ανόργανα άλατα (Bone Mineral Content, BMC)
 - Οστική επιφάνεια (Bone Area, BA)
 - Οστική πυκνότητα (Bone Mineral Density, BMD).
2. Μυϊκές παράμετροι
 - Μυϊκή μάζα (εμπεριέχεται στην άλιπη σωματική μάζα)
 - Δύναμη χειρολαβής (ισομετρικά).

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές της μελέτης ήταν η σωματική πλευρά (κυρίαρχο – μη κυρίαρχο χέρι/πόδι), η ηλικία (τέσσερις ηλικιακές ομάδες) και η χρονική φάση (πριν και μετά το 9-μηνου).

Επίσης, συλλέχθηκαν δεδομένα για τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των παιδιών (ύψος, βάρος, καθιστό ύψος), το προπονητικό προφίλ (έναρξη προπονητικής ενασχόλησης, χρόνια ενασχόλησης, εβδομαδιαία προπονητική συχνότητα, συνολικές ώρες προπόνησης), η γενική φυσική δραστηριότητα (Godin-Shephard) εκτός της αντισφαίρισης και η σεξουαλική ωρίμανση (Tanner stages I-V) μέσα από ερωτηματολόγια.

1.6. Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Οριοθετήσεις ήταν οι εξής:

- Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης από αθλητικούς συλλόγους και

αθλητικά σωματεία του λεκανοπεδίου της Αττικής.

- Οι ηλικιακές ομάδες κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τα προπονητικά τους χαρακτηριστικά ανά ημερολογιακό έτος.
- Συμμετείχαν μόνο οι αθλητές που ασχολούνται συστηματικά και αποκλειστικά με την αντισφαίριση.

Περιορισμοί ήταν οι εξής:

- Οι εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης μπορεί να τροποποιούνταν λόγω καιρικών συνθηκών εξαιτίας της πραγματοποίησης των προπονήσεων σε ανοικτά γήπεδα.
- Η συμμετοχή αθλητών από διαφορετικούς συλλόγους επηρεάζει τον τρόπο προπόνησης των αθλητών.
- Ως προς τις μετρήσεις μέγιστης μυϊκής δύναμης τίθεται η παραδοχή ότι όλοι οι δοκιμαζόμενοι κατέβαλαν τη μέγιστη προσπάθειά τους.
- Τα αποτελέσματα μπορούν να γενικευτούν μόνο σε αθλητές με αντίστοιχα χαρακτηριστικά.
- Ο προσδιορισμός των γενετικών και ορμονικών παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη του σκελετού απαιτεί εξειδικευμένες και υψηλού κόστους εξετάσεις που δεν συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα μελέτη.
- Για την επίδραση των διατροφικών συνηθειών, επαρκή ως προς τη γενική αναπτυξιακή τάση, τίθεται η παραδοχή της ισομεγέθους-

ισόποσης επίδρασής της στα άνω και κάτω άκρα.

- Η γενετική προδιάθεση των ασυμμετριών δεν μπόρεσε να ελεγχθεί-εκτιμηθεί, αλλά δεχόμαστε την παραδοχή ότι είναι ίδια για την ανάπτυξη και των δύο πλευρών του σώματος.
- Η μεταφερόμενη (σταυρωτή) επίδραση της προπόνησης της κυρίαρχης πλευράς στη μη κυρίαρχη δε μπορεί να εκτιμηθεί και βασιζόμαστε στην παραδοχή της ύπαρξης επίδρασης προς το αντίθετο άκρο, λόγω της εκπαίδευσης/άσκησης της κυρίαρχης πλευράς.
- Ο έλεγχος αξιοπιστίας στην επαναμέτρηση των παιδιών στο DXA σε σύντομο (μεθοδολογικά αποδεκτό) χρονικό διάστημα (π.χ. την ίδια ημέρα ή εντός 1-2 ημερών) δεν κατέστη δυνατός λόγω αντικειμενικών δυσκολιών (κυρίως μη αποδεκτή από τους γονείς η επαν-έκθεση των παιδιών στο DXA την ίδια ημέρα και αδυναμίας προσέλευσης στις επόμενες λίγες ημέρες). Έγινε, όμως, έλεγχος αξιοπιστίας στην οριοθέτηση των τμημάτων του σώματος στις σαρώσεις του DXA.

1.7. Συντομογραφίες

BMC: Bone Mineral Content, Οστική Περιεκτικότητα σε ανόργανα Άλατα
 BA: Bone Area, Οστική Επιφάνεια
 BMD: Bone Mineral Density, Οστική Πυκνότητα
 DXA: Dual-X-Ray Absorptiometry
 Maturity Offset: MO
 Age Peak Height Velocity: APHV

ROI: Regions of Interest
ΑΣΜ: Άλιπη Σωματική Μάζα
Δ.Χ.: Δύναμη Χειρολαβής

Κ: Κυρίαρχο Χέρι ή πόδι
ΜΚ: Μη Κυρίαρχο Χέρι ή πόδι
%Δ: Ποσοστιαία Διαφορά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται η επίδραση της σωματικής δραστηριότητας κατά την αναπτυξιακή ηλικία σε οστικές και μυο-δυναμικές παραμέτρους, καθώς και στην εμφάνιση πλευρικοτήτων και ασυμμετριών. Περιγράφονται συγκριτικά τα αποτελέσματα επιστημονικών ερευνών σχετικά με τις σκελετικές και μυο-δυναμικές ασυμμετρίες στην αντισφαίριση. Τέλος, αναλύονται οι μέθοδοι και οι τεχνικές αξιολόγησης των ασυμμετριών και των πλευρικοτήτων.

Η ανάπτυξη του παρόντος κεφαλαίου περιλαμβάνει τα εξής υποκεφάλαια:

2.1. Οστική και μυϊκή ανάπτυξη κατά την παιδική και εφηβική ηλικία.

2.2. Πλευρικότητες και ασυμμετρίες σε παιδιά και ενήλικες.

2.3. Οστικές και μυο-δυναμικές ασυμμετρίες στον αθλητισμό.

2.3.1. Οστικές ασυμμετρίες στην αντισφαίριση.

2.3.2. Μυο-δυναμικές ασυμμετρίες στην αντισφαίριση.

2.4. Όργανα μέτρησης και αξιολόγησης ασυμμετριών και πλευρικοτήτων στην αντισφαίριση.

2.1. Οστική και μυϊκή ανάπτυξη κατά την παιδική και εφηβική ηλικία

Η παιδική ηλικία και η εφηβεία αποτελούν την καλύτερη περίοδο για την ανάπτυξη του σκελετού. Η επίδραση της σωματικής δραστηριότητας στην ανάπτυξη των μυο-σκελετικών δομών κατά τη φάση αυτή της ζωής του ανθρώπου παρουσιάζει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον. Η μεσαία παιδική ηλικία,

που ορίζεται χρονολογικά από 5 έως 9 ετών, αποτελεί μια δυναμικά σημαντική μεταβατική περίοδο για δραστηριότητα καθώς τα παιδιά μεταβαίνουν από την ανέμελη πρώιμη παιδική ηλικία σε ένα πρόγραμμα σχολικού περιβάλλοντος (Janz, Burns, & Levy, 2005). Κατά την περίοδο αυτή, η σωματική ανάπτυξη των παιδιών παρουσιάζει μια πιο σταθερή πορεία μέχρι την του εφηβικού άλματος ανάπτυξης, όπου παρατηρείται η ταχύτερη ανάπτυξη του ανθρωπίνου σώματος μετά τη νεογνική περίοδο (Malina et al., 2004). Η έναρξη της σωματικής δραστηριότητας πριν από το εφηβικό άλμα ανάπτυξης διεγείρει την υπερτροφία των οστών και των σκελετικών μυών σε μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι παρατηρείται από την φυσιολογική ανάπτυξη (Vicente-Rodríguez, 2006). Έτσι, η σωματική δραστηριότητα θα πρέπει να ξεκινάει κατά την προ-εφηβεία και να συνεχίζεται κατά την περι-εφηβεία προκειμένου να επωφελείται ο σκελετός από την ευεργετική επίδραση της άσκησης.

Οι φυσιολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα την περίοδο της εφηβείας εστιάζονται κυρίως στο ορμονολογικό και νευρικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά σε εκείνη την περίοδο της ζωής τους παρουσιάζουν τον ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης της οστικής τους μάζας λόγω της απότομης αλλαγής των ορμονών όπως, της αυξητικής ορμόνης, του ινσουλινοειδή αυξητικού παράγοντα-1 και των σεξουαλικών στεροειδών (Hind & Burrows, 2007; Mauras, Rogol, Haymond, & Veldhuis, 1996), με τις αποκρίσεις των ορμονών που σχετίζονται με το φύλο να γίνονται έντονες στα τελευταία στάδια της σεξουαλικής ωρίμανσης (Viru, Laaneots, Karelson, Smirnova, & Viru, 1998). Έρευνα σε υγιή παιδιά (201

κορίτσια & 142 αγόρια) σχολικού περιβάλλοντος (5-19 ετών), έδειξε ότι το BMC και η οστική επιφάνεια ολόκληρου του σώματος παρουσιάζουν παρόμοια ανάπτυξη και στα δύο φύλα μεταξύ των ηλικιών 6-11 ετών, με τα κορίτσια να έχουν ελαφρώς υψηλότερη ανάπτυξη στο BMC από τα αγόρια μεταξύ των ηλικιών 11-15 (Mølgaard, Thomsen, Prentice, Cole, & Michaelsen, 1997). Στην ίδια μελέτη φάνηκε ότι περίπου από την ηλικία των 15 ετών και μετά, ο ρυθμός ανάπτυξης του BMC και της οστικής επιφάνειας παρουσιάζει μια σταθεροποίηση στα κορίτσια, ενώ στα αγόρια αυτό φάνηκε ένα χρόνο αργότερα στην οστική επιφάνεια και ήταν λιγότερο αισθητό στο BMC. Το γεγονός ότι τα αγόρια παρατείνουν τη χρονική περίοδο ανάπτυξής τους εξηγεί και τη μεγαλύτερη διάμεση τιμή που παρουσίασαν σε σχέση με τα κορίτσια στην οστική επιφάνεια και στο BMC στην ηλικία των 18 ετών (12 & 21% υπεροχή στο BA και BMC, αντίστοιχα).

Ωστόσο, κατά την αναπτυξιακή ηλικία η φυσιολογική ανάπτυξη του σκελετού φαίνεται να επηρεάζεται όχι μόνο από τους ενδογενείς παράγοντες (δλδ. γενετικούς, βιολογικούς, ορμονικούς), αλλά και από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. διατροφή, άσκηση), παρουσιάζοντας υψηλή μεταβλητότητα στο μέγεθος, το σχήμα και τη μάζα των οστικών και μυϊκών δομών τόσο μεταξύ των παιδιών (π.χ. δραστήρια - μη δραστήρια παιδιά, αθλητές - μη αθλητές κτλ.), όσο και εντός των διαφορετικών πλευρών του ίδιου σώματος (π.χ. κυρίαρχη - μη κυρίαρχη πλευρά). Πιο συγκεκριμένα η πρόσληψη τροφίμων πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά επαρκή σε πρόσληψη ασβεστίου, φωσφόρου, βιταμίνης D, πρωτεϊνών συμβάλλει στις μεταβολικές λειτουργίες των

οστών (Vicente-Rodríguez, Ezquerro, Mesana, Fernández-Alvira, Rey-López, Casajus, & Moreno, 2008). Ωστόσο, αν και η επαρκής κατανάλωση ασβεστίου και φωσφόρου (τα δύο κύρια μέταλλα που συνθέτουν τη δομή του οστού) είναι απαραίτητη για τη διατήρηση ενός υγιούς σκελετού (Vicente-Rodríguez et al., 2008), η διατροφή από μόνη της δεν επηρεάζει την ανάπτυξη των μυών και των οστών με άμεσο τρόπο, αντίθετα δρα κατά κύριο λόγο μέσω ενός έμμεσου μηχανισμού, μέσω ορμονών που ρυθμίζουν τη μυοσκελετική ανάπτυξη (Bass, Eser, & Daly, 2005).

Τόσο η διατροφή όσο και η άσκηση αποτελούν αναπόσπαστα συστατικά του μοντέλου της «Μηχανόστασης», αλλά και οι δύο έχουν σαφώς διαφορετικούς ρόλους. Σύμφωνα με την «Θεωρία της Μηχανόστασης», η μηχανική διέγερση των οστικών κυττάρων που παράγεται από τη μυϊκή σύσπαση και τα φορτία της βαρύτητας οδηγούν σε αναδιαμόρφωση του οστού μέσω της διαδικασίας απορρόφησης και σχηματισμού των οστών (Morseth, Emaus, & Jørgensen, 2011). Τα μηχανικά φορτία που παράγονται από την σωματική δραστηριότητα των παιδιών μέσα από τις καθημερινές δραστηριότητες καθώς και από την ενασχόληση με κάποιο άθλημα, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των οστών, έχοντας σπουδαία συμβολή στην οστεογένεση. Η μηχανική καταπόνηση που μεταδίδεται από τη μυϊκή σύσπαση είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη του εξωτερικού μεγέθους και σχήματος του οστού και στη συνέχεια της αντοχής του (Bass et al., 2005).

Για τη διατήρηση της οστικής μάζας απαιτείται μια ελάχιστη αποτελεσματική τάση όπου όταν το μέγεθός της υπερβεί αυτό το επίπεδο,

τότε αυξάνεται η μάζα και η διατομή του οστού (Hart, Nimphius, Rantalainen, Ireland, Siafarikas & Newton, 2017). Η σωματική δραστηριότητα που περιλαμβάνει ασκήσεις μεταφοράς βάρους αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην επίτευξη της μέγιστης οστικής περιεκτικότητας των οστών σε ανόργανα άλατα κατά την αναπτυξιακή ηλικία (Bailey et al., 1999; Weaver, Gordon, Janz, Kalkwarf, Lappe, Lewis, ... & Zemel, 2016). Ο ανθρώπινος σκελετός σε παιδιά προ-εφηβείας είναι αρκετά ευαίσθητος στη μηχανική διέγερση που προκαλείται από τη σωματική δραστηριότητα, επιτυγχάνοντας ένα αξιοσημείωτο οστεογονικό αποτέλεσμα ακόμη και με μόλις 3 ώρες εβδομαδιαίας συμμετοχής σε σωματική δραστηριότητα (Vicente-Rodríguez, 2006).

Για να επιτευχθούν τα οφέλη που προέρχονται από τη σωματική δραστηριότητα στα οστά, δεν είναι απαραίτητο να εκτελείται μεγάλου όγκου άσκηση. Μια από τις ελάχιστες διαχρονικές μελέτες (6 χρόνια παρακολούθησης) σε παιδιά (8 – 14 ετών) διερεύνησε τη σχέση μεταξύ της καθημερινής σωματικής δραστηριότητας και της μέγιστης οστικής περιεκτικότητας των οστών του σώματος σε ανόργανα άλατα (BMC) (Bailey et al., 1999). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα πιο δραστήρια παιδιά παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές συνολικού BMC σε σχέση με τα λιγότερο δραστήρια κατά την περίοδο της μέγιστης ανάπτυξης των οστών.

Επίσης, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 234 παιδιά ηλικίας από 8 έως 16 ετών (7 ηλικιακές ομάδες), φάνηκε ότι το κυρίαρχο χέρι παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά BMC και BMD σε σχέση με

το μη-κυρίαρχο, ως αποτέλεσμα των μεγαλύτερων καταπονήσεων που δέχεται, λόγω τόσο της συμμετοχής σε προγράμματα φυσικής δραστηριότητας, όσο και των απαιτήσεων της καθημερινότητας (Faulkner, Houston, Bailey, Drinkwater, McKay, & Wilkinson, 1993). Συγκεκριμένα κατά την αναπτυξιακή ηλικία, η περιεκτικότητα των οστών σε ανόργανα άλατα φαίνεται να αυξάνεται περισσότερο στο κυρίαρχο χέρι σε σχέση με το μη-κυρίαρχο ακόμη και μέσα από τις καθημερινές σωματικές απαιτήσεις της ζωής που φορτίζουν περισσότερο την κυρίαρχη πλευρά.

Κατά την αναπτυξιακή ηλικία, εκτός από την επίδραση των καθημερινών δραστηριοτήτων και της συνήθους σωματικής άσκησης του σχολικού περιβάλλοντος, το μεγαλύτερο ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην οστική ανάπτυξη του σκελετού, τόσο σε παιδιά που συμμετέχουν σε προγράμματα προπονητικής παρέμβασης (MacKelvie et al., 2002), αλλά πολύ περισσότερο σε αθλητές που συμμετέχουν συστηματικά σε αθλήματα (Haapasalo et al., 1998; Kannus et al., 1995). Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι τα παιδιά που συμμετέχουν σε προγράμματα προπονητικής παρέμβασης (7-9 μηνών) παρουσιάζουν μεγαλύτερη οστική περιεκτικότητα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Bradney et al., 1998; Fuchs et al., 2001). Τα οφέλη της άσκησης είναι ευεργετικά όχι μόνο για τα οστά αλλά και για τη μυϊκή μάζα. Διαχρονικές μελέτες έχουν δείξει ότι η άλιπη σωματική μάζα, με την μυϊκή μάζα να αποτελεί το κύριο συστατικό της (Vicente-Rodríguez, 2006), αποτελεί τον καλύτερο προγνωστικό παράγοντα για το BMC και το BMD κατά την προ-εφηβεία, ανεξάρτητα από το επίπεδο σωματικής

δραστηριότητας του παιδιού (Vicente-Rodriguez, Ara, Pérez-Gómez, Dorado, & Calbet, 2005; Vicente-Rodriguez, Ara, Perez-Gomez, Serrano-Sanchez, Dorado, & Calbet, 2004). Μελέτη προοπτικής 10 μηνών σε κορίτσια προεφηβείας που συμμετείχαν σε υψηλής έντασης πρόγραμμα προπόνησης, έδειξε να έχουν μεγαλύτερη άλιπη μάζα και δύναμη χειρολαβής σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Morris et al., 1997).

Επειδή στους περισσότερους πειραματικούς και ημι-πειραματικούς σχεδιασμούς, καθώς και στις μελέτες προοπτικής είναι δύσκολο να προσδιοριστούν οι γενετικοί παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό ανάπτυξης του ανθρωπίνου σώματος, καθώς και να ποσοτικοποιηθεί η σωματική δραστηριότητα, η διερεύνηση της επίδρασης της άσκησης στη μυο-σκελετική ανάπτυξη των παιδιών συγκρίνοντας την κυρίαρχη με τη μη-κυρίαρχη πλευρά είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για να ελεγχθεί, εν μέρει, η καθαυτό επίδραση της άσκησης με σταθερούς όλους τους ενδογενείς και διατροφικούς παράγοντες.

2.2. Πλευρικότητες και ασυμμετρίες σε παιδιά και ενήλικες

Ο όρος πλευρίωση (laterality) αφορά την ασύμμετρη λειτουργία μιας πλευράς του σώματος έναντι της άλλης (Coren & Porac, 1978; Sadeghi, Allard, Prince, & Labelle., 2000). Ταυτόσημες έννοιες αποτελούν οι όροι ασυμμετρία ή πλευρική ασυμμετρία ή πλευρική κυριαρχία ή πλευρική κυριαρχία. Η πλευρίωση του εγκεφάλου και ο τρόπος που συνδέεται με τη χειροπλευρική (προτίμηση χεριού) αποτελεί την πιο γνωστή και εμφανή πλευρική κυριαρχία του ανθρωπίνου σώματος (Bryden, 1982). Με τον όρο χειροπλευρική (handedness) υπο-

δηλώνεται η προτίμηση της χρήσης του ενός χεριού έναντι του άλλου για την εκτέλεση δραστηριοτήτων (Cavill & Bryden, 2003).

Η ανθρώπινη προτίμηση χεριού εμφανίζεται από πολύ νωρίς στη ζωή ενός βρέφους, με τους γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες να παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξή της (Hepper, Shahidullah, & White, 1991). Ωστόσο, οι απόψεις σχετικά με την ηλικία κατά την οποία επιτυγχάνεται η κυριαρχία της μιας πλευράς έναντι της άλλης δίστανται. Παρόλα αυτά, είναι κοινώς αποδεκτό ότι πριν την ηλικία των 3-4 ετών δεν μπορεί να αξιολογηθεί αξιόπιστα η χειροπλευρική. Παιδιά ηλικίας 4-6 ετών εμφανίζουν αδύναμες τάσεις προτίμησης χεριού, χρησιμοποιώντας και τα δύο χέρια στις καθημερινές τους κινήσεις, σε σύγκριση με παιδιά ηλικίας 7-10 ετών που παρουσιάζουν μια αυξημένη τάση επιλογής του χεριού προτίμησης (Scharoun & Bryden, 2014). Αυτή η σταθερή και συνεχής προτίμηση οδηγεί τελικά στη διαφορά απόδοσης μεταξύ των δύο χεριών.

Η συντριπτική πλειοψηφία του πληθυσμού (90%) χρησιμοποιεί το δεξί χέρι και περίπου 10% των ανθρώπων παρουσιάζουν προτίμηση του αριστερού χεριού (Gabbard, 1996; Hepper et al., 1991; Perelle & Ehrman, 1994; Petersen, Petrick, Connor, & Conklin, 1989). Ωστόσο, οι αριστερόχειρες παρουσιάζονται με δυσανάλογα μεγαλύτερη συχνότητα σε αθλήματα αλληλεπίδρασης (π.χ. αντισφαίριση, ξιφασκία), αλλά όχι σε αθλήματα χωρίς αλληλεπίδραση (π.χ. κολύμβηση, γκολφ) (Hagemann, 2009).

Είναι γεγονός ότι τα παιδιά, από τη νηπιακή ηλικία κιόλας, είναι αναγκασμένα να παράγουν αρκετή

δύναμη στη λαβή τους, προκειμένου να πραγματοποιούν αυτόνομα καθημερινές κινητικές δραστηριότητες, όπως να τρώνε και να παίζουν. Σε συνδυασμό με τις επιδράσεις που δέχονται από έναν κόσμο που είναι φτιαγμένος για δεξιόχειρες (π.χ. μηχανήματα, πόρτες, παιχνίδια και αθλητικά αντικείμενα), το μέγεθος της ασυμμετρίας που εμφανίζουν τα παιδιά μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο (Gabbard, 1996). Αυτό θα μπορούσε να ερμηνεύσει εν μέρει και τα μεγαλύτερα ποσοστά ασυμμετρίας που παρουσιάζονται στη δύναμη χειρολαβής σε παιδιά ηλικίας 4 - 16 ετών που είναι δεξιόχειρες (10%) σε σχέση με τους αριστερόχειρες, οι οποίοι μέχρι την ηλικία των 10 ετών δεν παρουσιάζουν σημαντικές ασυμμετρίες μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου χεριού (Hager-Ross & Rosblad, 2002). Αντίστοιχα, σε μελέτη των Faulkner και συνεργατών (1993) δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού ως προς το BMC και το BMD σε παιδιά ηλικίας 8 - 16 ετών που ήταν αριστερόχειρες, σε αντίθεση με τους δεξιόχειρες που παρουσίασαν σημαντικές ασυμμετρίες.

Η επιπλέον ενίσχυση αυτής της προτίμησης από τη συμμετοχή σε αθλήματα με μονόπλευρη φόρτιση του κυρίαρχου άκρου οδηγεί σε μυοδυναμική και οστική υπερτροφία της κυρίαρχης πλευράς έναντι της μη-κυρίαρχης.

2.3. Οστικές και μυο-δυναμικές ασυμμετρίες στον αθλητισμό

Είναι ευρέως γνωστό ότι η σωματική δραστηριότητα και, κυρίως, η ενασχόληση με αθλήματα επαφής, προκαλούν αύξηση της οστικής μάζας, της οστικής πυκνότητας και της περιεκτικότητας των οστών σε ανόργανα άλατα, κυρίως κατά την

αιφνίδια εφηβική ανάπτυξη (adolescent growth spurt) (11-15 χρονών) (Haapasalo et al., 1998; Kannus et al., 1995). Οι ασυμμετρίες και οι μυϊκές ανισορροπίες αποτελούν έναν τομέα ιδιαίτερου ερευνητικού ενδιαφέροντος στον αθλητισμό. Έρευνες έχουν δείξει ότι η τάση αυτή είναι εμφανής τόσο σε αθλήματα με συμμετρικά κινητικά πρότυπα όπως, το τρέξιμο (Vagenas & Hoshizaki, 1991, 1992), η κολύμβηση (Morouço et al., 2015) και η ποδηλασία (Carpes et al., 2007), όσο και σε αθλήματα με ασύμμετρα κινητικά πρότυπα, όπως η πετοσφαίριση (Markou & Vagenas, 2006; Schons, Rosa, Fischer, Berriel, Fritsch, Nakamura ... & Peyré-Tartaruga, 2018), η χειροσφαίριση (Andrade, Fleury, de Lira, Dubas, & da Silva, 2010; Lijewski, Burdukiewicz, Pietraszewska, Andrzejewska, & Stachoń, 2021), το ποδόσφαιρο (Fousekis et al., 2010a), η ξιφασκία (Margonato, Roi, Cerizza, & Galdabino, 1994) και τα αθλήματα ρακέτας (Lees, 2003).

Οι ασυμμετρίες μεταξύ ομόλογων σωματικών τμημάτων σε αθλητές αφορούν τόσο τη μυϊκή δύναμη (Baltaci & Tunay, 2004; Carpes, Mota, & Faria, 2010), όσο και την οστική δομή (Dorado et al., 2002; Vicente-Rodriguez et al., 2004). Ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον έχουν προκαλέσει αθλήματα με μονόπλευρες φορτίσεις στα άνω άκρα. Έρευνα σε ρίπτες παίκτες μπίτζμπολ κατέγραψε 24% ασυμμετρία στην οστική μάζα του κυρίαρχου βραχιονίου οστού σε σχέση με το μη-κυρίαρχο χέρι (Warden et al., 2009). Επίσης αθλήτριες πετοσφαίρισης παρουσίασαν 4,5% υπεροχή στο BMD του βραχιονίου οστού του κυρίαρχου σε σχέση με το μη κυρίαρχο χέρι, καθώς και υπεροχή 9,5 και 10% συγκριτικά με το κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο χέρι της ομάδας

ελέγχου (Alfredson, Nordström, & Lorentzon, 1997). Σε επαγγελματίες αθλητές γκολφ βρέθηκε 6% υπεροχή του κυρίαρχου χεριού έναντι του μη-κυρίαρχου στο BMC (Dorado et al., 2002). Τα ποσοστά αυτά φαίνεται να είναι ακόμη μεγαλύτερα σε αθλητές αντισφαίρισης (Chapelle, Rommers, Clarys, D'Hondt, & Taeymans, 2019).

2.3.1. Οστικές ασυμμετρίες στην αντισφαίριση

Οι αθλητές αντισφαίρισης παρουσιάζουν οστική υπερτροφία στα άνω άκρα σε σχέση με άτομα που δεν ασχολούνται συστηματικά με κάποιο άθλημα (Pirnay, Bodeux, Crielaard, & Franchimont, 1987; Sanchis-Moysi et al., 2010a). Ειδικότερα, η μονόπλευρη φόρτιση που προκαλεί η ενασχόληση με την αντισφαίριση οδηγεί γενικώς σε οστική υπεροχή του κυρίαρχου έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού, ανεξάρτητα από τα βασικά ευεργετικά αποτελέσματα της φυσικής δραστηριότητας (Andreoli et al., 2001; Heinonen, Oja, Kannus, Sievänen, Mänttari, & Vuori, 1993). Γενικώς, η ενασχόληση με την αντισφαίριση σχετίζεται με υγιέστερα οστά (Pluim, Staal, Marks, Miller, & Miley, 2007), με το κυρίαρχο χέρι να παρουσιάζει σημαντική υπερτροφία στα οστά του πήχη και του βραχίονα έναντι του μη-κυρίαρχου (Calbet et al., 1998; Haapasalo, Kontulainen, Sievänen, Kannus, Järvinen, & Vuori, 2000; Jones, Priest, Hayes, Tichenor, & Nagel, 1977). Επιπρόσθετα, η ανταπόκριση των οστών στα μηχανικά φορτία φαίνεται να διαφοροποιείται ακόμη και εντός του ίδιου οστού, με την δοκιδωτή περιοχή του οστού να αυξάνει την πυκνότητά της, και την φλοιώδη περιοχή να αυξάνει το μέγεθός της (Ducher, Prouteau, Courteix, & Benhamou, 2004). Έτσι, αυτή η εξειδίκευση στην απόκριση των

οστών στα φορτία, πιθανώς να οφείλεται στην πολυπλοκότητα των δυνάμεων που εφαρμόζονται πάνω στα οστά (Ducher, Jaffré, Arlettaz, Benhamou, & Courteix, 2005b).

Αρκετές μελέτες έχουν ασχοληθεί με την επίδραση της αντισφαίρισης στην ανάπτυξη των οστών του κυρίαρχου έναντι του μη κυρίαρχου χεριού σε σύγκριση με άτομα που δεν συμμετέχουν σε μονόπλευρα αθλήματα (Πίνακας 2.1, σελ. 24). Μια από τις πρώτες μελέτες που διερεύνησε τις διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου χεριού στα οστά του καρπού και του πήχη σε αθλητές αντισφαίρισης εθνικού επιπέδου ήταν αυτή των Buskirk και συνεργατών (1956). Τα αποτελέσματα έδειξαν υπεροχή του κυρίαρχου χεριού ως προς το μήκος των οστών του 3^{ου} μετακαρπίου (1,4%), της κερκίδας (1,9%) και της ωλένης (1,6%). Ωστόσο, μεγαλύτερα ποσοστά ασυμμετρίας βρέθηκαν στη διάμετρο του οστού της ωλένης σε 20 αθλητές (18,1%) και αθλήτριες (20,6%) υψηλού επιπέδου, καθώς και στο μήκος της ωλένης (3,1%) και του 2^{ου} μετακαρπίου (3,7%) τους (Krahl et al., 1994). Αντίθετα στην ομάδα ελέγχου δεν υπήρχαν διαφορές. Επίσης, μια διαχρονική μελέτη στον τομέα αυτό έδειξε ότι 84 επαγγελματίες αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης παρουσίασαν μικρότερη ασυμμετρία στην διάμετρο του βραχιονίου οστού (10,5%), σε σχέση με τα ποσοστά που παρατηρήθηκαν για τα οστά του πήχη στην προηγούμενη μελέτη, βρίσκοντας όμως μια δραματική υπερτροφία στο πάχος του φλοιού του βραχιονίου οστού τόσο στους άνδρες (34,9%) όσο και στις γυναίκες (28,4%) (Jones et al., 1977).

Ως προς τις οστικές προσαρμογές που προκαλεί η ενασχόληση με την

αντισφαίριση, το μεγαλύτερο ερευνητικό ενδιαφέρον έχει επικεντρωθεί στην αξιολόγηση των προσαρμογών που προκαλούνται στο κυρίαρχο σε σχέση με το μη-κυρίαρχο χέρι ως προς το BMC, την οστική επιφάνεια (BA) και την οστική πυκνότητα (BMD) (Ducher et al., 2005a, 2006). Από τις πρώτες μελέτες που ασχολήθηκαν με την επίδραση της συστηματικής ενασχόλησης με την αντισφαίριση στην αύξηση της οστικής πυκνότητας και της περιεκτικότητας των οστών του κυρίαρχου χεριού σε ανόργανα άλατα, ήταν αυτή των Ripnay και συνεργατών (1987). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν 34% υπερτροφία στην κερκίδα και 32% στην ωλένη του κυρίαρχου χεριού σε σχέση με το μη-κυρίαρχο ως προς την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (BMC). Σε αντίθεση με τα προηγούμενα ευρήματα, μια πιο εκτενής μελέτη των Kannus και συνεργατών (1994) έδειξε ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο πλευρών είναι μεγαλύτερες στο βραχιόνιο οστό (28,7%) και μικρότερες στα οστά της κερκίδας (15%) και της ωλένης (7,8%).

Δεδομένου ότι η ικανότητα προσαρμογής των οστών στα μηχανικά φορτία είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο της αναπτυξιακής ηλικίας από ότι, μετά την ολοκλήρωση της σκελετικής ωρίμανσης (Malina et al., 2004), αρκετοί ερευνητές συμπεριέλαβαν την ηλικία έναρξης ενασχόλησης με την αντισφαίριση ως σημαντικό παράγοντα για τη διερεύνηση των αλλαγών που δημιουργούνται στη μάζα και τη γεωμετρία των οστών (Haapasalo et al., 1998; Kannus et al., 1995). Πιο συγκεκριμένα, οι Haapasalo και συνεργάτες (1996) έδειξαν ότι οι μηχανικές προσαρμογές των οστών ως προς το μήκος, την οστική πυκνότητα (BMD) και την περιεκτικότητα σε

ανόργανα άλατα (BMC) του βραχιονίου οστού ήταν σημαντικά μεγαλύτερες σε αθλητές και αθλήτριες (25 και 19 χρονών, αντίστοιχα) που είχαν ξεκινήσει την ενασχόληση με την αντισφαίριση στην ηλικία των 9-10 χρονών (προ-εφηβεία), σε αντίθεση με άτομα που ξεκίνησαν μετά την ολοκλήρωση της σκελετικής τους ωρίμανσης (29 ετών). Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν οι Calbet και συνεργάτες (1998), οι οποίοι μελέτησαν επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης (μέσης ηλικίας έναρξης 9,2 ετών) και τους σύγκριναν με την ομάδα ελέγχου που αποτελούνταν από άτομα που ακολουθούσαν καθιστικό βίο. Τα αποτελέσματα έδειξαν περίπου 20% περισσότερο BMC, ενώ δεν υπήρχε διαφορά στην ομάδα ελέγχου, ενισχύοντας ακόμη περισσότερο την άποψη ότι η προσαρμοστική απόκριση των οστών στα μηχανικά φορτία που προκαλούνται από την ενασχόληση με το άθλημα είναι η κύρια αιτία αναδιαμόρφωσης τους.

Οι Ducher και συνεργάτες (2006) έδειξαν ότι οι ασυμμετρίες που παρατηρούνται στην BMD και στο BMC της κερκίδας τόσο σε παιδιά (11,6 ετών) όσο και σε ενήλικες (22,3 ετών) που ασχολούνταν με την αντισφαίριση από την παιδική ηλικία (6,7 και 7,8 ετών, αντίστοιχα), αυξάνονται ακόμη περισσότερο καθώς συνεχίζεται η προπόνηση και κατά την εφηβεία. Εξάιρεση αποτελούν οι διαφορές που παρουσιάζονται ως προς το BMC στη σπογγώδη περιοχή του οστού της κερκίδας, όπου φαίνεται ότι τα παιδιά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ασυμμετρία (16,3%) σε σχέση με τους ενήλικες (13,8%), παρόλη τη μεγαλύτερη προπονητική επιβάρυνση των τελευταίων με τα χρόνια. Έτσι, η σπογγώδης περιοχή των οστών, πιθανόν να έχει την ικανότητα να ανταποκρίνεται ραγδαία στα μηχανικά

φορτία που δέχεται κατά την παιδική ηλικία ακόμη και μετά από λίγα χρόνια ενασχόλησης με την αντισφαίριση.

Επίσης, έρευνα σε αθλήτριες αντισφαίρισης που είχαν ξεκινήσει την ενασχόληση πριν ή κατά την έναρξη της εμμηνου ρύσεως, έδειξε σχεδόν διπλάσιες διαφορές στα οστά του βραχίονα (από 17% έως 24%) σε σχέση με αυτές που είχαν ξεκινήσει μετά από αυτήν (από 8% έως 14%) (Kannus et al., 1995). Η ίδια ερευνητική ομάδα μελέτησε αθλήτριες αντισφαίρισης και σκουός που είχαν ξεκινήσει την ενασχόλησή τους με το άθλημα πριν την εφηβεία και ως ενήλικες, και παρατήρησε διπλάσια ποσοστά ασυμμετρίας ως προς τη σκελετική περιοχή των οστών του κυριάρχου χεριού στις αθλήτριες που είχαν ξεκινήσει πριν την εφηβεία από ό,τι ως ενήλικες (Kontulainen, Sievänen, Kannus, Pasanen, & Vuori, 2002). Τα ευρήματα αυτά ενισχύονται και από την έρευνα των Haapasalo και συνεργατών (1998), οι οποίοι μελέτησαν 91 αθλήτριες αντισφαίρισης και αφού τις κατέταξαν με βάση τη σεξουαλική τους ωρίμανση στις πέντε κατηγορίες της κλίμακας Tanner (I-V) βρήκαν ότι η υπεροχή του κυριάρχου έναντι του μη-κυριάρχου χεριού ως προς την οστική πυκνότητα άρχισε να είναι σημαντική κατά την περίοδο της απότομης ανάπτυξης των οστών, λίγο πριν την εμμηναρχή (Tanner Stage III), παρουσιάζοντας μια σταθεροποίηση στον ρυθμό ανάπτυξης στα επόμενα στάδια (Tanner Stage IV & V).

Προς την ίδια κατεύθυνση, οι Bass και συνεργάτες (2002) μελέτησαν κορίτσια προ-, περι-, και μετ- εφηβείας (10,4, 12,2 και 14,5 ετών) και προσπάθησαν να καθορίσουν σε ποια περιοχή του οστού παρατηρούνται αλλαγές από την επιβάρυνση κατά την ενασχόληση με την αντισφαίριση και

εάν εξαρτώνται από το στάδιο ωρίμανσης της κάθε περιοχής του οστού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επιβάρυνση πριν την εφηβεία αυξάνει το μέγεθος του οστού στην περιοχή του περιόστεου του βραχιονίου και την ικανότητά του να αντιστέκεται στην κάμψη, ενώ μετά την εφηβεία οι αλλαγές παρατηρούνται κυρίως στην περιοχή του ενδόστεου με ελάχιστα οφέλη στην αντίσταση του οστού στην κάμψη.

Η ίδια ερευνητική ομάδα (Ducher et al., 2009) λίγα χρόνια αργότερα διερεύνησε τις ίδιες παραμέτρους σε αγόρια προ-, περι-, και μετ- εφηβείας (11,3, 13,9 και 17,1 ετών). Από τη μία πλευρά τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τα προηγούμενα ευρήματα καθώς φάνηκε ότι η απόκριση του βραχιονίου οστού στα φορτία παρουσιάζει εξειδίκευση ως προς την επιφάνεια και την περιοχή του οστού, και από την άλλη πλευρά έδειξαν ότι κατά την εφηβεία τα αγόρια παρουσιάζουν καλύτερη οστεογονική ανταπόκριση σε σύγκριση με τους αθλητές προ-εφηβείας, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα των κοριτσιών και πιθανόν να οφείλεται στις διαφορές που παρουσιάζαν ως προς τις ώρες ενασχόλησης εβδομαδιαίως με την αντισφαίριση (15 έναντι 7 ώρες/εβδ.).

Ο ρυθμός ανάπτυξης της οστικής μάζας κατά την παιδική και εφηβική ηλικία φαίνεται να επηρεάζεται από την προπονητική συχνότητα και την ένταση (π.χ. ώρες/εβδ., συνολικές ώρες προπόνησης από την έναρξη, ηλικία έναρξης). Τα παιδιά που συμμετείχαν σε προγράμματα φυσικής δραστηριότητας περισσότερες φορές παρουσίασαν μεγαλύτερο BMC σε σχέση με αυτά που συμμετείχαν λιγότερο (Vicente-Rodríguez, 2006). Στην αντισφαίριση η μονόπλευρη φύση

του αθλήματος δημιουργεί υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ασυμμετριών. Συγκεκριμένα, αρκετοί ερευνητές έχουν δείξει ότι το μέγεθος της σκελετικής ασυμμετρίας φαίνεται να συσχετίζεται και με τις ώρες προπόνησης ανά εβδομάδα (Ducher et al., 2009; Sanchis-Moysi et al., 2010a). Σύμφωνα με τους Kannus και συνεργάτες (1994) βρέθηκε σημαντική συσχέτιση ($r = 0,46 - 0,63$) των ωρών προπόνησης ανά εβδομάδα με το BMC (βραχίονιο οστό, ωλένη και οστά παλάμης). Αθλητές αντισφαίρισης προ-εφηβείας με προπονητική συχνότητα 3 ώρες/εβδ. παρουσίασαν 12% μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε BMC στο κυρίαρχο χέρι, με το ποσοστό αυτό σχεδόν να διπλασιάζεται (22%) σε αθλητές ίδιας ηλικίας που έπαιζαν 11 ώρες/εβδ. (Sanchis-Moysi et al., 2010a).

Προς την ίδια κατεύθυνση, η ίδια ερευνητική ομάδα (Sanchis-Moysi et al., 2010b) μελετώντας προ-έφηβους αθλητές αντισφαίρισης και ποδοσφαίρου έδειξε ότι, ακόμη και με δύο προπονήσεις την εβδομάδα, τα οστά που βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης παρουσιάζουν μια αξιοσημείωτη πλαστικότητα, παρατηρώντας αύξηση στην οστική μάζα στην περιοχή του οστού που επιβαρύνεται από τα μηχανικά φορτία της άσκησης. Συγκεκριμένα, οι αθλητές αντισφαίρισης παρουσίασαν ποσοστά ασυμμετρίας στο κυρίαρχο έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού που πιθανόν να ευθύνονται και για το 50-75% της ασυμμετρίας που παρουσιάζουν ενήλικες αθλητές αντισφαίρισης.

Σε μια από τις ελάχιστες διαχρονικές μελέτες που έχουν γίνει στον τομέα της αντισφαίρισης (Ducher et al., 2011), παρατηρήθηκε ότι η

συνεχόμενη προπόνηση αθλητριών προ/περι- και μετ-εφηβείας για 12 μήνες προκαλεί περαιτέρω οφέλη στη μάζα και τη γεωμετρία των οστών του κυρίαρχου χεριού που προκλήθηκαν από την άσκηση, με την πρώτη ομάδα να παρουσιάζει μεγαλύτερη βελτίωση στη φλοιώδη περιοχή του οστού. Επίσης, σε έρευνα των Kontulainen και συνεργατών (1999) παρατηρήθηκε ότι οι προσαρμογές των οστών, ως προς το BMC, στις μηχανικές φορτίσεις που δέχονται κατά την περίοδο της εφηβείας φαίνεται να διατηρούνται και κατά την ενηλικίωση ακόμη και μετά από μείωση της συχνότητας και των ωρών προπόνησης ανά εβδομάδα σε άνδρες αθλητές (4 χρόνια παρακολούθηση). Δύο χρόνια αργότερα η ίδια ερευνητική ομάδα (Kontulainen, Kannus, Haapasalo, Sievänen, Pasanen, Heinonen, ... & Vuori, 2001) επιβεβαιώνει αυτό το αποτέλεσμα και για γυναίκες αθλήτριες αντισφαίρισης και σκουός.

Έρευνα σε 88 βετεράνους αθλητές αντισφαίρισης μέσης ηλικίας 66 χρονών έδειξε ότι η έναρξη της ενασχόλησης με την αντισφαίριση κατά την εφηβεία έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο ποσοστό οστικών ασυμμετριών μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου χεριού σε σχέση με άτομα που ξεκίνησαν την δραστηριότητα μετά την ηλικία των 22 χρόνων (Ireland et al., 2014). Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι άτομα που ξεκίνησαν την ενασχόληση με την αντισφαίριση μετά το 30 έτος της ηλικίας τους δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο χεριών ως προς τη γεωμετρία των οστών (Nara-Ashizawa, Liu, Higuchi, Tokuyama, Hayashi, Shirasaki, Amagai, & Saitoh, 2002). Παρόμοια, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε γυναίκες που είχαν ξεκινήσει την ενασχόληση με την αντισφαίριση κατά

το 31^ο έτος της ηλικίας τους και είχαν περάσει στην εμμηνόπαυση, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου χεριού ως προς την οστική πυκνότητα (BMD), ενώ στην περιεκτικότητα των οστών σε ανόργανα άλατα (BMC) παρουσίασαν 8% ασυμμετρία (Sanchis-Moysi, Dorado, Vicente-Rodríguez, Milutinovic, Garcés, & Calbet, 2004).

Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ στα άνω άκρα η υπεροχή του κυρίαρχου χεριού είναι ξεκάθαρη έναντι του μη-κυρίαρχου, στα κάτω άκρα τα αποτελέσματα δεν είναι σαφή ως προς την κατεύθυνση. Σύμφωνα με τους Sanchis-Moysi και συνεργάτες (2010a), σε αθλητές προ-εφηβείας (Tanner stage I & II) παρατηρήθηκε 2% υπεροχή στην οστική επιφάνεια του κυρίαρχου ποδιού σε σχέση με το μη-κυρίαρχο, τόσο στην ομάδα με χαμηλή εβδομαδιαία προπονητική συχνότητα (< 2 ώρες/εβδ.), όσο και σε αυτή με υψηλή (> 5 ώρες/εβδ.), χωρίς ωστόσο να υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο BMC και BMD. Αντίστοιχα, η ίδια ερευνητική ομάδα σε ξεχωριστή μελέτη σε παιδιά προ-εφηβείας δε βρήκε σημαντικές διαφορές στην οστική επιφάνεια, στο BMC και στο BMD μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου ποδιού (Sanchis-Moysi et al., 2010b). Αντίθετα, σε αθλήτριες υψηλού επιπέδου το μη-κυρίαρχο πόδι παρουσίασε υπεροχή 4,6% στο BMC και 2,4% στο BMD σε σχέση με το κυρίαρχο (Chapelle et al., 2021).

Αν και δεν υπάρχουν σαφή ευρήματα ως προς την κατεύθυνση των μηχανικών φορτίων κατά την ενασχόληση με το άθλημα, τα φορτία έχουν θετική επίδραση στην οστική ανάπτυξη των κάτω άκρων σε σχέση με άτομα που δεν αθλούνται. Για παράδειγμα, ενήλικες αθλητές που

είχαν μια συνεχή ενασχόληση με την αντισφαίριση παρουσίασαν μεγαλύτερη οστική πυκνότητα στην κεφαλή του μηριαίου οστού και στη σπονδυλική στήλη σε σχέση με αυτούς που ακολουθούσαν καθιστικό βίο (Etherington, Harris, Nandra, Hart, Wolman, Doyle, & Spector, 1996). Επίσης, επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης με πολυετή συστηματική ενασχόληση παρουσίασαν 11% μεγαλύτερη οστική πυκνότητα στην κεφαλή του μηριαίου και 15% στη σπονδυλική στήλη σε σχέση με άτομα που δεν ασχολούνταν καθόλου με τον αθλητισμό τα τελευταία 5 χρόνια (Calbet et al., 1998).

2.3.2. Μυο-δυναμικές ασυμμετρίες στην αντισφαίριση

Η αντισφαίριση είναι ένα κατεξοχήν ασύμμετρο άθλημα, με τη συμμετοχή του κάθε τμήματος του σώματος και των μυϊκών ομάδων στην τελική ταχύτητα που αναπτύσσεται στο κεφάλι της ρακέτας για την εκτέλεση των χτυπημάτων να ποικίλει (Buckley & Kerwin, 1988; Chow, Park, & Tillman, 2009; Giangarra, Conroy, Jobe, Pink, & Perry, 1993; Morris, Jobe, Perry, Pink, & Healy, 1989; Ryu et al., 1988; van Gheluwe & Hebbelinck, 1986). Έτσι, το κυρίαρχο χέρι παρουσιάζει σαφή μυο-δυναμική υπερτροφία ως αποτέλεσμα των προσαρμογών που επιφέρει στο μυοσκελετικό σύστημα η συστηματική ενασχόληση με την αντισφαίριση (Buskirk et al., 1956; Calbet et al., 1998; Ducher et al., 2005a; Maughan, Abel, Watson, & Weir, 1986).

Έρευνες έχουν δείξει (Πίνακας 2.1, σελ.24) ότι η συστηματική ενασχόληση με την αντισφαίριση προκαλεί μυϊκή υπερτροφία στο κυρίαρχο χέρι (Colak, Bamac, Ozbek, Budak, & Bamac, 2004; Olmedillas, Sanchis-Moysi, Fuentes, Guadalupe-Grau, Ponce-

González, Morales-Alamo, & Guerra, 2010; Sanchis-Moysi et al., 2012). Μια από τις πρώτες μελέτες στο χώρο των μυϊκών ασυμμετριών στην αντισφαίριση έδειξε υπερτροφία στους μύς του πήχη του κυρίαρχου χεριού σε άνδρες με πολυετή ενασχόληση με το άθλημα (21 χρόνια, 5 ώρες/εβδ.), και αυτό συσχετίστηκε με τη μεγαλύτερη δύναμη χειρολαβής που παρουσίασαν οι ίδιοι αθλητές (Maughan et al., 1986). Επίσης, ασυμμετρία στον μυϊκό όγκο φαίνεται να παρουσιάζεται πρώτα στην περιοχή του πήχη σε αθλητές και αθλήτριες προ-εφηβείας, που όσο πλησιάζουν τη μέγιστη ταχύτητα απόκτησης ύψους (Peak Height Velocity) αρχίζει να εμφανίζεται εντονότερα στην περιοχή του βραχίονα (Rogowski, Ducher, Brosseau, & Hautier, 2008).

Αρκετοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τις επιμέρους μυϊκές ομάδες που επηρεάζονται από τη συστηματική προπόνηση με την αντισφαίριση. Έρευνα σε 15 επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης (μέσης ηλικίας 23 χρονών) έδειξε 11-15% υπερτροφία στις κυριότερες μυϊκές ομάδες του κυρίαρχου χεριού (δελτοειδή, τρικέφαλο βραχιόνιο και καμπτήρες πήχη και βραχίονα) σε σχέση με το μη-κυρίαρχο, με την εγκάρσια διατομή του τρικεφάλου βραχιονίου να παρουσιάζει 25% ασυμμετρία (Sanchis-Moysi et al., 2010c). Η ίδια ερευνητική ομάδα (Olmedillas et al., 2010) βρήκε 15% υπεροχή στην άλιπη μάζα του κυρίαρχου έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού σε 9 επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης που είχαν ξεκινήσει την ενασχόληση τους πριν την εφηβεία (<12 ετών).

Η σημαντική επίδραση της ηλικίας έναρξης προπόνησης στη μυϊκή υπερτροφία επιβεβαιώνεται και στην έρευνα των Calbet και συνεργατών

(1998) σε επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης που είχαν ξεκινήσει την ενασχόληση με το άθλημα πριν την εφηβεία (25 ώρες/εβδ.). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι είχαν 20% περισσότερη άλιπη μάζα στο κυρίαρχο χέρι από ότι στο μη-κυρίαρχο. Επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης με παρόμοια προπονητική διάρκεια (26 ώρες/εβδ.) παρουσίασαν παρόμοια υπεροχή ως προς την άλιπη μάζα του κυρίαρχου χεριού (18%), ενώ μικρότερα ποσοστά (13,3%) παρουσίασαν προ-έφηβοι αθλητές με 11 ώρες/εβδ. και ακόμη μικρότερα (8,3%) αθλητές που προπονούνταν 3 ώρες/εβδ. (Sanchis-Moysi et al., 2010a). Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν οι Ducher και συνεργάτες (2005a), μελετώντας άνδρες αθλητές αντισφαίρισης τοπικού επιπέδου (4,5 ώρες/εβδ.) που παρουσίασαν ασυμμετρία 10% στον μυϊκό όγκο. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι, εκτός από την ηλικία έναρξης ενασχόλησης, και η προπονητική συχνότητα (ώρες/εβδ.) φαίνεται να επηρεάζει το μέγεθος της ασυμμετρίας.

Έτσι, αν και εκτιμάται ότι η έναρξη της ενασχόλησης με την αντισφαίριση πριν την εφηβεία προκαλεί μυϊκή υπερτροφία, αυτό φαίνεται να επηρεάζεται και από τις ώρες προπόνησης ανά εβδομάδα (Sanchis-Moysi et al., 2012). Έρευνα σε αθλήτριες αντισφαίρισης προ-εφηβείας (9,5 ετών) με εβδομαδιαία προπονητική συχνότητα περίπου 6 ώρες έδειξε ασυμμετρία 6,7% στη μυϊκή μάζα του κυρίαρχου χεριού έναντι του μη-κυρίαρχου, χωρίς να αυξάνεται σημαντικά τόσο κατά την εφηβεία (7,8%) όσο και μετά από αυτήν (7,8%) (Daly et al., 2004). Σε μια πιο πρόσφατη έρευνα, 7 αθλητές αντισφαίρισης 11 ετών, που είχαν ξεκινήσει προπόνηση κατά την παιδική

ηλικία με συχνότητα 5 ημέρες/εβδομάδα παρουσίασαν 13% μυϊκή υπερτροφία στο κυρίαρχο χέρι, με τους μυς του πήχη να παρουσιάζουν 22% υπεροχή σε σχέση με το μη-κυρίαρχο χέρι και τους μυς του βραχίονα μόνο 7% (Sanchis-Moysi et al., 2012). Σε αντίστοιχα μεγάλα ποσοστά ασυμμετρίας κατέληξαν οι Ireland και συνεργάτες (2013) μελετώντας έφηβους αθλητές (13,5 ετών) και διαπίστωσαν ότι οι μυς του πήχη και του βραχίονα του κυρίαρχου χεριού παρουσίασαν μεγαλύτερη εγκάρσια διατομή (9 - 20%) έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού.

Η επαναλαμβανόμενη κίνηση του κυρίαρχου χεριού δημιουργεί συνεχείς συσπάσεις στους μυς (Van Gheluwe & Hebbelinck, 1986), με σημαντική τη συνεισφορά των έσω στροφέων, που σύμφωνα με τους Elliott και συνεργάτες (1995), συμβάλλουν στο 54% της ταχύτητας της ρακέτας κατά την εκτέλεση του σερβίς. Επίσης, οι έσω στροφείς παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ταχύτητα που αναπτύσσει το κεφάλι της ρακέτας κατά την εκτέλεση του *“forehand”*, όπως επίσης, η κάμψη και η απαγωγή του βραχίονα φαίνεται να συνεισφέρει σημαντικά (Elliott, Takahashi, & Noffal, 1997). Έτσι, κατά την εκτέλεση όλων των χτυπημάτων δημιουργούνται μεγάλες δυνάμεις κυρίως στην άρθρωση του ώμου, με αποτέλεσμα αρκετοί μυς να φορτίζονται περισσότερο στο κυρίαρχο χέρι έναντι του μη-κυρίαρχου (Ryu et al., 1988).

Σε αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης κολεγιακού επιπέδου η έσω στροφή του κυρίαρχου χεριού παρουσίασε 25% ασυμμετρία έναντι του μη-κυρίαρχου (Chandler, Stracener, Ziegler, & Pace, 1992). Επίσης, σε αθλητές αντισφαίρισης παιδικής ηλικίας (11-14 χρονών) οι

έσω στροφείς του ώμου του κυρίαρχου χεριού υπερισχύουν σημαντικά τόσο στα αγόρια (23%) όσο και στα κορίτσια (11,5%) (Ellenbecker, 1992). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν οι έσω στροφείς του ώμου σε έφηβους (23%) και ενήλικες (29%) αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης, χωρίς να υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην έξω στροφή (Ellenbecker & Roeter, 2003). Αντίθετα, για πρώτη φορά, εκτός από την σημαντική υπεροχή των έσω στροφέων του κυρίαρχου έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού που βρέθηκε σε αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης (12-18 ετών), παρουσιάστηκε σημαντική υπεροχή και των έξω στροφέων του κυρίαρχου χεριού αλλά μόνο στα αγόρια (Sacco, Gracitelli, da Silva, de Souza Laurino, Fleury, dos Santos ..., & da Silva, 2010).

Έρευνα σε επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης έδειξε σημαντικά μεγαλύτερη δύναμη του κυρίαρχου χεριού έναντι του μη-κυρίαρχου στην έσω στροφή του ώμου, στην κάμψη και έκταση του καρπού, στην κάμψη και έκταση του ώμου και στον πρηνισμό του πήχη (Ellenbecker, 1991). Σύμφωνα με τους Elliott και συνεργάτες (1995), κατά την εκτέλεση του σερβίς εκτός από τους έσω στροφείς του ώμου σημαντική συνεισφορά φάνηκε να έχουν οι καμπτήρες του καρπού (30%) καθώς και οι πρηνιστές του πήχη (5%). Κατά την εκτέλεση του σερβίς, ο πρηνισμός του πήχη παίζει σημαντικό ρόλο στην κατεύθυνση της ρακέτας, ενώ η έκταση του αγκώνα καθορίζει το ύψος επαφής ρακέτας-μπάλας (Elliott, 2006). Επίσης οι εκτείνοντες μυς του καρπού κατέχουν κυρίαρχη θέση στο *“backhand”* (με ένα ή δύο χέρια) (Giangarra et al., 1993), καθώς συμβάλλουν και στην εκτέλεση του *“forehand”* (Morris et al., 1989). Η

μεγάλη συνεισφορά αυτών των μυϊκών ομάδων κατά την εκτέλεση των βασικών χτυπημάτων εδάφους θα μπορούσε να ερμηνεύσει εν μέρει τα μεγάλα ποσοστά ασυμμετρίας που παρατηρήθηκαν στους εκτεινόντες μυς του καρπού (40%) και στους πρηνιστές μυς του πήχη (35%) σε 12 αθλητές αντισφαίρισης τοπικού επιπέδου μέσης ηλικίας 25 ετών (Fleming & McGregor, 2005). Εξίσου υψηλά ποσοστά ασυμμετρίας βρέθηκαν σε αθλήτριες αντισφαίρισης εθνικού επιπέδου (13,6 ετών) στους εκτεινόντες και καμπτήρες μυς του καρπού, με τους πρηνιστές μυς του πήχη να παρουσιάζουν ακόμη μεγαλύτερο (Ellenbecker, Roetert, & Riewald, 2006).

Σύμφωνα με τη βιομηχανική του σερβίς, ένα μικρό μέρος της κινητικής αλυσίδας των συντονισμένων δυνάμεων και κινήσεων που παρατηρούνται κατά την εκτέλεση του χτυπήματος αυτού προέρχεται από τη δύναμη της χειρολαβής (Elliott, 2006). Έρευνα σε αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης κολεγιακού επιπέδου έδειξε ότι η μέγιστη δύναμη χειρολαβής που δημιουργείται κατά την εκτέλεση του σερβίς (150-250N) αντιστοιχεί στο 31-44% της μέγιστης δύναμης χειρολαβής (Lucki & Nicolay, 2007).

Από τις πρώτες μελέτες που διερεύνησαν το μυο-δυναμικό προφίλ σε αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης παιδικής ηλικίας (Ellenbecker, 1992), φάνηκε το μεγάλο ποσοστό ασυμμετρίας που παρουσιάζουν στη δύναμη χειρολαβής τόσο τα αγόρια (~ 23%) όσο και τα κορίτσια (~ 18%) με μέση προπονητική συχνότητα 10 και 9 ώρες/εβδ., αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και με ελάχιστη προπονητική συχνότητα (2 ώρες/εβδ.),

παρατηρήθηκαν εξίσου σημαντικές ασυμμετρίες στη δύναμη χειρολαβής σε αθλήτριες αντισφαίρισης παιδικής ηλικίας (9,4 ετών) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου που αποτελούν άτομα που δεν είχαν ασχοληθεί ποτέ με μονόπλευρο άθλημα (17,3% έναντι 4,2%) (Haapasalo et al., 1998). Σε ενήλικες αθλητές που είχαν ξεκινήσει προπόνηση πριν την εφηβεία, η δύναμη χειρολαβής παρουσίασε μυϊκή ασυμμετρία που κυμαινόταν από 11% έως 25% (Ducher et al., 2005a).

Η φύση του αθλήματος της αντισφαίρισης δημιουργεί μυϊκή ανισορροπία στην άρθρωση του ώμου, με τη μέγιστη ροπή των έσω στροφέων να είναι σημαντικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με τους έξω στροφείς (πηλίκιο έξω/έσω στροφείς) (Chandler et al., 1992; Ellenbecker, 1991; Ellenbecker & Roetert, 2003). Σύμφωνα τους Ellenbecker και Roetert (2003), το πηλίκιο έξω/έσω στροφέων του κυρίαρχου χεριού κυμαίνεται από 64-72% για άνδρες (12-21 χρονών) και από 61-76% για γυναίκες (12-21 χρονών) αντίστοιχα, με το μη-κυρίαρχο χέρι να παρουσιάζει ελαφρώς μεγαλύτερα ποσοστά (77-84% για άνδρες και 77-120% για γυναίκες). Επίσης, σε έρευνα των Gozlan και συνεργατών (2006) σε αθλήτριες αντισφαίρισης βρέθηκε σημαντικά χαμηλότερο πηλίκιο έξω/έσω στροφέων στο κυρίαρχο χέρι έναντι του μη κυρίαρχου χεριού.

Σε αντίθεση με τη μονόπλευρη επιβάρυνση που δέχονται τα άνω άκρα, ο ρόλος του κορμού και των κάτω άκρων είναι να αντισταθμίζει τις ροπές περιστροφής που δημιουργούνται κατά την εκτέλεση των χτυπημάτων, με αποτέλεσμα να μην είναι σαφής η επιβάρυνση στα σημεία αυτά. Σε αθλητές προ-εφηβείας δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές

στην άλιπη μάζα μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου ποδιού (Sanchis-Moysi et al., 2010a,b). Αντίστοιχα, ούτε σε έφηβους αθλητές αντισφαίρισης παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην μυϊκή μάζα στα κάτω άκρα (Rynkiewicz, Rynkiewicz, Żurek, Ziemann, & Szymanik, 2013). Ωστόσο, έρευνα σε 15 επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης έδειξε 13% υπερτροφία στον λαγονοψοίτη και 8% στον γλουτιαίο μυ της μη-κυρίαρχης πλευράς (Sanchis-Moysi, Idoate, Izquierdo, Calbet, & Dorado, 2011). Επίσης, έρευνα σε επαγγελματίες αθλητές αντισφαίρισης υψηλού επιπέδου έδειξε 35% μυϊκή υπερτροφία στον ορθό κοιλιακό της μη-κυρίαρχης πλευράς σε σχέση με την κυρίαρχη (Sanchis-Moysi et al., 2010a). Αντιθέτως, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου ποδιού στην κάμψη και έκταση του γονάτου (Ellenbecker, Roetert, Sueyoshi, & Riewald, 2007). Στα κάτω άκρα η επίδραση της αντισφαίρισης δεν είναι ξεκάθαρη και χρήζει περαιτέρω μελέτης.

2.4. Όργανα μέτρησης και αξιολόγησης ασυμμετριών και πλευρικοτήτων στην αντισφαίριση

Η χειροπλευρικότητα μπορεί να αξιολογηθεί μέσα από τη διαδικασία της αυτό-αξιολόγησης, τόσο με τη χρήση δομημένων ερωτηματολογίων όσο και μέσω της διαδικασίας της συνέντευξης (McManus, Sik, Cole, Mellon, Wong, & Kloss, 1988). Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιούνται ευρέως και έχουν καθιερωθεί στην παγκόσμια βιβλιογραφία για την αξιολόγηση της χειροπλευρικότητας είναι: το Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971), το Annett's Handedness Questionnaire (Annett, 1970) και το Waterloo Handedness

Questionnaire (Steenhuis, Bryden, Schwartz, & Lawson, 1990). Επίσης, η προτίμηση χεριού μπορεί να αξιολογηθεί μέσω κινητικών δοκιμασιών και δεξιοτήτων (Corey, Hurley, & Foundas, 2001). Ο συνυπολογισμός και των δύο μεθόδων (ερωτηματολόγια και δοκιμασίες) αποτελεί τον πιο ολοκληρωμένο και αξιόπιστο τρόπο αξιολόγησης του χεριού προτίμησης (Corey et al., 2001).

Με τις μεθόδους αυτές εκτιμάται η πλευρική κυριαρχία των άνω άκρων χωρίς, ωστόσο, να δίνονται πληροφορίες σχετικά με τον βαθμό ασυμμετρίας μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου χεριού. Για την αξιολόγηση των μυο-δυναμικών ασυμμετριών στον αθλητισμό και συγκεκριμένα στα άνω άκρα αθλητών αντισφαίρισης χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα όργανα μέτρησης όπως το ισοκινητικό δυναμόμετρο (Ellenbecker et al., 1992, 2006; Ellenbecker & Roetert, 1999; Saccol et al., 2010) για την αξιολόγηση της έσω-έξω στροφής και της κάμψης-έκτασης του ώμου, της κάμψης-έκτασης του καρπού, καθώς και της κάμψης-έκτασης του αγκώνα και τον πρηνισμό-υπτιασμό του πήχη. Για την αξιολόγηση της δύναμης λαβής χρησιμοποιείται το χειροκίνητο ή το ηλεκτρονικό χειροδυναμόμετρο (Ducher et al., 2005b; Haapasalo et al., 1998; Ireland et al., 2013; Lucki & Nikolay, 2007; Maughan et al., 1986).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1, για την αξιολόγηση των μυϊκών (άλιπη σωματική μάζα, επιφάνεια εγκάρσιας διατομής) και οστικών (οστική επιφάνεια, BMC, BMD) δομών και του λιπώδη ιστού χρησιμοποιούνται κυρίως η τεχνική της απορρόφησης ακτινών-Χ διπλής ενέργειας (Dual Energy X-ray Absorptiometry - DXA) και η μαγνητική τομογραφία (MRI). Παρότι αυτές οι δύο δοκιμασίες δεν έχουν

χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα σε μελέτες που αφορούν παιδιά και εφήβους (Malina et al., 2004, σελ. 152), η ακτινοβολία της μεθόδου DXA αντιστοιχεί σε φυσική ακτινοβολία και ραδιενέργεια που λαμβάνεται κατά τη διάρκεια 5 ημερών της κανονικής ζωής (Webber, 1995). Μελέτες έχουν δείξει ότι η αξιοπιστία των μετρήσεων DXA είναι πολύ υψηλή (ICC = 0,992 - 1,000 & %SEM ως CV < 2,3%) σε ενήλικες (Costa-Moreira, Patrocínio-de-Oliveira, & de-Paz, 2018). Ωστόσο, υπάρχουν λίγες πληροφορίες σχετικά με την αξιοπιστία των μετρήσεων DXA σε παιδιά. Μια από τις ελάχιστες παιδιατρικές μελέτες που έκαναν έλεγχο αξιοπιστίας με επαναμέτρηση την ίδια ημέρα έδειξε υψηλό συντελεστή αξιοπιστίας (ICC \geq 0,989) και πολύ χαμηλό SEM (CV = 0,18% - 1,97%) για το σύνολο του σώματος (Margulies, Horlick, Thornton, Wang, Ioannidou, & Heymsfield, 2005).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη σχετική βιβλιογραφία των ασυμμετριών στον τομέα της αντισφαίρισης αναφέρεται σε πολύ μικρή συχνότητα και η διαδικασία της βιοψίας των μυών (Olmedillas et al., 2010; Sanchis-Moysi, Idoate, Olmedillas, Guadalupe-Grau, Alayon, Carreras, ... & Calbet, 2010c) για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών στο εσωτερικό τους.

Πίνακας 2.1. Μελέτες αξιολόγησης οστικών και μυο-δυναμικών ασυμμετριών άνω και κάτω άκρων αθλητών αντισφαίρισης.

Συγγραφείς	Σκοπός μελέτης	Χαρακτηριστικά δείγματος	Κύριες ιδιότητες	Όργανα μέτρησης	Κόρια αποτελέσματα
Buskirk et al., 1956	Διαφορές στα οστά του καρπού και του πήχη. Δύναμη χειρολαβής.	7 αθλητές εθνικού επιπέδου (21-35) & 11 ομάδα ελέγχου (19-22).	Οστική επιφάνεια, μήκος και πλάτος οστών. Δύναμη λαβής.	X-ray & ⁴¹ Χειρ.Δυν.	Σημαντικές διαφορές μεταξύ ⁴² K και ⁴³ MK χεριού (⁴⁴ Δ% =1,4 – 3.9).13% δύναμη λαβής.
Jones et al., 1977	Διαφορές στο βραχιόνιο οστό.	84 επαγγελματίες αθλητές (27) & αθλήτριες (24).	Φλοιώδης περιοχή οστού.	X-ray	Υπερτροφία στο Κ χέρι: 35% στους άνδρες & 28% στις γυναίκες.
Maughan et al., 1986	Διαφορές στην οστική, μυϊκή & λιπώδη μάζα του πήχη. Δύναμη χειρολαβής.	9 αθλητές υψηλής εξειδίκευσης (33±10) & 10 ομάδα ελέγχου (26±5).	Οστική, μυϊκή και λιπώδη μάζα. Δύναμη λαβής.	X-ray & Χειρ.Δυν.	Σημαντικές διαφορές στην οστική (10%), μυϊκή (12%) και λιπώδη (3%) μάζα του Κ έναντι του MK
Pirnay et al., 1987	BMC & BMD διαφορές της κερκίδας και της ωλένης.	10 επαγγελματίες αθλητές (20,3±2,1) & 10 ομάδα ελέγχου (21,2±1,3).	BMC, BMD και πλάτος οστών.	Dual photon absorptiometry	Σημαντικές διαφορές μεταξύ αθλητών και ομάδας ελέγχου και στα δύο άκρα.
Ellenbecker, 1991	Μυο-δυναμικές διαφορές άνω άκρων.	22 αθλητές εθνικού επιπέδου (30,2±5,8).	Μαχ ροπή έσω-έξω στροφής, κάμψη-έκταση ώμου, καρπού και πρηνισμό-υπτιασμό πήχη.	⁴⁵ Ισοκ.Δυν.	Σημαντικά καλύτερη ισοκινητική δύναμη στο Κ χέρι στην έσω στροφή και κάμψη-έκταση ώμου, στην κάμψη-έκταση καρπού και στον πρηνισμό του πήχη.
Chandler et al., 1992	Μυο-δυναμικές διαφορές άνω άκρων.	11 αθλητές & 13 αθλήτριες κολεγιακού επιπέδου.	Μέγιστη ροπή έσω-έξω στροφής ώμου.	Ισοκ.Δυν.	Μυο-δυναμική ανισορροπία στην άρθρωση του ώμου. Έσω (Δ% =25%) & Έξω στροφή (Δ% =6%) στις 60deg/sec.
Ellenbecker, 1992	Μυοδυναμικές διαφορές άνω άκρων.	12 αθλητές (12±1) & 14 αθλήτριες (12±1.3) αγωνιστικού επιπέδου.	Μέγιστη ροπή έσω-έξω στροφής ώμου.	Ισοκ.Δυν.	Σημαντικά καλύτερη δύναμη έσω στροφής στο Κ χέρι σε σχέση με το MK.
Krahl et al., 1994	Διαφορές σε σκελετικές διαστάσεις άνω άκρων.	20 επαγγελματίες αθλητές & αθλήτριες	Μήκος και διάμετρος της ωλένης και του 2 ^{ου}	X-ray	Σημαντικές διαφορές στην διάμετρο και το μήκος των οστών του Κ σε σχέση με το MK

Συγγραφείς	Σκοπός μελέτης	Χαρακτηριστικά δείγματος	Κύριες ιδιότητες	Όργανα μέτρησης	Κύρια αποτελέσματα
		(20,1) & 12 ομάδα ελέγχου (23,1).	μετακαρπίου .		χέρι. Η ομάδα ελέγχου δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές.
Kannus et al., 1994	Οστικές και μυο-δυναμικές διαφορές στα άνω άκρα.	20 αθλητές υψηλού επιπέδου (25±5) & 20 ομάδα ελέγχου (26±5).	Κάμψη-έκταση αγκώνα, δύναμη χειρολαβής, BMD & BMC άνω άκρου.	Ισοκ.Δυν., Χειρ.Δυν. & DXA	Σημαντική υπεροχή του Κ χεριού στις οστικές και μυο-δυναμικές παραμέτρους (μέσο $\Delta\%$ =13%).
Haapasalo et al., 1996	Οστικές και σκελετικές διαφορές στα άνω άκρα.	17 αθλητές (10-34) & 30 αθλήτριες (16-29) & 30 αθλήτριες (32-48) αγωνιστικού επιπέδου, με αντίστοιχες ομάδες ελέγχου.	BMD, BMC, φλοιώδη περιοχή, μήκος και πλάτος βραχιονίου οστού.	DXA	Σημαντικές διαφορές στο μήκος το πλάτος, το BMC και το BMD του βραχιονίου οστού του Κ χεριού στους αθλητές. Οι αθλητές που είχαν ξεκινήσει κατά την παιδική ηλικία παρουσίαζαν σημαντικά μεγαλύτερα ποσοστά.
Calbet et al., 1998	Διαφορές στην οστική, λιπώδη και άλιπη μάζα στο σύνολο του σώματος και τμηματικά.	9 επαγγελματίες αθλητές (26±5,6) & 17 ομάδα ελέγχου (24±2,8).	BMD, BMC, άλιπη μάζα, λιπώδης ιστός και οστική επιφάνεια συνολικά και για κάθε τμήμα του σώματος.	DXA	20% ασυμμετρία στο BMC και την μυϊκή μάζα του Κ χεριού σε σχέση με το ΜΚ. 11% μεγαλύτερο BMD στην κεφαλή του μηριαίου και 15% στην ΣΣ των αθλητών σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.
Haapasalo et al., 1998	Διαφορές στις οστικές και μυο-δυναμικές παραμέτρους σε σχέση με την αναπτυξιακή ηλικία.	99 αθλήτριες & 58 ομάδα ελέγχου (7-17).	BMD, κάμψη-έκταση αγκώνα και δύναμη χειρολαβής.	Ισοκ.Δυν., Χειρ.Δυν. & DXA	Το μέσο $\Delta\%$ για όλες τις ηλικιακές ομάδες κυμάνθηκε από 1,6-15,7% για το BMD και από 7,1-26,6% για τις μυο-δυναμικές παραμέτρους.
Kontulainen et al., 1999	Διαφορές στις οστικές και μυο-δυναμικές παραμέτρους στα άνω άκρα.	13 αθλητές (26) & 13 ομάδα ελέγχου (26).	BMC του βραχιονίου οστού και της κερκίδας, κάμψη-έκταση αγκώνα και δύναμη χειρολαβής	Ισοκ.Δυν., Χειρ.Δυν. & DXA	22% υπερτροφία στο BMC του Κ βραχιονίου οστού και 13,5% στην κερκίδα.
Haapasalo et al., 2000	Διαφορές στις οστικές και μυο-δυναμικές παραμέτρους	12 αθλητές (29,8±4,8) & 12 ομάδα ελέγχου (29,8±5,2).	BMC, BMD, φλοιώδη περιοχή του βραχιονίου οστού και	Ισοκ.Δυν., Χειρ.Δυν. & DXA	Σημαντικές διαφορές μεταξύ Κ και ΜΚ χεριού σε όλες τις παραμέτρους.

Συγγραφείς	Σκοπός μελέτης	Χαρακτηριστικά δείγματος	Κύριες ιδιότητες	Όργανα μέτρησης	Κύρια αποτελέσματα
	στα άνω άκρα.		της κερκίδας, κάμψη-έκταση αγκώνα και δύναμη χειρολαβής		
Bass et al., 2002	Διαφορές στις οστικές παραμέτρους στα άνω άκρα	47 αθλήτριες αγωνιστικού επιπέδου προ- (10,4±0,3), περι- (12,2±0,3) και μετ-εφηβείας (14,5±0,4).	BMC, φλοιώδη περιοχή και CSA του βραχιονίου οστού	DXA & MRI	11-14% υπερτροφία στο BMC του Κ χεριού κατά την προ-εφηβεία, χωρίς να αυξάνεται σημαντικά στην περι- και μετ-εφηβεία.
Ellenbecker & Roetert, 2003	Μυο-δυναμικές διαφορές άνω άκρων.	50 αθλητές (12-17), 31 αθλητές (18-21) & 31 αθλήτριες (12-17), 35 αθλήτριες (18-21) υψηλού επιπέδου.	Μέγιστη ροπή έσω-έξω στροφής ώμου.	Ισοκ.Δυν.	Σημαντικά καλύτερη δύναμη έσω στροφής στο Κ χέρι σε σχέση με το ΜΚ. Μη σημαντικές διαφορές στην έξω στροφή.
Daly et al., 2004	Διαφορές στις οστικές και μυϊκές δομές των άνω άκρων.	47 αθλήτριες αγωνιστικού επιπέδου προ- (9,5), περι- (12,5) και μετά-εφηβείας (15,5).	BMC, φλοιώδη περιοχή και μυϊκή μάζα περιοχή του βραχιονίου οστού.	MRI	Το Κ χέρι παρουσίασε 6,7% μεγαλύτερη μυϊκή μάζα, 6-13% ασυμμετρία σε όλες τις οστικές παραμέτρους κατά την προ-εφηβεία, χωρίς να αυξάνεται σημαντικά στην περι- και μετ-εφηβεία.
Fleming & McGregor, 2005	Μυο-δυναμικές διαφορές άνω άκρων.	12 αθλητές/τριες υψηλού επιπέδου (24,6±9,3) & 12 ομάδα ελέγχου (22,2±1,2).	Μέγιστη ροπή κάμψης-έκτασης του καρπού και πρηνισμός-υπτιασμός πήχη.	Ισοκ.Δυν. & Χειρ.Δυν.	Ο πρηνισμός του πήχη, η έκταση του καρπού και η δύναμη χειρολαβής ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στο Κ σε σχέση με το ΜΚ χέρι.
Ducher et al., 2005a	Διαφορές στις οστικές και μυϊκές δομές των άνω άκρων.	20 αθλητές/τριες τοπικού επιπέδου (23,1±4,7).	BMC, BMD, φλοιώδη περιοχή των οστών του πήχη, μυϊκή μάζα και δύναμη χειρολαβής	DXA, MRI & Χειρ.Δυν.	Σημαντικές διαφορές του Κ έναντι του ΜΚ χεριού στην μυϊκή μάζα (9,7%), στην δύναμη χειρολαβής (13,3%) και στο BMC (13,5%).
Ducher et al., 2005b	Διαφορές στις οστικές και μυϊκές δομές των άνω άκρων.	28 αθλητές (26,5±7) & 24 αθλήτριες (21,5±1,8).	BMC, BMD, άλιπη σωματική μάζα του πήχη και δύναμη χειρολαβής	DXA & Χειρ.Δυν.	Σημαντικές διαφορές του Κ έναντι του ΜΚ πήχη στο BMC (19,8%), BMD (6,5%), στην άλιπη μάζα (15,1%) και στην δύναμη χειρολαβής

Συγγραφείς	Σκοπός μελέτης	Χαρακτηριστικά δείγματος	Κύριες ιδιότητες	Όργανα μέτρησης	Κύρια αποτελέσματα
					(15,7%).
Ducher et al., 2006	Διαφορές στις οστικές δομές σε παιδιά και ενήλικες.	28 αθλητές/τριες (11,6±1,4) & 47 αθλητές/τριες (22,3±2,7).	BMC, BMD και οστική επιφάνεια της κερκίδας.	DXA	Σε όλες τις οστικές δομές παρουσιάστηκε $\Delta\%$ = 6,7% και 14% στην κερκίδα σε παιδιά και ενήλικες, αντίστοιχα.
Ellenbecker et al., 2006	Μυο-δυναμικές διαφορές άνω άκρων.	32 αθλήτριες (13,7±1,2).	Μέγιστη ροπή κάμψης-έκτασης του καρπού και πρηνισμός-υπτιασμός πήχη.	Ισοκ.Δυν.	Ο πρηνισμός του πήχη και η κάμψη-έκταση του καρπού ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στο Κ σε σχέση με το ΜΚ χέρι.
Ducher et al., 2009	Διαφορές στις οστικές δομές των άνω άκρων.	43 αθλητές αγωνιστικού επιπέδου προ- (11,3±0,3), περι- (13,9±0,2) και μετά-εφηβείας (17,1±0,4).	BMC, BMD και φλοιώδη περιοχή του βραχιονίου οστού.	DXA & MRI	Οι σημαντικότερες διαφορές ως προς το BMC ($\Delta\%$ = 27%) και την φλοιώδη περιοχή ($\Delta\%$ = 20-33%) του βραχιονίου οστού παρουσιάζονται κατά την περι-εφηβεία.
Saccol et al., 2010	Μυο-δυναμικές διαφορές άνω άκρων.	40 αθλητές/τριες (12-18).	Μέγιστη ροπή έσω-έξω στροφής ώμου.	Ισοκ.Δυν. & Χειρ.Δυν.	Σημαντικά καλύτερη δύναμη έσω στροφής στο Κ χέρι σε σχέση με το μη Κ.
Sanchis-Moysi et al., 2010a	Διαφορές στην οστική, λιπώδη και άλιπη μάζα των άνω και κάτω άκρων σε σχέση με τις ώρες προπόνησης.	24 αθλητές (10,6±0,9) & 17 ομάδα ελέγχου (10,5±0,7).	BA, BMD, BMC, άλιπη μάζα, & λιπώδης ιστός για κάθε τμήμα του σώματος.	DXA	> $\Delta\%$ στο BMC, BA, άλιπη μάζα του Κ σε σχέση με το ΜΚ στην ομάδα με τις περισσότερες ώρες προπόνησης. 2% υπεροχή στο BA του Κ ποδιού.
Sanchis-Moysi et al., 2010b	Διαφορές στην οστική, λιπώδη και άλιπη μάζα των άνω άκρων.	25 αθλητές (10,6±0,2) & 22 ομάδα ελέγχου (10,6±0,2).	BMD, BMC, άλιπη μάζα, λιπώδης ιστός και οστική επιφάνεια συνολικά και για κάθε τμήμα του σώματος.	DXA	Σημαντικές διαφορές ως προς το BMC ($\Delta\%$ = 16,3%), την άλιπη μάζα ($\Delta\%$ = 10,2%), το BMD ($\Delta\%$ = 4,1%) και την οστική επιφάνεια ($\Delta\%$ = 11,1%) του Κ χεριού.
Sanchis-Moysi et al., 2010c	Διαφορές στην μυϊκή μάζα των άνω άκρων.	15 επαγγελματίες αθλητές (22,9±3,9).	Μυϊκή μάζα των μυών των άνω άκρων.	DXA & MRI	Ο δικέφαλος βραχιόνιος, ο δελτοειδής, οι καμπτήρες του ώμου και του πήχη παρουσίασαν $\Delta\%$ = 11-15%.
Olmedillas	Διαφορές	9	Άλιπη μάζα	DXA	15% μεγαλύτερη άλιπη

Συγγραφείς	Σκοπός μελέτης	Χαρακτηριστικά δείγματα	Κύριες ιδιότητες	Όργανα μέτρησης	Κύρια αποτελέσματα
et al., 2010	στην άλιπη μάζα των άνω άκρων.	επαγγελματίες αθλητές (22,9±3,9).	άνω άκρων.		μάζα στο Κ χέρι σε σχέση με το ΜΚ.
Ducher et al., 2011	Διαφορές στις οστικές και μυϊκές δομές των άνω άκρων σε διάστημα 12 μηνών.	13 αθλήτριες προ/περί-εφηβείας (13,4±1,0) & 32 μετά εφηβείας (15,6±1,4) αγωνιστικού επιπέδου.	BMC, οστική επιφάνεια, φλοιώδη περιοχή, μυϊκή περιοχή και μήκος βραχιονίου οστού.	DXA & MRI	Η συνεχής προπόνηση 12 μηνών οδήγησε σε επιπλέον ασυμμετρία του BMC (2,7%) στις αθλήτριες προ/περί εφηβείας και 2,9% στις μετ-εφηβείας.
Sanchis-Moysi et al., 2012	Διαφορές στην μυϊκή μάζα των άνω άκρων.	7 αθλητές (11,0±0,8) & 7 ομάδα ελέγχου (11,0±0,8).	Μυϊκή μάζα των μυών των άνω άκρων.	DXA & MRI	7% περισσότερη μυϊκή μάζα στους μύς του βραχιονίου και 22% στους μύς του πήχη. Η ομάδα ελέγχου δεν παρουσίασε διαφορές.
Ireland et al., 2013	Διαφορές στις οστικές και μυϊκές δομές των άνω άκρων.	30 αθλητές (13,5±1,9) & 20 ομάδα ελέγχου (13,5±2,0).	BMD, BMC, CSA, φλοιώδη περιοχή οστών πήχη και βραχίονα. Δύναμη χειρολαβής.	Quantitative computed tomography (QCT)	Σημαντικές διαφορές σε όλες τις οστικές και μυϊκές παραμέτρους του Κ έναντι του ΜΚ χεριού.
Palaiothodorou et al., 2020	Διαφορές στις οστικές δομές άνω και κάτω άκρων.	48 αθλητές/τριες (10,1±1,5). 4 ξεχωριστές ηλικιακές κατηγορίες.	BMC και BA, άνω και κάτω άκρων.	DXA	Η Δ% κορυφώνεται στην ηλικία των 11 (18%) και μέχρι τα 13 ακολουθεί σταθερό ρυθμό ανάπτυξης (17%). Τα κάτω άκρα παρουσιάζουν συμμετρία. Οι συνολικές ώρες προπόνησης ο καλύτερος προβλεπτικός δείκτης %Δ.
Chapelle et al., 2021	Διαφορές στις οστικές δομές και την άλιπη μάζα των άνω και κάτω άκρων.	19 αθλήτριες (21.3±3.4).	BMD, BMC, άλιπη μάζα, λιπώδη μάζα	DXA	Σημαντική υπεροχή του Κ χεριού σε όλες τις οστικές παραμέτρους. Σημαντική υπεροχή του ΜΚ ποδιού στο BMC και στην άλιπη μάζα.

^{†1}Χειροδυναμόμετρο = Χειρ.Δυν. ^{†2}Κυρίαρχο χέρι = Κ. ^{†3}Μη-Κυρίαρχο χέρι = ΜΚ. ^{†4}Δ% = (κυρίαρχο – μη κυρίαρχο/μη κυρίαρχο × 100). ^{†5}Ισοκίνητικό Δυναμόμετρο = Ισοκ.Δυν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

Μέθοδος

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθεται αναλυτικά ο μεθοδολογικός σχεδιασμός της εργασίας υπό τα εξής κεφάλαια:

- 3.1. Δείγμα,
- 3.2. Σχεδιασμός της έρευνας,
- 3.3. Μετρήσιμες ιδιότητες,
- 3.4. Όργανα και μετρήσεις,
- 3.5. Διαδικασία συλλογής δεδομένων και μετρήσεων,
- 3.6. Στατιστική ανάλυση.

3.1. Δείγμα

Το αρχικό δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 52 αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης παιδικής και πρώιμης εφηβικής ηλικίας (ηλικιακού εύρους 7 έως 13 ετών). Από το αρχικό δείγμα στη δεύτερη φάση των μετρήσεων έλαβαν μέρος 49 αθλητές-τριες (τρεις αθλητές δεν προσήλθαν). Επίσης, δύο αθλήτριες μέσα στο διάστημα των 9 μηνών είχαν σταματήσει τη συστηματική ενασχόληση με την αντισφαίριση και αφαιρέθηκαν από το τελικό δείγμα, ενώ ακόμη μία αθλήτρια ήταν αμφίπλευρη και αποκλείστηκε. Έτσι, το τελικό δείγμα αποτέλεσαν 46 παιδιά (25 αγόρια & 21 κορίτσια) χωρισμένα σε τέσσερις ομάδες. Στις αρχικές μετρήσεις η 1η ομάδα ήταν μέσης ηλικίας $8,18 \pm 0,48$ έτη ($N_1 = 10$), η 2η $9,47 \pm 0,14$ έτη ($N_2 = 12$), η 3η $10,53 \pm 0,32$ έτη ($N_3 = 15$) και η 4η $12,28 \pm 0,60$ έτη ($N_4 = 9$). Το γεγονός ότι δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων κατά την παιδική και πρώιμη εφηβική ηλικία στον ρυθμό ανάπτυξης των βασικών οστικών και μυϊκών παραμέτρων (Malina et al., 2004, σελ.126-154), μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε αγόρια και κορίτσια στην ίδια ομάδα.

Για τον υπολογισμό του ελαχίστου μεγέθους δείγματος ακολουθήθηκαν δύο βασικές διαδικασίες (Keppel & Wickens, 2004): α) ελάχιστο μέγεθος δείγματος για τη διαπίστωση στατιστικώς σημαντικής ασυμμετρίας και β) ελάχιστο μέγεθος δείγματος για την τριπλή αλληλεπίδραση μεταξύ πλευρικής κυριαρχίας (κυρίαρχο-μηκυρίαρχο), ηλικίας (4 ομάδες) και προπονητικής φάσης (πριν-μετά το 9-μηνο). Η πρώτη διαδικασία βασίστηκε σε μερική μετα-ανάλυση δεδομένων (ασυμμετριών) σε BMC, BMD, μυϊκή μάζα και δύναμη χειρολαβής από προηγούμενες μελέτες σε αθλητές αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας (από 9,4 έως 15,5 ετών). Με βάση $\alpha = 0,05$, $\beta = 0,20$ (ισχύς = $1 - \beta = 0,80$) και ελάχιστη προσδοκώμενη ασυμμετρία σε τυπικές μονάδες κατά Cohen ίση με 0,11, το ελάχιστο μέγεθος δείγματος υπολογίστηκε ως εξής: 33 για BMC, 40 για BMD, το πολύ 20 για τη μυϊκή μάζα και 50 για τη δύναμη χειρολαβής. Κατά μέσο όρο και προσεγγιστικά, το απαιτούμενο ελάχιστο μέγεθος δείγματος είναι 35-40. Η δεύτερη διαδικασία βασίστηκε στα ίδια δεδομένα της μερικής μετα-ανάλυσης και το ελάχιστο μέγεθος δείγματος για την πλέον σύνθετη εκδοχή του στατιστικού σχεδιασμού της τριπλής αλληλεπίδρασης υπολογίστηκε με βάση τη συνάρτηση: $N = \frac{\phi^2_{A*B*C} (df_{A*B*C} + 1) * (1 - \omega^2_{A*B*C} / \omega^2_{A*B*C})}{\omega^2_{A*B*C}}$ (Keppel & Wickens, 2004, σελ.482), για τριπλή μεικτή ANOVA. Με βάση $\alpha = 0,05$ και πειραματική ισχύ 0,80 και ελάχιστο προσδοκώμενο μέγεθος αποτελέσματος $\omega^2 = 0,10$, το ελάχιστο μέγεθος δείγματος που υπολογίστηκε με $\phi^2 \sim 1,8$ (non centrality parameter) είναι περίπου 90 άτομα. Συνδυάζοντας το βασικό μέγεθος δείγματος ($N_1 = 35 - 40$) με το μέγεθος δείγματος της τριπλής αλληλεπίδρασης ($N_2 = 90$) και λαμβάνοντας υπόψη: 1)

την ανάγκη διεκπεραίωσης της μελέτης με ένα πρακτικά εφικτό μέγεθος δείγματος και 2) τη χαμηλή ερευνητικά και στατιστικά προτεραιότητα που προβλέπεται να έχει μια τυχόν σημαντική τριπλή αλληλεπίδραση, το τελικό μέγεθος δείγματος $N=52$ (αρχικό και $N=46$ τελικό) κρίθηκε επαρκές με βάση την παραπάνω αιτιολόγηση.

Όλα τα παιδιά αποτελούσαν μέλη αθλητικών ομίλων και συλλόγων αντισφαίρισης από το λεκανοπέδιο της Αττικής και συμμετείχαν συστηματικά σε προπονητικά προγράμματα, ενώ επίσης λάμβαναν μέρος και σε αγώνες της κατηγορίας τους. Τα παιδιά ήταν υγιή και χωρίς τραυματισμούς τουλάχιστον για τους τελευταίους έξι μήνες πριν την έναρξη των μετρήσεων καθώς και για το χρονικό διάστημα μεταξύ των δύο μετρήσεων. Η παρούσα μελέτη είχε την έγκριση της Επιτροπής Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Παρ. Α, σελ.85), καθώς και του Επιστημονικού Συμβουλίου του Κέντρου Αποθεραπείας και Αποκατάστασης «Φιλοκτήτης», όπου και πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Η συμμετοχή των παιδιών στην έρευνα έγινε μετά από ενημέρωση των ίδιων και των γονιών τους εγγράφως και προφορικά για τον σκοπό της έρευνας, τα οφέλη από τη συμμετοχή του παιδιού τους στη διαδικασία και τις συνθήκες διεξαγωγής των μετρήσεων. Στη συνέχεια, οι γονείς υπέγραψαν την έγγραφη συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή των παιδιών τους στις διαδικασίες της έρευνας (Παρ. Β, σελ.87).

3.2. Σχεδιασμός της έρευνας

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο χρονικές φάσεις. Οι πρώτες

μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από 15 Ιανουαρίου έως 15 Μαρτίου του 2018 και οι δεύτερες μετά από 9 μήνες (15 Νοεμβρίου 2018 έως 15 Ιανουαρίου 2019). Οι δεύτερες μετρήσεις έγιναν κατά αντιστοιχία των αρχικών μετρήσεων έτσι, ώστε να έχουν κλείσει όλα τα παιδιά εννιά μήνες προπόνησης. Το πρόγραμμα προπόνησης που ακολούθησαν τα παιδιά το διάστημα αυτό των 9 μηνών εφαρμόστηκε από τον ίδιο προπονητή στον κάθε σύλλογο και βασιζόταν στον κλασικό τρόπο εκμάθησης της βασικής τεχνικής και τακτικής του αθλήματος, χωρίς κάποια παρέμβαση από τον ερευνητή.

Στόχος της αρχικής μέτρησης και της επαναμέτρησης των οστικών και μυο-δυναμικών παραμέτρων ήταν η ανάδειξη τυχόν μεταβολών που οφείλονται τόσο στη φυσιολογική ανάπτυξη του σκελετού, όσο και στην επίδραση της προπόνησης σε κάθε ηλικιακή ομάδα. Το ποσοστό ασυμμετρίας υπολογίστηκε στην αρχική μέτρηση από τη διαφορά μεταξύ κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου χεριού και η μεταβολή του μετά από 9 μήνες φάνηκε από τη διαφορά στα ποσοστά ασυμμετρίας που προέκυψαν (αρχική μέτρηση - επαναμέτρηση).

3.3. Μετρήσιμες ιδιότητες

Οι μεταβλητές της μελέτης με τη διαδικασία της μεθόδου DXA τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη-κυρίαρχο χέρι και πόδι ήταν:

1. Μετρήσεις οστικής περιεκτικότητας:

BMC: Bone Mineral Content, με μονάδα μέτρησης το γραμμάριο (g) και αφορά το περιεχόμενο των οστών σε ανόργανα άλατα και ορίζεται ως η ποσότητα φωσφορικού ασβεστίου στο οστό.

Οστική επιφάνεια (Bone area): με μονάδα μέτρησης τα cm^2 , που αφορά

την συνολική οστική επιφάνεια του σκελετού.

BMD: Bone Mineral Density, με μονάδα μέτρησης τα g/cm^2 , που αφορά την οστική πυκνότητα του οστού και ορίζεται ως η σχετική ποσότητα BMC ανά μονάδα σκελετικής επιφάνειας.

2. Άλιπη σωματική μάζα:

Lean Body Mass: άλιπη σωματική μάζα, με μονάδα μέτρησης το χιλιόγραμμο (kg), και αφορά όλα τα υπόλοιπα άλιπα χημικά στοιχεία και ιστούς συμπεριλαμβάνοντας το νερό, τους μυς και το συνδετικό ιστό των οστών. Αποτελεί μια αξιόπιστη διαδικασία υπολογισμού της μυϊκής μάζας (Kim, Shen, Gallagher, Jones, Wang, Wang, ... & Heymsfield, 2006; Kim, Wang, Heymsfield, Baumgartner, & Gallagher, 2002).

3. Μετρήσεις δύναμης: Μέγιστη δύναμη χειρολαβής: εκφράζεται σε kg, και αφορά τη δύναμη χειρολαβής.
4. Ανθρωπομετρικές μετρήσεις: ύψος (cm), βάρος (kg) και καθιστό ύψος (cm).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ρυθμός ανάπτυξης κατά την παιδική και εφηβική ηλικία παρουσιάζει υψηλή μεταβλητότητα (Bass, Delmas, Pearce, Hendrich, Tabensky, & Seeman, 1999), το επίπεδο ωρίμανσης θα πρέπει να προσδιορίζεται σε κάθε μελέτη κατά την αναπτυξιακή ηλικία (Baxter-Jones et al., 2011; Duckham, Hawley, Rodda, Rantalainen, & Hesketh, 2021; Gómez-Bruton, Matute-Llorente, González-Agüero, Casajús, & Vicente-Rodríguez, 2017; Malina et al., 2006). Με βάση τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των παιδιών υπολογίστηκαν: 1) η ηλικία επίτευξης της μέγιστης ταχύτητας ανάπτυξης του ύψους (APHV) και 2) τα χρόνια που

απέχει ή προηγείται (χρονολογική ηλικία - APHV) το παιδί από την ηλικία επίτευξης της PHV (Maturity Offset, MO). Ο δείκτης πρόβλεψης των ετών πριν ή μετά την APHV (MO) χρησιμοποιείται πολύ συχνά στον χώρο του αθλητισμού ως δείκτης σωματικής ωρίμανσης (Kozziel & Malina, 2018).

Εκτός από τις μετρήσιμες ιδιότητες τα παιδιά με την βοήθεια προπονητών και γονέων συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο σχετικό με την ηλικία έναρξης προπόνησης, την τρέχουσα προπονητική συχνότητα (ώρες/εβδ), τα συνολικά χρόνια προπόνησης, τη μέση διάρκεια προπόνησης (λεπτά), την εκτέλεση backhand με ένα ή δύο χέρια, το χρώμα μπάλας που προπονούνται, την εμφάνιση τραυματισμών, καθώς και εάν πάσχουν από κάποια χρόνια πάθηση (Παρ. Γ, σελ.92). Επίσης, τα παιδιά συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο σχετικό με τη γενικότερη φυσική δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο τους που δεν παρουσιάζει περιοδικότητα και δεν εντάσσεται σε κάποιο συστηματικό πρόγραμμα (Παρ. Γ, σελ.92). Για τον υπολογισμό της γενικής φυσικής δραστηριότητας χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο Leisure-Time Exercise Questionnaire (Shephard, 1997). Τα παιδιά απάντησαν στην εξής ερώτηση: «Λαμβάνοντας υπόψη, μία περίοδο 7-ημερών (μία εβδομάδα), πόσες φορές κατά μέσο όρο συμμετέχεις στα παρακάτω είδη άσκησης για περισσότερο από 15 λεπτά, κατά την διάρκεια του ελεύθερου χρόνου σου;» Οι κατηγορίες που δίνονται είναι: «Έντονη άσκηση - η καρδιά χτυπά γρήγορα, μέτρια άσκηση - όχι εξαντλητική, ήπια άσκηση - μικρή προσπάθεια. Ο συνολικός δείκτης άσκησης είναι το άθροισμα του αριθμού των δραστηριοτήτων που πραγματοποιήθηκαν ανά κατηγορία,

πολλαπλασιασμένα με τους αντίστοιχους μέσους όρους της τιμής του ενεργειακού κόστους (π.χ. έντονη ένταση X 9, μέτρια ένταση X 5 και χαμηλή ένταση X 3). Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της μεθόδου έχει τεκμηριωθεί από σχετικές έρευνες (Godin & Shephard, 1985; Kriska & Caspersen, 1997).

Τέλος, το στάδιο σεξουαλικής ωρίμανσης των παιδιών προσδιορίστηκε από τους γονείς τους με βάση την κλίμακα Tanner πέντε σταδίων, που μετρά την ανάπτυξη του στήθους και την ηβική τριχοφυΐα (Marshall & Tanner, 1969, 1970; Rasmussen, Wohlfahrt-Veje, Tefre de Renzy-Martin, Hagen, Tinggaard, Mouritsen, ... & Main, 2015; Tanner, 1962) (Παρ. Γ, σελ.92).

3.4. Όργανα και μετρήσεις

Για την αξιολόγηση του σωματικού βάρους, ύψους και καθιστού ύψους χρησιμοποιήθηκε μια ζυγαριά με ενσωματωμένο αναστημόμετρο. Τα παιδιά μετρήθηκαν χωρίς παπούτσια, φορώντας ελαφριά ρούχα. Για την αξιολόγηση των οστικών παραμέτρων του κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου άνω και κάτω άκρου: οστική επιφάνεια (BA), οστική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (BMC), οστική πυκνότητα (BMD), καθώς και για την άλιπη σωματική μάζα, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της απορροφησιομετρίας ακτινών-X διπλής ενέργειας DXA (model Lunar Prodigy; software Encore 2006, version 10.51.06). Η τεχνική αυτή αποτελεί την πιο δημοφιλή και αξιόπιστη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της σύστασης του σώματος (Kim et al., 2002, 2006) από την πρώιμη παιδική ηλικία μέχρι την ενηλικίωση (Malina et al., 2004). Επίσης, η μέθοδος αυτή αποτελεί την καταλληλότερη τεχνική για τη μελέτη της δομής των οστών σε παιδιά, λόγω

της αμελητέας ακτινοβολίας και του μικρού χρόνου που απαιτείται για την εκτέλεση των σαρώσεων (Bailey et al., 1999). Πριν από κάθε ημερήσια διεξαγωγή των μετρήσεων γινόταν βαθμονόμηση του DXA με βάση προβλεπόμενο πρωτόκολλο. Σε κάθε σάρωση το εξεταζόμενο παιδί βρισκόταν ακίνητο σε ύπτια θέση για 3-4 λεπτά. Για τον προσδιορισμό του BMC, του BA και της άλιπης σωματικής μάζας κάθε άκρου χρησιμοποιήθηκε η περιφερειακή ανάλυση (Sanchis-Moysi et al., 2010a,b), απομονώνοντας την εξεταζόμενη περιοχή του σώματος με μια κεκλιμένη γραμμή που διασχίζει την άρθρωση του ώμου και του ισχίου αντίστοιχα (Calbet, Dorado, Diaz-Herrera, & Rodriguez-Rodriguez, 2001; Ducher et al., 2009; Sanchis-Moysi et al., 2010a,b). Έγινε έλεγχος αξιοπιστίας από τον ίδιο εξεταστή στη διαδικασία οριοθέτησης των άνω και των κάτω άκρων σε 15 σαρώσεις δύο φορές (test-retest) (Παρ. Δ, Πίν.4.1, σελ.95). Παρήχθησαν δείκτες αξιοπιστίας για τις τρεις βασικές παραμέτρους του DXA (Παρ. Δ, Πίν.4.2-4.4, σελ.96-98). Η αξιοπιστία ήταν πολύ υψηλή και στις τρεις παραμέτρους: BMC (ICC = 0,998 - 0,999 & %SEM = 0.8% - 1.3%), BA (ICC = 0,995 - 0,999 & %SEM = 0.6% - 1.2%), και ΑΣΜ (ICC = 0,985 - 0,999 & %SEM = 1.1% - 3.1%). Η συνολική επιφάνεια των οστών του άνω ή κάτω άκρου υπολογίστηκε ως η συνολική περιοχή που προβάλλεται για κάθε σαρωμένο άκρο στο προσθιο-οπίσθιο επίπεδο (Warner, Cowan, Dunstan, Evans, Webb, & Gregory, 1998).

Για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης χειρολαβής χρησιμοποιήθηκε ένα βαθμονομημένο υδραυλικό χειροκίνητο δυναμόμετρο (Jamar). Τα παιδιά ήταν καθισμένα σε μια καρέκλα με τον αγκώνα λυγισμένο στις 90° και

το αντιβράχιο σε ουδέτερη θέση. Μετά από σαφείς οδηγίες και αφού εξοικειώθηκαν με το όργανο μέτρησης έκαναν μία δοκιμαστική προσπάθεια με το κάθε χέρι, προκειμένου να προσαρμοστεί η λαβή στο μέγεθος του χεριού (το μέγεθος λαβής κυμάνθηκε από 2 έως 4). Στη συνέχεια, πραγματοποίησαν τρεις μέγιστες προσπάθειες με το δεξί και τρεις με το αριστερό χέρι εναλλάξ, με 30 δευτερόλεπτα ανάπαυση μεταξύ των προσπαθειών. Η μέση τιμή των τριών μετρήσεων για κάθε χέρι συμπεριλήφθηκε ως επίδοση σε αυτή τη δοκιμασία. Έγινε έλεγχος αξιοπιστίας (test-retest-retest) της δύναμης χειρολαβής (αρχικά δεδομένα Παρ.Δ. Πίν.4.5, σελ.97) για κάθε φάση (PPIN-META) και για κάθε χέρι (K-MK) ξεχωριστά και τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ υψηλή αξιοπιστία (Cronbach's $\alpha = 0,973 - 0,981$, ICC = $0,89 - 0,93$ & %SEM = $5,4\% - 6,30\%$.) (Παρ. Δ, Πίν.4.6, σελ.98).

Για τον υπολογισμό του ποσοστού ασυμμετρίας χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης: $\Delta\% = (Κυρίαρχο-μη\ κυρίαρχο/μη\ κυρίαρχο) \times 100$, ο οποίος χρησιμοποιείται στις περισσότερες μελέτες σε παγκόσμιο επίπεδο πάνω σε αυτόν τον τομέα (Ducher et al., 2009, 2011; Ireland et al., 2013; Sanchis-Moysi et al., 2010b).

3.5. Διαδικασία συλλογής δεδομένων και μετρήσεων

Η συλλογή των δεδομένων ακολούθησε την εξής σειρά:

- 1) Τα παιδιά ενημερώθηκαν για τις διαδικασίες της έρευνας και οι γονείς τους υπέγραψαν ότι συναινούν να συμμετάσχουν τα παιδιά τους.
- 2) Λεπτομερής ενημέρωση και εξοικείωση με τα όργανα μέτρησης.

- 3) Τα παιδιά με τη βοήθεια προπονητών και γονέων συμπλήρωσαν τα προσωπικά τους στοιχεία και απάντησαν στα ερωτηματολόγια σχετικά με την προπονητική τους ιστορία και τυχόν τραυματισμούς.

- 4) Πραγματοποίησαν μετρήσεις σωματικού βάρους, αναστήματος και καθιστού ύψους.

- 5) Οι δοκιμαζόμενοι αφού εξοικειώθηκαν με το χειροδυναμόμετρο, εκτέλεσαν τρεις μέγιστες προσπάθειες με το κάθε χέρι.

- 6) Τα παιδιά αφού ενημερώθηκαν για τον τρόπο που πρέπει να τοποθετηθούν πάνω στο μηχάνημα και να παραμείνουν σε πλήρη ακινησία για όσο διαρκέσει η διαδικασία ξεκίνησαν την μέτρηση ακολουθώντας τα εξής βήματα: α) άνοιγμα ατομικού φακέλου για κάθε αθλητή στο πρόγραμμα του υπολογιστή που κατέγραφε τη μέτρηση, β) τοποθέτηση του αθλητή στο μηχάνημα σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, γ) οδηγίες για τη διαδικασία της μέτρησης, δ) έναρξη διαδικασίας μέτρησης από τον ερευνητή.

Οι μετρήσεις που αφορούσαν τη χρήση του DXA πραγματοποιήθηκαν στο Κέντρο Αποκατάστασης και Αποθεραπείας «Φιλοκτήτης» στο Κορωπί, ενώ οι μυοδυναμικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Αθλητικής Φυσικοθεραπείας του ΣΕΦΑΑ Αθηνών.

3.6. Στατιστική ανάλυση

Αρχικά υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση και διαστήματα εμπιστοσύνης 95% CI) καθώς και το μέγεθος επίδρασης (Hedges' g , η^2 και ω^2) για τις εξαρτημένες μεταβλητές της

μελέτης. Οι ασυμμετρίες εκφράστηκαν σε απόλυτες (K-MK) και ποσοστιαίες ασυμμετρίας (%Ασυμ.) και μετετράπηκαν σε μεγέθη επίδρασης Hedges' g (1982). Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διασποράς για ανεξάρτητα δείγματα (One-way ANOVA) με μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni, για να ελεγχθεί εάν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε κάθε άκρο μεταξύ των τεσσάρων ομάδων και στις δύο χρονικές φάσεις ξεχωριστά. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις για επαναληπτικές μετρήσεις (repeated-measures t-tests) με διόρθωση Bonferroni τόσο στο σύνολο του δείγματος όσο και σε κάθε ομάδα ξεχωριστά, για να ελεγχθεί εάν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μέσα στο χρονικό διάστημα των 9 μηνών. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (multiple linear regression) μόνο για τις εξαρτημένες μεταβλητές οστική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (BMC) και οστική επιφάνεια (BA) κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου χεριού και ασυμμετριών,

προκειμένου να διερευνηθεί ο βέλτιστος γραμμικός συνδυασμός της σωματικής και σεξουαλικής ωρίμανσης, της συνολικής προπονητικής διάρκειας και της γενικής φυσικής δραστηριότητας στην ερμηνεία της γενικής ανάπτυξης και των ασυμμετριών τόσο στις αρχικές όσο και στις τελικές μετρήσεις. Τέλος, πραγματοποιήθηκε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τη μεταβολή του BMC και BA στο 9-μηνο για το κυρίαρχο και μη κυρίαρχο χέρι, με ανεξάρτητες την μεταβολή στην ηλικία επίτευξης της PHV και την απόσταση από αυτήν (Maturity offset), στην σεξουαλική ωρίμανση, στις συνολικές ώρες προπόνησης και στη γενική φυσική δραστηριότητα. Οι αναλύσεις έγιναν με βάση τις παραδοχές του γενικού γραμμικού μοντέλου (γραμμικότητα, ομοσκεδαστικότητα, ανεξαρτησία των υπολοίπων, μη-συγγραμμικότητα), οι οποίες ελέγχθηκαν και βρέθηκαν σε ικανοποιητικό επίπεδο. Για όλες τις στατιστικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 26.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα παρατίθενται και περιγράφονται συνοπτικά στα υποκεφάλαια:

4.1. Ανθρωπομετρική και προπονητική κατατομή,

4.2. Οστικά και μυϊκά χαρακτηριστικά άνω άκρων,

4.3. Οστικά και μυϊκά χαρακτηριστικά κάτω άκρων,

4.4. Οστικές και μυο-δυναμικές ασυμμετρίες,

4.5. Παλινδρόμηση ανάπτυξης και ασυμμετριών άνω άκρων,

4.6. Παλινδρόμηση 9-μηνιαίας μεταβολής άνω άκρων.

4.1. Ανθρωπομετρική και προπονητική κατατομή

Στον Πίνακα 4.1.1 δίνονται τα σωματομετρικά στατιστικά (ατομικές τιμές στο Παρ. Ε, Πίν.5.1 & 5.2, σελ. 99-100). Στην αρχική αξιολόγηση η ηλικία κυμάνθηκε από 7,5 έως 13 χρόνια. Στο δείγμα συμμετείχαν 25 αγόρια και 21 κορίτσια, εκ των οποίων 3 κορίτσια και 1 αγόρι ήταν αριστερόχειρες. Στο 9-μηνο το ύψος αυξήθηκε από 125-155 cm σε 137-166 cm, και το βάρος από 26-50 kg σε 36-59 kg, με τη μέγιστη αύξηση στα 5,5 kg για την 4η ομάδα.

Η ηλικία του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης του ύψους (APHV) δεν διαφοροποιήθηκε στο 9-μηνο, ενώ η ηλικιακή απόσταση από την APHV (maturity offset) μειώθηκε. Η σεξουαλική ωρίμανση (Tanner) αρχικά ήταν στάδιο I για 29 παιδιά, II για 9, III

για 6 και IV για 2 παιδιά. Μετά το 9-μηνο, 17 παιδιά παρέμειναν στο στάδιο I, 13 πέρασαν στο II και 1 παρέμεινε στο ίδιο (14 συνολικά), 7 πέρασαν από το II στο III, 6 πέρασαν από το III στο IV και 2 παιδιά παρέμειναν στο ίδιο στάδιο.

Στον Πίνακα 4.1.2 δίνονται τα στατιστικά της προπονητικής κατατομής. Οι εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης παρέμειναν σταθερές στο 9-μηνο (4-12,5), με τη μόνη αύξηση (~1 ώρα) να σημειώνεται στην 2η ομάδα. Αντίθετα, οι συνολικές ώρες προπόνησης παρουσίασαν αύξηση, κατά 129 στην 1η ομάδα, κατά 186 στην 2η ομάδα, και κατά ~230 στην 3η και 4η ομάδα. Αντίστοιχα, η γενική φυσική δραστηριότητα δεν παρουσίασε ιδιαίτερες μεταβολές στις τρεις πρώτες ομάδες, ενώ η 4η παρουσίασε μείωση 10 μονάδες.

Στον Πίνακα 4.1.3 δίνονται τα στατιστικά της σύστασης σώματος (αρχικά δεδομένα στο Παρ. Ε, Πίν.5.3, σελ. 101). Η ανάπτυξη των παιδιών παρουσίασε βελτίωση σε όλους τους δείκτες μέσα στο 9-μηνο. Το BMC παρουσίασε αύξηση 136 g και 119 g στις δύο πρώτες ομάδες, και 195 g και 213 g στις δύο τελευταίες ομάδες. Όμοια, το BA αυξήθηκε 103 cm² και 98 cm² στην 1η και 2η ομάδα, και 144 cm² και 164 cm² στην 3η και 4η ομάδα. Η άλιπη σωματική μάζα παρουσίασε μικρότερη αύξηση στις δύο πρώτες ομάδες (2,09 kg στην 1η και 1,86 kg στη 2η) και σχεδόν διπλάσια στις δύο τελευταίες (3,6 kg στην 3η και 3,77 kg στην 4η). Το ποσοστό σωματικού λίπους αυξήθηκε ελαφρώς σε όλες τις ομάδες κατά περίπου 1-2 εκατοστιαίες μονάδες.

Πίνακας 4.1.1. Ανθρωπομετρική κατατομή ($M \pm SD$, 95%CI).

ΟΜΑΔΑ	1η		2η		3η		4η	
N	10		12		15		9	
Φύλο (Α/Κ)	5/5		9/3		7/8		4/5	
Χέρι (Δ/Α)	9/1		12/0		14/1		7/2	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
Ηλικία (έτη)	8,2 ± 0,4 (7,0 – 8,5)	9,0 ± 0,4 (8,7 – 9,3)	9,5 ± 0,1 (9,4 – 9,5)	10,3 ± 0,2 (10,2– 10,4)	10,5 ± 0,3 (10,4– 10,7)	11,4 ± 0,3 (11,2– 11,6)	12,3 ± 0,6 (11,8 – 12,7)	13,1 ± 0,6 (12,6 – 13,5)
Ύψος (cm)	131,8 ± 7,0 (126,8 – 136,8)	136,8 ± 7,3 (131,5 – 142,0)	134,8 ± 5,3 (131,5 – 138,2)	139,2 ± 5,7 (135,6 – 142,9)	144,1 ± 6,5 (140,5 – 147,7)	149,9 ± 7,6 (145,7 – 154,2)	156,3 ± 7,7 (150,4 – 162,2)	160,9 ± 6,9 (155,1 – 166,3)
Βάρος (kg)	31,4 ± 7,0 (26,4 – 36,4)	35,2 ± 7,5 (29,8 – 40,6)	32,5 ± 3,6 (30,2 – 34,8)	35,2 ± 4,0 (32,7 – 37,7)	36,1 ± 4,6 (33,5 – 38,7)	39,7 ± 5,6 (36,6 – 42,8)	48,9 ± 6,5 (44,0 – 53,9)	54,4 ± 5,5 (50,2 – 58,6)
ΑΡΗV (έτη)	11,8 ± 0,5 (11,5 – 12,2)	12,0 ± 0,6 (11,5 – 12,4)	12,8 ±0,6 (12,4 – 13,2)	13,0 ± 0,7 (12,6 – 13,5)	12,5 ± 0,8 (12,0 – 12,9)	12,6 ± 0,9 (12,1 – 13,2)	12,6 ± 1,3 (11,7 – 13,6)	12,7 ± 1,2 (11,8 – 13,6)
Maturity Offset (έτη)	-3,6 ± 0,8 (-4,1 – -3,0)	-3,0 ± 0,7 (-3,5 – -2,5)	-3,2 ± 0,6 (-3,6 – -2,9)	-2,7 ± 0,6 (-3,1 – -2,3)	-1,9 ± 0,9 (-2,4 – -1,4)	-1,2 ± 1,1 (-1,8 – 0,6)	-0,4 ± 1,3 (-1,4 – 0,7)	0,4 ± 1,3 (-0,6 – 1,4)
TANNER								
I	10	7	11	8	7	2	1	0
II	0	3	1	3	7	7	1	1
III	0	0	0	1	1	5	5	1
IV	0	0	0	0	0	1	2	7
V	-	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.1.2. Προπονητική κατατομή ($M \pm SD$, 95%CI).

ΟΜΑΔ Α	1η		2η		3η		4η	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α
Ηλικία έναρξης	5,4 ± 1,4 (4,4 – 6,3)		4,8 ± 0,7 (4,3 – 5,2)		4,7 ± 1,2 (4,1 – 5,4)		5,6 ± 1,2 (4,8 – 6,4)	
Έτη	3,13 ± 0,90 (2,49 – 3,77)	4,03 ± 0,90 (3,39 – 4,67)	4,68 ± 0,92 (4,09 – 5,26)	5,58 ± 0,92 (4,99 – 6,16)	5,33 ± 1,27 (4,63 – 6,04)	6,23 ± 1,27 (5,53 – 6,94)	5,89 ± 1,39 (4,82 – 6,96)	6,79 ± 1,39 (5,72 – 7,86)
Ωρες / Εβδ.	4,90 ± 0,46 (4,57 – 5,23)	5,45 ± 1,23 (4,57 – 6,33)	6,13 ± 0,43 (5,85 – 6,40)	7,25 ± 0,89 (6,68 – 7,82)	7,97 ± 2,09 (6,81 – 9,12)	8,10 ± 1,92 (7,04 – 9,16)	8,17 ± 1,62 (6,92 – 9,41)	8,28 ± 1,50 (7,12 – 9,43)
Ωρες Συνολι κά	362 ± 124 (274 – 451)	492 ± 140 (382 – 592)	553 ± 110 (483 – 623)	740 ± 117 (665 – 814)	682 ± 200 (571 – 792)	903 ± 241 (770 – 1037)	987 ± 297 (759 – 1216)	1221 ± 304 (987 – 1454)
* Φυσική Δραστη ρ.	35,3 ± 23,2 (18,7 – 51,9)	32,7 ± 20,5 (18,0 – 47,4)	48,2 ± 24,6 (32,5 – 63,8)	49,3 ± 21,7 (35,6 – 63,1)	39,7 ± 26,9 (24,8 – 54,6)	39,9 ± 26,2 (25,4 – 54,4)	45,8 ± 8,6 (39,2 – 52,4)	35,1 ± 20,9 (19,1 – 51,1)

* Ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας Godin-Shephard.

Πίνακας 4.1.3. Σύσταση σώματος (Mean ± SD, 95%CI).

ΟΜΑΔΑ	1η		2η		3η		4η	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
BMC (g)	1072 ± 185	1207 ± 198	1134 ± 143	1254 ± 145	1340 ± 140	1535 ± 199	1844 ± 268	2057 ± 266
	(939 – 1204)	(1066 – 1349)	(1043 – 1226)	(1161 – 1346)	(1263 – 1418)	(1425 – 1645)	(1638 – 2049)	(1852 – 2261)
	1197 ± 154	1300 ± 173	1258 ± 107	1357 ± 106	1432 ± 125	1575 ± 161	1751 ± 185	1916 ± 163
BA (cm ²)	(1087 – 1308)	(1177 – 1424)	(1190 – 1326)	(1289 – 1424)	(1363 – 1501)	(1486 – 1664)	(1609 – 1894)	(1791 – 2041)
	BMD (g/cm ²)	0,892 ± 0,044	0,922 ± 0,045	0,903 ± 0,034	0,922 ± 0,041	0,936 ± 0,043	0,973 ± 0,045	1,049 ± 0,061
	(0,861 – 0,924)	(0,889 – 0,954)	(0,882 – 0,925)	(0,896 – 0,948)	(0,912 – 0,960)	(0,948 – 0,998)	(1,002 – 1,096)	(1,022 – 1,119)
	Αλιπη Σωματική Μάζα (kg)	21,5 ± 3,4	23,6 ± 3,8	23,7 ± 2,4	25,6 ± 2,7	26,7 ± 3,5	30,3 ± 4,7	35,0 ± 5,0
	(19,1 – 24,0)	(20,9 – 26,3)	(22,2 – 25,3)	(23,9 – 27,3)	(24,8 – 28,7)	(27,7 – 32,9)	(31,2 – 38,9)	(34,9 – 42,7)
	Σωματικό Λίπος (%)	26,9 ± 7,9	28,9 ± 7,2	22,9 ± 4,1	24,2 ± 4,6	21,5 ± 6,7	20,2 ± 6,3	25,5 ± 7,5
	(21,3 – 32,6)	(23,7 – 34,0)	(20,31 – 25,6)	(21,2 – 27,1)	(17,8 – 25,2)	(16,7 – 23,7)	(19,7 – 31,3)	(22,0 – 31,1)

4.2. Οστικά και μυϊκά χαρακτηριστικά άνω άκρων

Στους Πίνακες 4.2.1 έως 4.2.4 δίνονται τα στατιστικά των οστικών και μυϊκών δεικτών (αρχικά δεδομένα στο Παρ. Ε, Πίν.5.4 & Παρ. Δ, Πίν.4.5). Το κυρίαρχο χέρι παρουσίασε υπεροχή σε σχέση με το μη-κυρίαρχο σε όλους τους δείκτες, στις 4 ομάδες και στις δύο μετρήσεις. Μεταξύ των 4 ομάδων (Πίν.4.2.1) υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο BMC για κάθε χέρι και μέτρηση ($p < 0,001$, $\eta^2 \approx 72-80\%$). Οι μετά-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές κατά ζεύγη διαφορές στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο χέρι πριν και μετά το 9-μηνο ($p < 0,030$), με εξαίρεση την 1η με την 2η ομάδα ($p = 1,00$, Παρ. Ε, Πίν.5.5, σελ. 103). Η εξέλιξη του BMC μεταξύ των 4 ηλικιακών ομάδων ήταν ελαφρώς εκθετική για κάθε χέρι και μέτρηση. Επίσης, ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,005$) έδειξε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές (Δ) στο BMC κάθε χεριού (εκτός από το MK της 4ης ομάδας, $p = 0,018$) μέσα στο 9-μηνο για κάθε ομάδα και στο σύνολο.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.2.2, υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην οστική επιφάνεια μεταξύ των 4 ομάδων για κάθε χέρι και μέτρηση ($p < 0,001$, $\eta^2 \approx 69 - 77\%$). Οι μετά-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές κατά ζεύγη διαφορές στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο χέρι πριν και μετά το 9-μηνο ($p < 0,038$), με εξαίρεση το μη-κυρίαρχο χέρι της 2ης ομάδας με την 1η ($p = 1,00$) και την 3η στις τελικές μετρήσεις ($p = 0,57$, Παρ. Ε, Πίν.5.6, σελ. 105). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,005$) έδειξε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στο BA κάθε χεριού σε

κάθε ομάδα (εκτός από το MK χέρι της 4ης ομάδας, $p = 0,006$) και συνολικά μέσα στο 9-μηνο. Επίσης, οι μεταβολές του BMD παρατίθενται στο Παράρτημα Ε (Πίν.5.7.1 & 5.7.2, σελ. 107-109).

Στον Πίνακα 4.2.3 δίνονται τα στατιστικά για την άλιπη σωματική μάζα. Μεταξύ των 4 ομάδων υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές για κάθε χέρι και μέτρηση ($p < 0,001$, $\eta^2 \approx 64 - 70\%$). Οι μετά-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές κατά ζεύγη διαφορές μεταξύ της 4ης ομάδας και των υπολοίπων ($p < 0,001$), και της 1ης με την 3η σε όλες τις μετρήσεις ($p < 0,028$, Παρ. Ε, Πίν.5.8, σελ. 110). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,005$) έδειξε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στην άλιπη σωματική μάζα κάθε χεριού σε κάθε ομάδα (εκτός από το MK χέρι της 4ης ομάδας, $p = 0,005$) και συνολικά μέσα στο 9-μηνο.

Ως προς τη δύναμη χειρολαβής τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 4ων ομάδων για κάθε χέρι και μέτρηση ($p < 0,001$, $\eta^2 \approx 58 - 69\%$). Οι μετά-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές της 1ης ομάδας με την 3η ($p < 0,006$) και της 4ης με όλες τις υπόλοιπες και στις δύο μετρήσεις ($p < 0,023$, Παρ. Ε, Πίν.5.9, σελ. 112). Επίσης, στατιστικώς σημαντική ήταν η διαφορά μεταξύ της 1ης και της 2ης ομάδας στο MK χέρι στις αρχικές μετρήσεις ($p = 0,042$). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,005$) έδειξε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στη δύναμη χειρολαβής για το K και MK χέρι της 3ης ομάδας, για το K της 2ης ομάδας και στο σύνολο.

Πίνακας 4.2.1. BMC ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜ ΑΔΑ	Χέρι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K	52,93 ± 11,77 ^{#1} (44,51 – 61,35)	59,71 ± 11,83 ^{#3} (51,25 – 68,17)	6,78 ± 2,47 (5,01 – 8,55)	12,8	<0,001	0,57
	MK	48,06 ± 11,79 ^{#2} (39,62 – 56,50)	54,72 ± 11,59 ^{#4} (46,43 – 63,01)	6,66 ± 2,39 (4,95 – 8,37)	13,9	<0,001	0,57
2η	K	58,44 ± 10,44 (51,81 – 65,08)	66,68 ± 11,27 (59,51 – 73,84)	8,23 ± 3,16 (6,22 – 0,24)	14,1	<0,001	0,76
	MK	48,80 ± 8,63 (43,32 – 54,28)	55,33 ± 9,30 (49,42 – 61,24)	6,53 ± 2,62 (4,86 – 8,19)	13,4	<0,001	0,83
3η	K	71,55 ± 5,34 (68,59 – 74,50)	86,00 ± 9,91 (80,51 – 91,49)	14,45 ± 6,95 (10,60 – 8,30)	20,2	<0,001	1,82
	MK	61,18 ± 5,06 (58,38 – 63,98)	69,54 ± 10,88 (63,51 – 75,57)	8,36 ± 7,42 (4,25 – 12,47)	13,7	<0,001	0,99
4η	K	113,92 ± 18,18 (99,95 – 127,90)	126,49 ± 19,01 (111,88 – 141,10)	12,57 ± 6,98 (7,20 – 17,93)	11,0	<0,001	0,68
	MK	94,69 ± 16,25 (82,20 – 107,18)	103,83 ± 16,28 (91,32 – 116,35)	9,14 ± 9,21 (2,07 – 16,22)	9,7	0,018	0,56
Σύνολο	K	72,37 ± 24,56 (65,08 – 79,67)	83,17 ± 26,96 (75,16 – 91,17)	10,79 ± 6,15 (8,97 – 12,62)	14,9	<0,001	0,42
	MK	61,65 ± 20,11 (55,68 – 67,63)	69,32 ± 21,68 (62,88 – 75,76)	7,67 ± 6,02 (5,88 – 9,45)	12,4	<0,001	0,37

^{#1} $F_{K_BMC_ΠΡΙΝ}$: $F = 55,24$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,798$, $\omega^2 = 0,780$. ^{#2} $F_{MK_BMC_ΠΡΙΝ}$: $F = 42,10$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,750$, $\omega^2 = 0,728$. ^{#3} $F_{K_BMC_ΜΕΤΑ}$: $F = 52,13$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,788$, $\omega^2 = 0,769$. ^{#4} $F_{MK_BMC_ΜΕΤΑ}$: $F = 35,84$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,719$, $\omega^2 = 0,694$. * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005$.

Πίνακας 4.2.2. Οστική επιφάνεια ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑ ΔΑ	Χέρι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K	81,30 ± 16,53 ^{#1} (69,48 – 93,12)	89,60 ± 17,40 ^{#3} (77,15 – 102,05)	8,30 ± 5,14 (4,62 – 11,98)	10,2	<0,001	0,49
	MK	76,20 ± 17,62 ^{#2} (63,60 – 88,80)	83,40 ± 17,87 ^{#4} (70,62 – 96,18)	7,20 ± 2,35 (5,52 – 8,88)	9,5	<0,001	0,41
2η	K	88,25 ± 11,20 (81,13 – 95,37)	97,42 ± 10,88 (90,51 – 104,33)	9,17 ± 3,79 (6,76 – 11,57)	10,4	<0,001	0,97
	MK	78,92 ± 8,36 (73,61 – 84,23)	87,42 ± 9,20 (81,57 – 93,26)	8,50 ± 3,21 (6,46 – 10,54)	10,8	<0,001	0,55
3η	K	103,47 ± 5,66 (100,3 – 106,6)	119,07 ± 10,12 (113,5 – 124,7)	15,60 ± 7,28 (11,57 – 19,63)	15,1	<0,001	1,90
	MK	92,93 ± 6,17 (89,52 – 96,35)	102,80 ± 13,99 (95,06 – 110,54)	9,87 ± 9,43 (4,64 – 15,09)	10,6	0,001	0,91
4η	K	142,22 ± 16,66 (129,2 – 155,0)	155,78 ± 17,87 (142,0 – 169,5)	13,56 ± 7,80 (7,56 – 19,55)	9,5	<0,001	0,78
	MK	129,11 ± 17,88 (115,4 – 142,9)	140,89 ± 17,41 (127,5 – 154,3)	11,78 ± 9,58 (4,42 – 19,14)	9,1	0,006	0,67
Σύνολο	K	102,26 ± 24,79 (94,90 – 109,6)	114,20 ± 27,23 (106,1 – 122,3)	11,93 ± 6,79 (9,92 – 13,95)	11,7	<0,001	0,46
	MK	92,72 ± 22,89 (85,92 – 99,52)	102,02 ± 25,21 (94,54 – 109,51)	9,30 ± 7,08 (7,20 – 11,41)	10,0	<0,001	0,39

^{#1} $F_{D_BA_PRE}$: $F = 45,50$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,765$, $\omega^2 = 0,744$. ^{#2} $F_{ND_BA_PRE}$: $F = 35,64$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,718$, $\omega^2 = 0,693$. ^{#3} $F_{D_BA_POST}$: $F = 44,28$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,760$, $\omega^2 = 0,738$. ^{#4} $F_{ND_BA_POST}$: $F = 30,63$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,686$, $\omega^2 = 0,659$. * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005$.

Πίνακας 4.2.3. Άλιπη σωματική μάζα ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑΔΑ	Χέρι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K	1,09 ± 0,21 ^{#1} (0,94 – 1,27)	1,16 ± 0,23 ^{#3} (1,00 – 1,32)	0,07 ± 0,05 (0,04 -0,11)	6,8	<0,001	0,34
	MK	1,04 ± 0,21 ^{#2} (0,89 – 1,19)	1,13 ± 0,23 ^{#4} (0,96 – 1,29)	0,09 ± 0,06 (0,04 -0,03)	8,5	0,001	0,40
2η	K	1,22 ± 0,15 (1,13 – 1,32)	1,30 ± 0,18 (1,18 – 1,41)	0,07 ± 0,06 (0,03 – 0,11)	6,1	0,002	0,45
	MK	1,10 ± 0,13 (1,01 – 1,18)	1,19 ± 0,16 (1,08 – 1,29)	0,09 ± 0,07 (0,04 – 0,14)	8,1	0,001	0,60
3η	K	1,35 ± 0,17 (1,25 – 1,44)	1,53 ± 0,23 (1,40 – 1,66)	0,18 ± 0,11 (0,12 – 0,24)	13,5	<0,001	0,90
	MK	1,26 ± 0,14 (1,18 – 1,34)	1,41 ± 0,22 (1,28 – 1,53)	0,15 ± 0,12 (0,09 – 0,21)	11,8	<0,001	0,80
4η	K	1,87 ± 0,27 (1,66 – 2,07)	2,12 ± 0,27 (1,91 – 2,32)	0,25 ± 0,16 (0,12 – 0,37)	13,4	0,002	0,92
	MK	1,70 ± 0,24 (1,51 – 1,89)	1,93 ± 0,30 (1,70 – 2,15)	0,23 ± 0,18 (0,09 – 0,36)	13,5	0,005	0,84
Σύνολο	K	1,36 ± 0,33 (1,26 – 1,46)	1,50 ± 0,40 (1,38 – 1,62)	0,14 ± 0,12 (0,11 -0,18)	10,6	<0,001	0,39
	MK	1,26 ± 0,29 (1,17 – 1,34)	1,39 ± 0,36 (1,28 – 1,50)	0,14 ± 0,12 (0,10 – 0,17)	10,8	<0,001	0,41

^{#1} $F_{D_LEAN_MASS_PRE} : F = 28,93, p = 0,000, \eta^2 = 0,674, \omega^2 = 0,646.$ ^{#2} $F_{ND_LEAN_MASS_PRE} : F = 26,54, p = 0,000, \eta^2 = 0,655, \omega^2 = 0,625.$ ^{#3} $F_{D_LEAN_MASS_POST} : F = 32,66, p = 0,000, \eta^2 = 0,700, \omega^2 = 0,674.$ ^{#4} $F_{ND_LEAN_MASS_POST} : F = 24,36, p = 0,000, \eta^2 = 0,635, \omega^2 = 0,604.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005.$

Πίνακας 4.2.4. Δύναμη χειρολαβής ανά χέρι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑΔΑ	Χέρι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K	14,03 ± 2,29 ^{#1} (12,40 – 15,67)	15,57 ± 3,21 ^{#3} (13,99 – 17,15)	1,53 ± 1,57 (0,41 - 2,65)	10,9	0,013	0,68
	MK	12,08 ± 2,86 ^{#2} (10,04 – 14,13)	13,30 ± 2,10 ^{#4} (11,80 – 14,80)	1,22 ± 1,21 (0,35 - 2,08)	10,1	0,011	0,49
2η	K	16,47 ± 1,82 (15,32 – 17,63)	18,21 ± 2,67 (16,51 – 19,91)	1,74 ± 1,31 (0,90 - 2,57)	10,5	<0,001	0,73
	MK	14,74 ± 1,72 (13,65 – 15,83)	15,83 ± 2,34 (14,34 – 17,32)	1,10 ± 1,34 (0,24 - 1,95)	7,5	0,016	0,53
3η	K	17,97 ± 2,66 (16,50 – 19,44)	21,19 ± 3,76 (19,11 – 23,27)	3,22 ± 2,87 (1,63 - 4,81)	17,9	<0,001	0,99
	MK	15,23 ± 2,18 (14,03 – 16,44)	17,87 ± 2,70 (16,37 – 19,36)	2,63 ± 1,97 (1,54 - 3,72)	17,3	<0,001	1,07
4η	K	23,82 ± 2,03 (22,26 – 25,37)	24,91 ± 1,84 (23,49 – 26,32)	1,09 ± 1,27 (0,12 - 2,07)	4,6	0,033	0,56
	MK	20,44 ± 1,88 (19,00 – 21,89)	21,85 ± 2,39 (20,02 – 23,69)	1,41 ± 1,19 (0,49 - 2,32)	6,9	0,008	0,65
Σύνολο	K	17,87 ± 3,96 (16,69 – 19,04)	19,92 ± 4,27 (18,65 – 21,18)	2,05 ± 2,12 (1,42 - 2,68)	11,5	<0,001	0,50
	MK	15,44 ± 3,48 (14,40 – 16,47)	17,123 ± 3,723 (16,02 – 18,23)	1,68 ± 1,63 (1,20 - 2,17)	10,9	<0,001	0,47

^{#1} $F_{D_GRIP_PRE} : F = 31,81, p = 0,000, \eta^2 = 0,694, \omega^2 = 0,668.$ ^{#2} $F_{ND_GRIP_PRE} : F = 24,02, p = 0,000, \eta^2 = 0,632, \omega^2 = 0,600.$ ^{#3} $F_{D_GRIP_POST} : F = 19,06, p = 0,000, \eta^2 = 0,577, \omega^2 = 0,541.$ ^{#4} $F_{ND_GRIP_POST} : F = 21,21, p = 0,000, \eta^2 = 0,602, \omega^2 = 0,569.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005.$

4.3. Οστικά και μυϊκά χαρακτηριστικά κάτω άκρων

Στους Πίνακες 4.3.1 έως 4.3.3 δίνονται τα στατιστικά των οστικών και μυϊκών δεικτών (αρχικά δεδομένα στο Παρ. Ε, Πίν.5.10, σελ. 114). Ως κυρίαρχο πόδι χαρακτηρίζεται το πόδι της ίδιας πλευράς με το κυρίαρχο χέρι.

Μεταξύ των 4 ομάδων (Πίν. 4.3.1) υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο BMC για κάθε πόδι και μέτρηση ($p < 0,001$, $\eta^2 \approx 69-73\%$). Οι μετά-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές κατά ζεύγη διαφορές στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο πόδι πριν και μετά το 9-μηνο ($p < 0,021$), με εξαίρεση την 1η με την 2η ομάδα ($p = 1,00$, Παρ. Ε, Πίν.5.11, σελ. 116). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,005$) έδειξε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στο BMC κάθε ποδιού σε

κάθε ομάδα και συνολικά μέσα στο 9-μηνο.

Επίσης μεταξύ των 4 ομάδων (Πίν. 4.3.2) υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην οστική επιφάνεια για κάθε πόδι και μέτρηση ($p < 0,001$, $\eta^2 \approx 60 - 66\%$). Οι μετά-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές κατά ζεύγη διαφορές στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο πόδι πριν και μετά το 9-μηνο ($p < 0,008$), με εξαίρεση την 1η με την 2η ομάδα ($p = 1,00$, Παρ. Ε, Πίν.5.12, σελ. 118). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,005$) έδειξε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στο BA κάθε ποδιού σε κάθε ομάδα και συνολικά μέσα στο 9-μηνο. Στο Παράρτημα Ε δίνονται τα στατιστικά και οι αναλύσεις για την οστική πυκνότητα (BMD) στα κάτω άκρα (Πίν.5.13).

Πίνακας 4.3.1. BMC ανά πόδι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑ ΔΑ	Πόδι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K	190,9 ± 46,2 ^{#1} (157,8 – 224,0)	224,5 ± 49,9 ^{#3} (188,9 – 260,2)	33,6 ± 7,5 (28,3 - 39,0)	17,6	<0,001	0,70
	MK	190,0 ± 46,7 ^{#2} (156,7 – 223,5)	225,2 ± 49,7 ^{#4} (189,6 – 260,7)	35,1 ± 6,9 (30,2 - 40,1)	18,5	<0,001	0,73
2η	K	206,4 ± 36,6 (183,1 – 229,6)	241,0 ± 42,60 (213,9 – 268,0)	34,6 ± 7,5 (29,8 -39,4)	16,8	<0,001	0,87
	MK	205,2 ± 32,5 (184,6 – 225,8)	240,4 ± 39,6 (215,2 – 265,6)	35,2 ± 9,8 (29,0 -41,5)	17,2	<0,001	0,97
3η	K	260,8 ± 41,4 (237,8 – 283,7)	311,3 ± 56,1 (280,2 – 342,4)	50,6 ± 18,2 (40,5 - 60,6)	19,4	<0,001	1,02
	MK	262,1 ± 42,8 (238,4 – 285,8)	311,8 ± 55,6 (237,8 – 283,7)	49,7 ± 17,4 (40,1 - 59,4)	19,0	<0,001	1,00
4η	K	391,1 ± 59,6 (345,3 – 436,9)	433,6 ± 60,7 (387,0 – 480,3)	42,5 ± 19,1 (27,9 - 57,2)	10,9	<0,001	0,71
	MK	394,4 ± 66,1 (281,0 – 442,6)	439,8 ± 68,7 (387,0 – 492,6)	45,5 ± 20,9 (29,4 - 61,5)	11,5	<0,001	0,67
Σύνολο	K	256,9 ± 84,7 (231,7 – 282,0)	298,0 ± 91,5 (270,8 – 325,2)	41,1 ± 15,7 (36,5 - 45,8)	16,0	<0,001	0,47
	MK	257,5 ± 86,8 (231,7 - 283,2)	299,4 ± 94,0 (271,5 – 327,3)	41,9 ± 15,8 (37,2 - 46,6)	16,3	<0,001	0,46

^{#1} $F_{D_BMC_PRE} : F = 38,32$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,732$, $\omega^2 = 0,709$. ^{#2} $F_{ND_BMC_PRE} : F = 37,69$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,729$, $\omega^2 = 0,705$. ^{#3} $F_{D_BMC_POST} : F = 31,54$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,693$, $\omega^2 = 0,666$. ^{#4} $F_{ND_BMC_POST} : F = 32,14$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,697$, $\omega^2 = 0,670$. * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005$.

Πίνακας 4.3.2. ΒΑ ανά πόδι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑΔΑ	Πόδι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	% Δ	*P	Hedges g
1η	K	208,6 \pm 34,2 ^{#1} (184,2 – 233,0)	234,6 \pm 35,1 ^{#3} (209,5 – 259,7)	26,0 \pm 9,4 (19,3 - 32,7)	12,5	<0,001	0,75
	MK	209,3 \pm 30,8 ^{#2} (187,3 – 231,3)	233,9 \pm 34,8 ^{#4} (209,0 – 258,8)	24,6 \pm 11,1 (16,7 - 32,5)	11,8	<0,001	0,75
2η	K	222,6 \pm 22,6 (207,9 – 236,6)	246,8 \pm 29,2 (228,2 – 265,3)	24,5 \pm 13,4 (16,0 - 33,0)	11,0	<0,001	0,94
	MK	218,3 \pm 22,2 (204,3 – 232,4)	246,0 \pm 27,4 (228,6 – 263,4)	27,7 \pm 11,6 (20,3 - 35,0)	12,7	<0,001	1,11
3η	K	265,5 \pm 33,3 (247,1 – 284,0)	293,3 \pm 37,7 (272,4 – 314,1)	27,7 \pm 14,2 (19,9 - 35,6)	10,4	<0,001	0,78
	MK	267,4 \pm 33,6 (248,8 – 286,0)	297,0 \pm 36,9 (276,6 – 317,5)	29,7 \pm 6,8 (25,9 - 33,4)	11,1	<0,001	0,84
4η	K	317,2 \pm 35,6 (289,9 – 344,6)	347,0 \pm 36,0 (319,4 – 374,7)	29,8 \pm 20,7 (13,9 - 45,7)	9,4	0,003	0,83
	MK	321,6 \pm 36,5 (293,5 – 349,6)	349,7 \pm 38,5 (320,1 – 379,2)	28,1 \pm 19,0 (13,5 - 42,7)	8,7	0,002	0,75
Σύνολο	K	252,0 \pm 50,0 (237,1 – 266,8)	278,9 \pm 53,2 (263,1 – 294,7)	26,9 \pm 14,3 (22,7 - 31,2)	10,7	<0,001	0,52
	MK	252,6 \pm 51,5 (237,3 – 267,9)	280,3 \pm 54,4 (264,2 – 296,5)	27,7 \pm 11,8 (24,2 - 31,2)	11,0	<0,001	0,52

^{#1} $F_{D_BA_PRE} : F = 23,61, p = 0,000, \eta^2 = 0,628, \omega^2 = 0,596.$ ^{#2} $F_{ND_BA_PRE} : F = 27,39, p = 0,000, \eta^2 = 0,662, \omega^2 = 0,633.$ ^{#3} $F_{D_BA_POST} : F = 21,24, p = 0,000, \eta^2 = 0,603, \omega^2 = 0,569.$ ^{#4} $F_{ND_BA_POST} : F = 23,26, p = 0,000, \eta^2 = 0,624, \omega^2 = 0,592.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005.$

Πίνακας 4.3.3. Άλιπη σωματική μάζα ανά πόδι και ομάδα πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑΔΑ	Πόδι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	% Δ	*P	Hedges g
1η	K	3,53 \pm 0,68 ^{#1} (3,04 – 4,02)	3,92 \pm 0,59 ^{#3} (3,50 – 4,34)	0,39 \pm 0,20 (0,25 - 0,53)	6,82	<0,001	0,60
	MK	3,49 \pm 0,62 ^{#2} (3,04 – 3,93)	3,91 \pm 0,65 ^{#4} (3,45 – 4,38)	0,427 \pm 0,224 (0,27 – 0,59)	8,46	<0,001	0,67
2η	K	3,91 \pm 0,48 (3,61 – 4,21)	4,32 \pm 0,57 (3,96 – 4,68)	0,41 \pm 0,15 (0,31 – 0,50)	10,37	<0,001	0,78
	MK	3,81 \pm 0,39 (3,56 – 4,06)	4,26 \pm 0,52 (3,93 – 4,59)	0,45 \pm 0,16 (0,35 – 0,56)	11,91	<0,001	0,99
3η	K	4,55 \pm 0,72 (4,15 – 4,95)	5,24 \pm 0,93 (4,73 – 5,76)	0,69 \pm 0,29 (0,53 – 0,86)	15,26	<0,001	0,84
	MK	4,52 \pm 0,75 (4,11 – 4,94)	5,27 \pm 0,90 (4,77 – 5,77)	0,75 \pm 0,26 (0,60 – 0,89)	16,48	<0,001	0,90
4η	K	6,35 \pm 1,04 (5,55 – 7,15)	6,92 \pm 1,04 (6,13 – 7,72)	0,57 \pm 0,43 (0,24 – 0,90)	8,99	0,004	0,55
	MK	6,34 \pm 1,13 (5,47 – 7,21)	6,94 \pm 1,17 (6,04 – 7,84)	0,60 \pm 0,43 (0,27 – 0,92)	9,40	0,003	0,52
Σύνολο	K	4,51 \pm 1,22 (4,15 – 4,88)	5,04 \pm 1,32 (4,65 – 5,44)	0,53 \pm 0,30 (0,44 – 0,62)	11,69	<0,001	0,41
	MK	4,47 \pm 1,25 (4,10 – 4,84)	5,04 \pm 1,35 (4,64 – 5,44)	0,57 \pm 0,30 (0,48 - 0,66)	12,78	<0,001	0,44

^{#1} $F_{D_LEAN_MASS_PRE} : F = 27,57, p = 0,000, \eta^2 = 0,663, \omega^2 = 0,634.$ ^{#2} $F_{ND_LEAN_MASS_PRE} : F = 28,07, p = 0,000, \eta^2 = 0,667, \omega^2 = 0,638.$ ^{#3} $F_{D_LEAN_MASS_POST} : F = 26,29, p = 0,000, \eta^2 = 0,652, \omega^2 = 0,623.$ ^{#4} $F_{ND_LEAN_MASS_POST} : F = 25,50, p = 0,000, \eta^2 = 0,646, \omega^2 = 0,615.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005.$

Ως προς την άλιπη σωματική μάζα (Πίν. 4.3.3) υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 4 ομάδων για κάθε πόδι και μέτρηση ($p < 0,001$, $\eta^2 \approx 65 - 67\%$). Οι μετα-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές κατά ζεύγη διαφορές στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο πόδι πριν και μετά το 9-μηνο ($p < 0,030$), με εξαίρεση την 2η με την 3η ομάδα στις αρχικές μετρήσεις του κυρίαρχου ($p = 0,179$) και μη-κυρίαρχου ποδιού ($p = 0,105$, Παρ. Ε, Πίν.5.14, σελ. 123). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,005$) έδειξε στατιστικώς σημαντικές μεταβολές στην άλιπη σωματική μάζα κάθε ποδιού σε κάθε ομάδα και συνολικά μέσα στο 9-μηνο.

4.4. Οστικές και μυο-δυναμικές ασυμμετρίες

Στους Πίνακες 4.4.1 έως 4.4.4 δίνονται τα στατιστικά των απόλυτων (K-MK χέρι) και ποσοστιαίων ασυμμετριών [(K-MK/MK χέρι) * 100] των οστικών και μυϊκών δεικτών (αρχικά δεδομένα στο Παρ. Ε, Πίν.5.15, σελ. 125).

Μεταξύ των 4 ομάδων (Πίν. 4.4.1) υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις BMC ασυμμετρίες πριν ($p < 0,001$, $\eta^2 = 49\%$) και μετά το 9-μηνο ($p < 0,001$, $\eta^2 = 61\%$). Οι μετα-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές της 4ης ομάδας με τις υπόλοιπες στις αρχικές μετρήσεις ($p < 0,001$) και μεταξύ όλων στις τελικές ($p < 0,031$), εκτός της 2ης με την 3η ($p = 0,68$, Παρ. Ε, Πίν.5.16, σελ. 126). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,01$) έδειξε στατιστικώς σημαντική μεταβολή της BMC ασυμμετρίας στην 3η ομάδα και συνολικά.

Επίσης μεταξύ των 4 ομάδων (Πίν. 4.4.2) υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στις ασυμμετρικές οστικής επιφάνειας πριν ($p < 0,05$, $\eta^2 = 19\%$) και μετά το 9-μηνο ($p < 0,005$, $\eta^2 = 29\%$). Οι μετα-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ της 1ης και της 3ης ομάδας ($p = 0,003$) στις τελικές μετρήσεις (Παρ. Ε, Πίν.5.17, σελ. 127). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,01$) δεν έδειξε στατιστικώς σημαντική μεταβολή της BA ασυμμετρίας μέσα στο 9-μηνο. Επίσης, οι αναλύσεις για τις BMD ασυμμετρίες παρατίθενται στο Παράρτημα Ε (Πίν.5.18.1 & 5.18.2, σελ. 128).

Στον Πίνακα 4.4.3, δίνονται τα στατιστικά των ασυμμετριών ως προς την άλιπη σωματική μάζα. Μεταξύ των 4 ομάδων υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές πριν ($p < 0,001$, $\eta^2 = 33\%$) και μετά το 9-μηνο ($p < 0,001$, $\eta^2 = 35\%$). Οι μετα-ANOVA συγκρίσεις Bonferroni έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ της 1ης ομάδας με την 2η ($p = 0,035$) και την 4η ($p = 0,001$), και της 3ης ομάδας με την 4η ($p = 0,020$) στις αρχικές μετρήσεις, και της 1ης με την 3η ($p = 0,026$) και την 4η ($p = 0,000$) στις τελικές (Παρ. Ε, Πίν.5.19, σελ. 130). Ο έλεγχος t μετά από διόρθωση Bonferroni ($\alpha = 0,01$) δεν έδειξε στατιστικώς σημαντική μεταβολή της ασυμμετρίας μέσα στο 9-μηνο.

Τέλος, ως προς την ασυμμετρία της δύναμης χειρολαβής (Πίν. 4.4.4) δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των 4 ομάδων πριν ($p > 0,05$, $\eta^2 = 16\%$) και μετά το 9-μηνο ($p > 0,05$, $\eta^2 = 8\%$), ούτε υπήρξε στατιστικώς σημαντική μεταβολή μέσα στο 9-μηνο ($p > 0,06$).

Πίνακας 4.4.1. Ασυμμετρίες BMC άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑ ΔΑ	BMC	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K-MK	4,87 ± 3,62 ^{#1} (2,28 – 7,46)	4,99 ± 3,35 ^{#2} (2,60 – 7,39)	0,12 ± 2,52 (-1,68-1,92)	2,5	0,883	0,03
	%Ασυμ .	10,91 ± 9,43 (4,16 – 17,66)	9,56 ± 6,94 (4,59 – 14,53)				
2η	K-MK	9,64 ± 5,05 (6,44 – 12,85)	11,35 ± 6,31 (7,34 – 15,36)	1,71 ± 3,82 (-0,72-4,14)	17,7	0,150	0,30
	%Ασυμ .	20,18 ± 12,00 (12,56 – 27,79)	21,03 ± 12,15 (13,31 – 28,75)				
3η	K-MK	10,37 ± 4,74 (7,74 – 13,00)	16,46 ± 3,93 (14,28 – 18,64)	6,09 ± 4,72 (3,48-8,71)	58,8	<0,001	1,40
	%Ασυμ .	17,28 ± 8,32 (12,67 – 21,89)	24,52 ± 8,08 (20,04 – 29,00)				
4η	K-MK	19,23 ± 6,33 (14,37 – 24,10)	22,66 ± 6,00 (18,04 – 27,27)	3,42 ± 3,62 (0,64-6,21)	17,8	0,022	0,56
	%Ασυμ .	20,79 ± 7,11 (15,33 – 26,25)	22,09 ± 5,33 (17,99 – 26,19)				
Σύνολο	K-MK	10,72 ± 6,74 (8,72 – 12,72)	13,85 ± 7,75 (11,54 – 16,15)	3,13 ± 4,43 (1,81-4,44)	29,2	<0,001	0,43
	%Ασυμ .	17,34 ± 9,86 (14,41 – 20,26)	19,88 ± 10,16 (16,86 – 22,90)				

^{#1} $F_{ABS_ASYM_PRE} : F = 13,69, p = 0,000002, \eta^2 = 0,494, \omega^2 = 0,216.$ ^{#2} $F_{ABS_ASYM_POST} : F = 22,28, p = 0,000000, \eta^2 = 0,614, \omega^2 = 0,316.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,01.$

Πίνακας 4.4.2. Ασυμμετρίες οστικής επιφάνειας άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑ ΔΑ	BA	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K-MK	5,10 ± 4,73 ^{#1} (1,78 – 8,48)	6,20 ± 3,71 ^{#2} (3,55 – 8,85)	1,10 ± 4,86 (-2,58-4,38)	21,6	0,511	0,26
	%Ασ μ.	7,38 ± 7,46 (4,16 – 17,66)	7,95 ± 5,27 (4,18 – 11,72)				
2η	K-MK	9,33 ± 5,79 (5,66 – 13,01)	10,00 ± 7,06 (5,52 – 14,48)	0,67 ± 5,03 (-2,53-3,87)	7,2	0,655	0,10
	%Ασ μ.	11,84 ± 7,77 (12,56 – 27,79)	11,63 ± 8,45 (6,26 – 16,99)				
3η	K-MK	10,53 ± 5,23 (7,63 – 13,44)	16,27 ± 7,62 (12,05 – 20,49)	5,73 ± 8, (0,99-10,48)	54,4	0,021	0,88
	%Ασ μ.	11,56 ± 6,19 (12,67 – 21,89)	16,74 ± 9,43 (11,52 – 21,96)				
4η	K-MK	13,11 ± 7,17 (7,60 – 18,62)	14,89 ± 6,29 (10,05 – 19,73)	1,78 ± 11,08 (-6,74-10,29)	13,6	0,643	0,26
	%Ασ μ.	10,58 ± 6,00 (5,96 – 15,19)	10,83 ± 4,79 (7,15 – 14,52)				
Σύνολο	K-MK	9,54 ± 6,13 (7,72 – 11,37)	12,17 ± 7,50 (9,95 – 14,40)	2,63 ± 7,81 (0,31-4,95)	27,6	0,027	0,38
	%Ασ μ.	10,53 ± 6,87 (8,49 – 12,57)	12,34 ± 8,13 (9,93 – 14,75)				

^{#1} $F_{ABS_ASYM_PRE} : F = 3,35, p = 0,027704, \eta^2 = 0,193, \omega^2 = 0,049.$ ^{#2} $F_{ABS_ASYM_POST} : F = 5,68, p = 0,002328, \eta^2 = 0,289, \omega^2 = 0,092.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,01.$

Πίνακας 4.4.3. Ασυμμετρίες άλιπης σωματικής μάζας άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑ ΔΑ	ΑΣΜ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K-MK	0,046 ± 0,060 ^{#1} (0,003 – 0,088)	0,032 ± 0,075 ^{#2} (-0,022 – 0,085)	-0,014 ± 0,070 (-0,064-0,036)	-30,6	0,54 4	-0,21
	%Ασυμ.	4,51 ± 5,98 (0,23 – 8,79)	3,14 ± 7,09 (-1,93 – 8,21)				
2η	K-MK	0,123 ± 0,047 (0,093 – 0,153)	0,108 ± 0,084 (0,055 – 0,161)	-0,015 ± 0,078 (-0,065-0,035)	-12,3	0,51 7	-0,22
	%Ασυμ.	11,33 ± 4,46 (8,49 – 14,16)	9,28 ± 7,28 (4,66 – 13,91)				
3η	K-MK	0,087 ± 0,059 (0,054 – 0,120)	0,120 ± 0,055 (0,090 – 0,150)	0,033 ± 0,071 (-0,006-0,072)	38,1	0,09 4	0,58
	%Ασυμ.	6,85 ± 4,61 (4,30 – 9,41)	8,68 ± 3,89 (6,53 – 10,83)				
4η	K-MK	0,169 ± 0,085 (0,104 – 0,234)	0,188 ± 0,077 (0,129 – 0,247)	0,019 ± 0,114 (-0,069-0,107)	11,3	0,63 0	0,24
	%Ασυμ.	10,09 ± 5,09 (6,18 – 14,00)	10,21 ± 5,09 (6,30 – 14,12)				
Σύνολο	K-MK	0,103 ± 0,074 (0,082 – 0,125)	0,111 ± 0,086 (0,085 – 0,137)	0,008 ± 0,083 (-0,017-0,032)	7,3	0,53 9	0,09
	%Ασυμ.	8,14 ± 5,49 (6,51 – 9,78)	7,93 ± 6,25 (6,08 – 9,79)				

^{#1} $F_{ABS_ASYM_PRE} : F = 6,92, p = 0,000686, \eta^2 = 0,331, \omega^2 = 0,114.$ ^{#2} $F_{ABS_ASYM_POST} : F = 7,60, p = 0,000361, \eta^2 = 0,352, \omega^2 = 0,125.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,01.$

Πίνακας 4.4.4. Ασυμμετρίες δύναμης χειρολαβής άνω άκρων πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜ ΑΔΑ	ΔΥΝ. ΧΕΙΡ.	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K-MK	1,948 ± 1,623 ^{#1} (0,787 – 3,109)	2,266 ± 1,746 ^{#2} (1,017 – 3,515)	0,318 ± 1,936 (-1,067-1,703)	16,3	0,616	0,19
	%Ασυμ.	18,180 ± 15,102 (7,377 – 28,983)	19,020 ± 18,422 (5,841 – 32,198)				
2η	K-MK	1,737 ± 1,362 (0,871 – 2,602)	2,375 ± 1,186 (1,621 – 3,129)	0,638 ± 1,046 (-0,026-1,303)	36,8	0,058	0,50
	%Ασυμ.	12,250 ± 9,903 (5,958 – 18,542)	15,417 ± 8,063 (10,29 – 20,54)				
3η	K-MK	2,731 ± 1,582 (1,855 – 3,607)	3,321 ± 1,978 (2,226 – 4,417)	0,591 ± 1,518 (-0,250-1,431)	21,6	0,154	0,33
	%Ασυμ.	18,420 ± 11,833 (11,87 – 24,97)	18,767 ± 11,902 (12,18 – 25,36)				
4η	K-MK	3,371 ± 1,200 (2,449 – 4,293)	3,054 ± 1,230 (2,109 – 4,000)	-0,317 ± 1,616 (-1,558-0,925)	-9,4	0,573	-0,26
	%Ασυμ.	16,722 ± 6,468 (11,75 – 21,69)	14,533 ± 7,302 (8,921 – 20,146)				
Σύνολο	K-MK	2,427 ± 1,550 (1,966 – 2,887)	2,793 ± 1,629 (2,309 – 3,277)	0,366 ± 1,526 (-0,087-0,819)	15,1	0,110	0,23
	%Ασυμ.	16,608 ± 12,260 (12,97 – 20,25)	16,937 ± 10,876 (13,71 – 20,17)				

^{#1} $F_{ABS_ASYM_PRE} : F = 2,69, p = 0,058444, \eta^2 = 0,161, \omega^2 = 0,035.$ ^{#2} $F_{ABS_ASYM_POST} : F = 1,23, p = 0,309334, \eta^2 = 0,081, \omega^2 = 0,005.$ * Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,01.$

4.5. Παλινδρόμηση ανάπτυξης και ασυμμετριών άνω άκρων.

Στους Πίνακες 4.5.1 και 4.5.2 δίνονται τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης της εξαρτημένης μεταβλητής BMC στις 5 ανεξάρτητες μεταβλητές για την αρχική (PIPIN) και την τελική (META) μέτρηση. Και τα 6 γραμμικά μοντέλα έδειξαν υψηλή στατιστική σημαντικότητα ($P < 0,001$) και εξήγησαν υψηλά ποσοστά της διασποράς της BMC (>66%).

Στα μοντέλα 1 και 4 για το MK χέρι σημαντική επίδραση είχε κύρια η MAT. OFFSET ($\beta = 0,72$ & $0,79$, αντίστοιχα) και δευτερευόντως η APHV ($\beta = 0,20$ & $0,23$, αντίστοιχα). Η επίδραση των άλλων τριών παραγόντων ήταν αμελητέα ($\beta < 0,20$, $p > 0,05$). Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη του BMC στο MK χέρι ήταν αποτέλεσμα της φυσιολογικής ανάπτυξης με την ηλικία. Στα μοντέλα 2 και 5 για το K χέρι η επίδραση ήταν συνδυαστική. Η επίδραση της MAT. OFFSET παρέμεινε υψηλή ($\beta = 0,58$ & $0,74$, αντίστοιχα) με δευτερεύουσα αυτήν της APHV ($\beta = 0,18$ & $0,27$,

αντίστοιχα), αλλά με σημαντική επίσης επίδραση του συνολικού χρόνου προπόνησης ($\beta = 0,35$ & $0,26$, αντίστοιχα). Επομένως η ανάπτυξη του BMC στο K χέρι προήλθε από την επίδραση της φυσιολογικής ανάπτυξης με την ηλικία και του χρόνου προπόνησης.

Στα μοντέλα 3 και 6 για την ασυμμετρία μεταξύ K και MK χεριού η επίδραση προήλθε στην αρχική μέτρηση (PIPIN) κύρια από τον συνολικό χρόνο προπόνησης ($\beta = 0,71$) και δευτερευόντως από την επίδραση της φυσικής δραστηριότητας ($\beta = 0,20$), και στην τελική μέτρηση (META) επίσης κύρια από την επίδραση του συνολικού χρόνου προπόνησης ($\beta = 0,47$) και δευτερευόντως από την επίδραση της MAT. OFFSET ($\beta = 0,35$) και της APHV ($\beta = 0,29$). Επομένως η υπερτροφία οστικής μάζας του K χεριού προήλθε κύρια από την προπονητική επιβάρυνσης του τένις, με δευτερεύουσα την επίδραση της ηλικιακής διάστασης της σωματικής ωρίμανσης.

Πίνακας 4.5.1. Παλινδρόμηση BMC για την αρχική μέτρηση (PIPIN).

Μοντέλο →	1			2			3		
Εξαρτημένη Μεταβλητή →	BMC Μη Κυρίαρχο Χέρι			BMC Κυρίαρχο Χέρι			BMC Ασυμμετρία		
% Διασπορά $R^2 =$	0.73			0.81			0.66		
Πιθανότητα $P =$	< 0.001			< 0.001			< 0.001		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές ↓	b	β	p	b	β	p	b	β	p
Σταθερά	11,9		0,647	2,1		0,937	-9,8		0,319
Tanner (I, II-IV)	1,4	0,03	0,770	3,9	0,08	0,436	2,5	0,18	0,182
MATURITY OFFSET	9,8	0,72	<0,001	9,7	0,58	<0,001	-0,13	-0,03	0,875
APHV	4,7	0,20	0,068	5,1	0,18	0,051	0,47	0,06	0,618
Φυσική Δραστηριότητα	0,12	0,13	0,161	,18	0,16	0,042	0,06	0,20	0,062
Ωρες Προπόνησης	0,014	0,19	0,148	,03	0,35	0,003	0,017	0,71	<0,001

Πίνακας 4.5.2. Παλινδρόμηση BMC για την τελική μέτρηση (META).

Μοντέλο →	4			5			6		
Εξαρτημένη Μεταβλητή →	BMC Μη Κυρίαρχο Χέρι			BMC Κυρίαρχο Χέρι			BMC Ασυμμετρία		
% Διασπορά R ² =	0.71			0.80			0.66		
Πιθανότητα P =	< 0.001			< 0.001			< 0.001		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές ↓	b	β	p	b	β	p	b	β	p
Σταθερά	12,0		0,661	-12,5		0,656	-24,6		0,024
Tanner (I, II-IV)	-0,54	-0,01	0,913	0,82	0,01	0,872	1,4	0,09	0,476
MATURITY OFFSET	11,0	0,79	<0,001	12,8	0,74	<0,001	1,8	0,36	0,053
APHV	5,4	0,23	0,039	7,8	0,27	0,004	2,4	0,29	0,017
Φυσική Δραστηριότητα	-0,01	-0,01	0,874	0,001	0,001	0,994	0,01	0,04	0,664
Ωρες Προπόνησης	0,01	0,16	0,248	0,02	0,26	0,022	0,01	0,47	0,002

Στους Πίνακες 4.5.3 και 4.5.4 δίνονται τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης της εξαρτημένης μεταβλητής BA στις 5 ανεξάρτητες μεταβλητές για την αρχική (PIN) και την τελική (META) μέτρηση. Τα 4 γραμμικά μοντέλα (1, 2, 4 & 5) έδειξαν υψηλή στατιστική σημαντικότητα ($P < 0,001$) και εξήγησαν υψηλά ποσοστά της διασποράς της BA (>74%).

Στα μοντέλα 1 και 4 για το MK χέρι σημαντική επίδραση είχε κύρια η MAT. OFFSET ($\beta = 0,77$ & $0,81$, αντίστοιχα) και δευτερευόντως η APHV ($\beta = 0,18$ & $0,21$, αντίστοιχα). Η επίδραση των άλλων τριών παραγόντων ήταν αμελητέα ($\beta < 0,19$, $p > 0,05$). Στα μοντέλα 2 και 5 για το K χέρι η επίδραση ήταν συνδυαστική. Η επίδραση της MAT. OFFSET παρέμεινε υψηλή ($\beta = 0,65$ & $0,81$,

αντίστοιχα) καθώς και της APHV ($\beta = 0,17$ & $0,26$, αντίστοιχα), με τον συνολικό χρόνο προπόνησης ($\beta = 0,30$) και την γενική φυσική δραστηριότητα ($\beta = 0,16$) να έχουν σημαντική επίδραση στην αρχική μέτρηση μόνο. Επομένως η ανάπτυξη του BA στο K και MK χέρι προήλθε κυρίως από την επίδραση της φυσιολογικής ανάπτυξης με την ηλικία.

Στα μοντέλα 3 και 6 για την ασυμμετρία μεταξύ K και MK χεριού δεν υπήρξαν σημαντικές επιδράσεις εκτός από την γενική φυσική δραστηριότητα στην αρχική μέτρηση ($\beta = 0,50$, $p = 0,026$). Επομένως, η υπερτροφία του K χεριού ως προς την οστική επιφάνεια δε φαίνεται να επηρεάζεται από την επίδραση της σωματικής ωρίμανσης και των ωρών προπόνησης.

Πίνακας 4.5.3. Παλινδρόμηση BA για την αρχική μέτρηση (PPIN).

Μοντέλο →	1			2			3		
Εξαρτημένη Μεταβλητή →	BA Μη Κυρίαρχο Χέρι			BA Κυρίαρχο Χέρι			BA Ασυμμετρία		
% Διασπορά R ² =	0.78			0.83			0.27		
Πιθανότητα P =	< 0.001			< 0.001			0,025		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές ↓	b	β	p	b	β	p	b	β	p
Σταθερά	45,6		,095	40,7		,119	-4,80		,714
Tanner (I, II-IV)	,875	,02	,862	3,9	,08	,422	3,02	,24	,222
MATURITY OFFSET	11,9	,77	<0,001	10,9	,65	<0,001	-1,02	-,25	,352
APHV	4,7	,18	,075	4,9	,17	,053	,218	,03	,862
Φυσική Δραστηριότητα	,152	,15	,083	,18	,16	,036	,026	,10	,538
Ωρες Προπόνησης	,015	,19	,129	,03	,30	,008	,011	,50	,026

Πίνακας 4.5.4. Παλινδρόμηση BA για την τελική μέτρηση (META).

Μοντέλο →	4			5			6		
Εξαρτημένη Μεταβλητή →	BA Μη Κυρίαρχο Χέρι			BA Κυρίαρχο Χέρι			BA Ασυμμετρία		
% Διασπορά R ² =	0.74			0.82			0.21		
Πιθανότητα P =	< 0.001			< 0.001			< 0.090		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές ↓	b	β	p	b	β	p	b	β	p
Σταθερά	44,0		,148	29,4		,281	-14,5		,356
Tanner (I, II-IV)	1,46	,03	,788	4,2	,08	,393	2,75	,18	,335
MATURITY OFFSET	13,1	,81	<0,001	14,2	,81	<0,001	1,08	,23	,429
APHV	5,62	,21	,048	7,5	,26	,004	1,89	,23	,197
Φυσική Δραστηριότητα	,002	,002	,983	,02	,02	,830	,016	,05	,741
Ωρες Προπόνησης	,010	,13	,325	,01	,15	,163	,003	,12	,587

4.6. Παλινδρόμηση 9-μηνιας μεταβολής άνω άκρων

Στον Πίνακα 4.6.1 δίνονται τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης της εξαρτημένης μεταβλητής BMC μεταβολή του MK και K χεριού στο 9-μηνο στις 6 ανεξάρτητες μεταβλητές. Τα 2 γραμμικά μοντέλα έδειξαν υψηλή στατιστική σημαντικότητα ($P < 0,001$) και εξήγησαν υψηλά ποσοστά της

διασποράς της μεταβολής του BMC (>48%). Στο μοντέλο 1 στη μεταβολή του BMC του MK χεριού σημαντική επίδραση είχε κύρια η μεταβολή του MAT. OFFSET ($\beta = 0,45$) και δευτερευόντως η μεταβολή της APHV ($\beta = -0,37$). Αυτό σημαίνει ότι η μεταβολή του BMC στο MK χέρι μέσα στο 9-μηνο ήταν αποτέλεσμα της φυσιολογικής ανάπτυξης με την ηλικία.

Στο μοντέλο 2 στη μεταβολή του BMC του Κ χεριού σημαντική επίδραση είχε κύρια η μεταβολή της APHV ($\beta = -0,41$), δευτερευόντως η μεταβολή των συνολικών ωρών προπόνησης ($\beta = 0,38$), ενώ σημαντική ήταν και η μεταβολή του MAT. OFFSET ($\beta = 0,29$). Επομένως η μεταβολή του BMC στο Κ χέρι μέσα στο 9-μηνο προήλθε συνδυαστικά από την επίδραση της φυσιολογικής ανάπτυξης με την ηλικία και του χρόνου προπόνησης.

Στον Πίνακα 4.6.2 δίνονται τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης της εξαρτημένης μεταβλητής BA μεταβολή του MK και Κ χεριού στο 9-μηνο στις 6 ανεξάρτητες μεταβλητές. Τα 2 γραμμικά μοντέλα έδειξαν στατιστική σημαντικότητα ($P < 0,01$), με μέτρια ποσοστά εξήγησης της διασποράς της μεταβολής του BA (42 & 40%, αντίστοιχα). Στο μοντέλο 1 στη μεταβολή του BA του MK χεριού σημαντική επίδραση είχε κύρια η μεταβολή του MAT. OFFSET ($\beta =$

0,48) και δευτερευόντως η μεταβολή της APHV ($\beta = -0,29$). Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη του BA στο MK χέρι μέσα στο 9-μηνο ήταν αποτέλεσμα της φυσιολογικής ανάπτυξης με την ηλικία. Στο μοντέλο 2 στη μεταβολή του BA του Κ χεριού σημαντική επίδραση είχε κύρια η μεταβολή της APHV ($\beta = -0,37$) και δευτερευόντως η μεταβολή του Tanner ($\beta = 0,40$). Επομένως, η ανάπτυξη του BA στο MK και Κ χέρι μέσα στο 9-μηνο προήλθε από την φυσιολογική ανάπτυξη με την ηλικία και την ωρίμανση.

Στη συζήτηση που ακολουθεί επισημαίνονται μερικά από τα αποτελέσματα που παρατίθενται στους Πίνακες του παρόντος κεφαλαίου, ενώ μερικά εξ' αυτών, ιδίως τα σχετικά με τον συνδυασμό των παραγόντων των ασυμμετριών και όσα είναι απαραίτητα για την ανάδειξη των σχετικών τάσεων εξέλιξης των εκτιμήσεων, παρατίθενται σε γραφήματα.

Πίνακας 4.6.1. Παλινδρόμηση της μεταβολής του BMC στα άνω άκρα.

Μοντέλο →	1			2		
Εξαρτημένη Μεταβλητή →	Μεταβολή BMC Μη Κυρίαρχο Χέρι			Μεταβολή BMC Κυρίαρχο Χέρι		
% Διασπορά R ² =	0.48			0.56		
Πιθανότητα P =	< 0.001			< 0.01		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές ↓	b	β	p	b	β	p
Σταθερά	1,6		,685	2,0		,565
Μεταβολή Tanner	,57	,10	,495	1,3	,23	,112
Μεταβολή MAT.OFF.	13,6	,45	,002	9,0	,29	,024
Μεταβολή APHV	-10,4	-,37	,009	-11,8	-,41	,002
Μεταβολή ΦΔ	-,03	-,11	,387	-,03	-,11	,313
Μεταβολή συν.ώρες	,02	,20	,125	,04	,38	,003
BMC PIN	-,09	-,30	,062	-,06	-,24	,113

Πίνακας 4.6.2. Παλινδρόμηση της μεταβολής του ΒΑ στα άνω άκρα.

Μοντέλο →	1			2		
Εξαρτημένη Μεταβλητή →	Μεταβολή ΒΑ Μη Κυρίαρχο Χέρι			Μεταβολή ΒΑ Κυρίαρχο Χέρι		
% Διασπορά R ² =	0.42			0.40		
Πιθανότητα P =	< 0.01			< 0.01		
Ανεξάρτητες Μεταβλητές ↓	b	β	p	b	β	p
Σταθερά	-,02		,997	11,8		,035
Μεταβολή Tanner	-,19	-,03	,864	2,5	,40	,026
Μεταβολή MAT.OFF.	17,0	,48	,002	4,1	,12	,412
Μεταβολή APHV	-9,8	-,29	,046	-12,0	-,37	,013
Μεταβολή ΦΔ	-,03	-,11	,412	-,07	-,22	,098
Μεταβολή συν.ώρες	,02	,13	,336	,03	,24	,104
ΒΑ ΠΡΙΝ	-,03	-,10	,560	-,08	-,30	,108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο ερμηνεύονται τα αποτελέσματα και γίνεται συγκριτική αξιολόγησή τους με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της ενασχόλησης με την αντισφαίριση στη μυο-σκελετική ανάπτυξη σε αθλητές παιδικής και εφηβικής ηλικίας. Στόχος του κεφαλαίου αυτού ήταν η κατανόηση και ερμηνεία του φαινομένου των ασυμμετριών με προεκτάσεις σχετικά με την γενικότερη υγεία του σκελετού στην αναπτυξιακή ηλικία και την αποφυγή τραυματισμών για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης. Η συζήτηση διαμορφώνεται κατά αντιστοιχία των κεφαλαίων των αποτελεσμάτων ως εξής:

5.1. Ανθρωπομετρική και προπονητική κατατομή,

5.2. Οστική και μυϊκή ανάπτυξη άνω, κάτω άκρων και ασυμμετριών,

5.3. Σχέση οστικής ανάπτυξης και ασυμμετριών με ωρίμανση, προπονητική διάρκεια και φυσική δραστηριότητα.

5.1. Ανθρωπομετρική και προπονητική κατατομή

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών αντισφαίρισης παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με την ηλικία, το φύλο και το προπονητικό/αγωνιστικό επίπεδο (Chapelle et al., 2019). Στην παρούσα μελέτη, η ηλικία και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών αντισφαίρισης μέσα στο 9-μηνο κυμάνθηκαν (μέση ηλικία: $8,18 \pm 0,43$ έως $13,09 \pm 0,58$ έτη, μέσο σωματικό ανάστημα: $131,8 \pm 7,02$ έως $160,94 \pm 6,93$ cm, μέσο σωματικό βάρος: $31,4 \pm$

$6,96$ έως $54,44 \pm 5,46$ kg) σε παρόμοια επίπεδα με αυτά προηγούμενων μελετών (Bass et al., 2002; Ducher et al., 2006, 2009; Haapasalo et al., 1998; Sanchis-Moysi et al., 2010a,b, 2012). Μέσα στο 9-μηνο το σωματικό ανάστημα παρουσίασε αύξηση περίπου 5 cm σε όλες τις ομάδες, και το σωματικό βάρος αυξήθηκε από 3 έως 6 κιλά. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται στη μοναδική διαχρονική μελέτη (Ducher et al., 2011) σε αθλητές αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας (12 μήνες προπονητικής παρέμβασης, ηλικίας: 12,3 -13,4 έτη) που τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά μεταβλήθηκαν παρόμοια με της 4ης ομάδας της παρούσας μελέτης όπου ταυτίζονται οι ηλικίες των παιδιών. Η ανάπτυξη κατά την παιδική ηλικία είναι μια σχετικά σταθερή διαδικασία κατά την οποία μετά την ηλικία των τεσσάρων ετών αγόρια και κορίτσια αναπτύσσονται σχεδόν με τον ίδιο ρυθμό (5-6 cm/χρόνο και 2,5kg/χρόνο) μέχρι την έναρξη της εφηβείας (Rogol, Clark, & Roemmich, 2000).

Ως προς τη σκελετική ωρίμανση των παιδιών, μέσα από τους δείκτες σωματικής ανάπτυξης (APHV & Maturity offset) φάνηκε ότι οι δύο πρώτες ομάδες απείχαν περίπου τρία χρόνια από την ηλικία επίτευξης του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης του ύψους, με την πλειοψηφία των παιδιών να ανήκουν στο Tanner I στάδιο (προ-εφηβεία). Στην 3η ομάδα τα παιδιά απείχαν σχεδόν δύο χρόνια από την ηλικία επίτευξης του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης του ύψους στις αρχικές μετρήσεις, όπου στις τελικές μετρήσεις μειώθηκε σε 1,3 χρόνια, με τη σεξουαλική ωρίμανση να μεταβάλλεται από τα στάδια I & II του Tanner (προ/περι-εφηβεία) στα στάδια II & III (περι-εφηβεία). Τέλος, στην 4η ομάδα τα παιδιά απείχαν 0,4 χρόνια από την

ηλικία επίτευξης του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης του ύψους στις αρχικές μετρήσεις, όπου στις τελικές μετρήσεις βρέθηκαν να είναι 0,4 χρόνια μετά, με την πλειοψηφία των παιδιών να ανήκουν στην IV κλίμακα Tanner μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων (περι/μετ-εφηβεία). Επειδή η σωματική και σεξουαλική ωρίμανση των παιδιών μεταβάλλεται σημαντικά κατά την αναπτυξιακή ηλικία, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δε θα μπορούσαν να συγκριθούν με αυτά προηγούμενων μελετών, παρά μόνο να ισχυριστούμε ότι οι ηλικιακές ομάδες παρουσιάζουν παρόμοια σεξουαλική ωρίμανση με αυτές προηγούμενων μελετών (Ducher et al., 2009, 2011; Sanchis-Moysi et al., 2010a, 2012). Επειδή ο ρυθμός ανάπτυξης μεταβάλλεται κατά την παιδική και εφηβική ηλικία (Bass et al., 1999), το επίπεδο ωρίμανσης θα πρέπει να καθορίζεται σε κάθε μελέτη που πραγματοποιείται κατά τα αναπτυξιακά χρόνια (Baxter-Jones et al., 2011; Duckham et al., 2021; Gómez-Bruton et al., 2017; Malina et al., 2006).

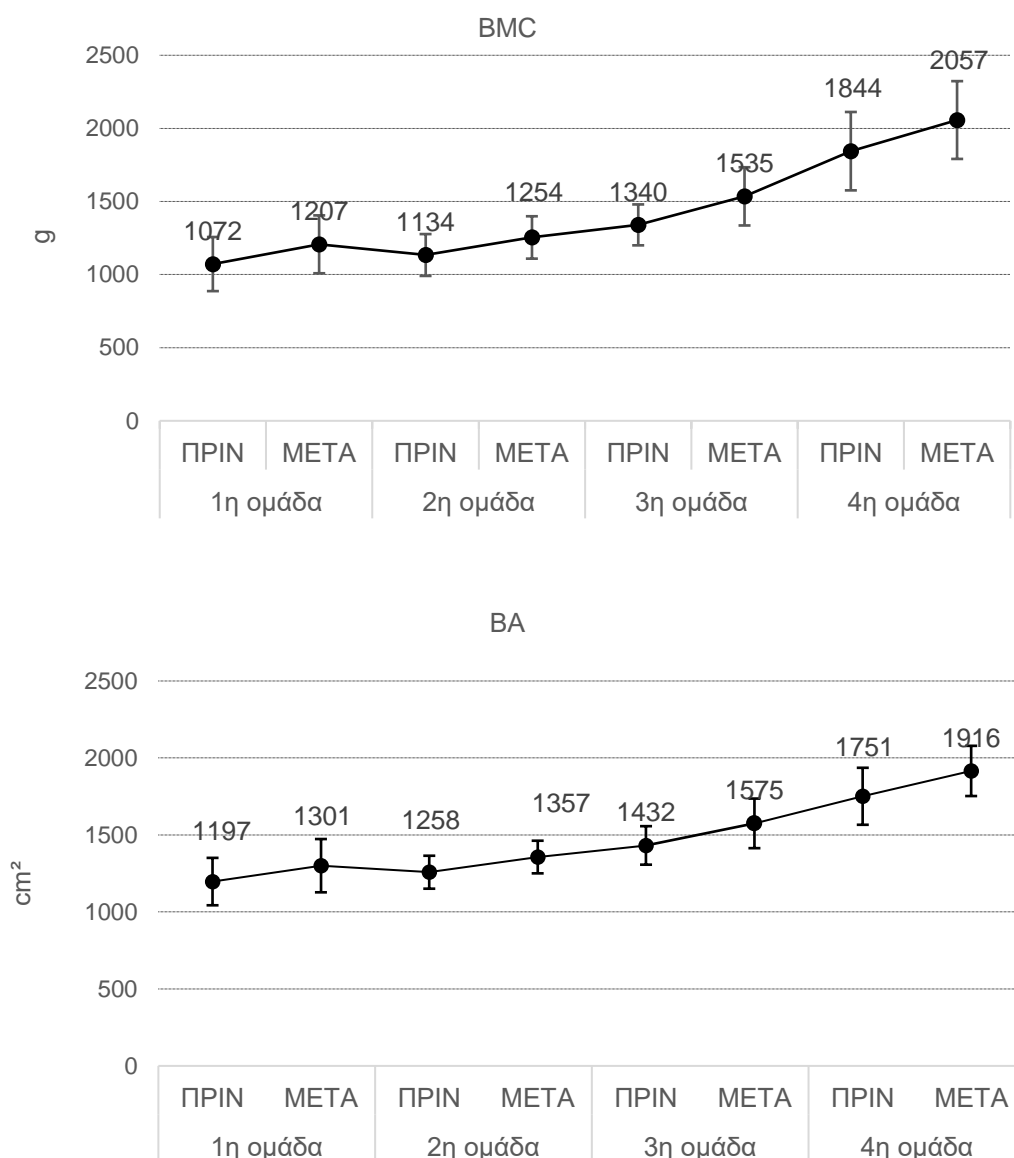
Ως προς το προπονητικό προφίλ, η μέση προπονητική ηλικία των παιδιών κυμάνθηκε από τρία έως έξι χρόνια και οι μέσες εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης από πέντε έως οκτώ, παρουσιάζοντας αύξηση κατά μια ώρα στην 2η ομάδα, μισή ώρα στην 1η και σταθεροποίηση στην 3η και 4η ομάδα μέσα στο 9-μηνο. Η μέση ηλικία έναρξης ενασχόλησης με την αντισφαίριση είναι τα πέντε έτη περίπου και στις τέσσερις ομάδες γεγονός που είναι σύμφωνο και με προηγούμενες μελέτες που έδειξαν ότι η ηλικία έναρξης των παιδιών κυμαίνεται από 5 έως 6 ετών και στην ηλικία των 11-12 παρουσιάζουν σταθεροποίηση στις ώρες προπόνησης, περίπου 10-11 ώρες ανά εβδομάδα σε παιδιά που ασχολούνται συστηματικά

με το άθλημα (Ducher et al., 2011; Sanchis-Moysi et al., 2010a, 2012). Ωστόσο, θα πρέπει να υπογραμμιστεί πως η καταγραφή της φυσικής δραστηριότητας έγινε με υποκειμενικό τρόπο (ερωτηματολόγιο) καθώς είναι ευρέως γνωστό ότι σε αυτή την περίπτωση υπερεκτιμάτε η δραστηριότητα. Η γενική φυσική δραστηριότητα των παιδιών στον ελεύθερο χρόνο τους φαίνεται να αυξάνεται από την ηλικία των 8-9 ετών στην ηλικία των 10-11 ετών, παρουσιάζοντας μείωση στην ηλικία των 13 ετών. Μελέτες έχουν δείξει ότι κατά την παιδική ηλικία η φυσική δραστηριότητα είναι μεγαλύτερη, ενώ καθώς μεταβαίνουν από την εφηβεία στην ενηλικίωση (από 12 έως 21 ετών) η τακτική και έντονη δραστηριότητα μειώνεται σταδιακά (Caspersen, Pereira, & Curran, 2000).

Η συνολική οστική και μυϊκή ανάπτυξη των παιδιών παρουσίασε σταδιακή βελτίωση σε όλους τους δείκτες στο χρονικό διάστημα των 9-μηνών. Πιο συγκεκριμένα στις δύο μικρότερες ηλικιακά ομάδες (προ-εφηβεία), το BMC, η G, το BMD, η άλιπη σωματική μάζα καθώς και το ποσοστό σωματικού λίπους παρουσίασαν παρόμοιες μεταβολές μέσα στο 9-μηνο. Η ανάπτυξη των οστικών δεικτών ήταν μεγαλύτερη στις επόμενες δύο ηλικιακά ομάδες (προ/περι- και περι-εφηβεία), με το ποσοστό σωματικού λίπους να παρουσιάζει μείωση στην 3η ομάδα (1,24%) και μικρή αύξηση στην τέταρτη (1%). Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι στην ηλικία των 10-11 ετών (3η ομάδα, προ/περι-εφηβεία) παρατηρείται περαιτέρω ανάπτυξη της συνολικής σύστασης του σώματος σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια (1η & 2η ομάδα, προ-εφηβεία), η οποία φαίνεται να διατηρείται και στην 4η ομάδα (12-13

ετών, περι/μετ-εφηβεία) με μειούμενο ρυθμό ανάπτυξης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1.1. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνονται και από προηγούμενες μελέτες που δείχνουν ότι κατά την περι-εφηβεία λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης των ορμονών που ενισχύουν την ανάπτυξη

των οστών (αυξητική ορμόνη, IGF-I, οιστρογόνα, τεστοστερόνη), παρατηρείται ο μέγιστος ρυθμός οστικής ανάπτυξης με μειούμενο ρυθμό κατά την μετ-εφηβεία (Ducher et al., 2011; Ireland et al., 2013; Sanchis-Moysi et al., 2012).



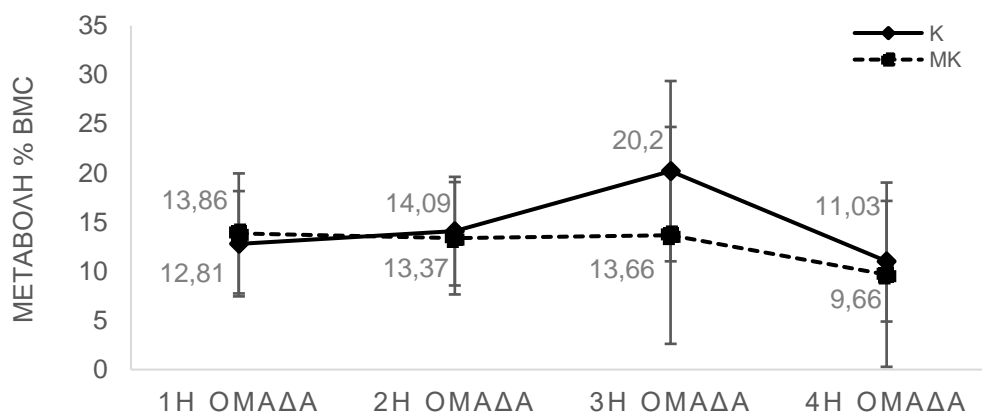
Σχήμα 5.1.1. Συνολική σύσταση σώματος στις τέσσερις ομάδες πριν και μετά το 9μηνο για το BMC (πάνω) και το BA (κάτω).

5.2. Οστική και μυϊκή ανάπτυξη άνω, κάτω άκρων και ασυμμετριών

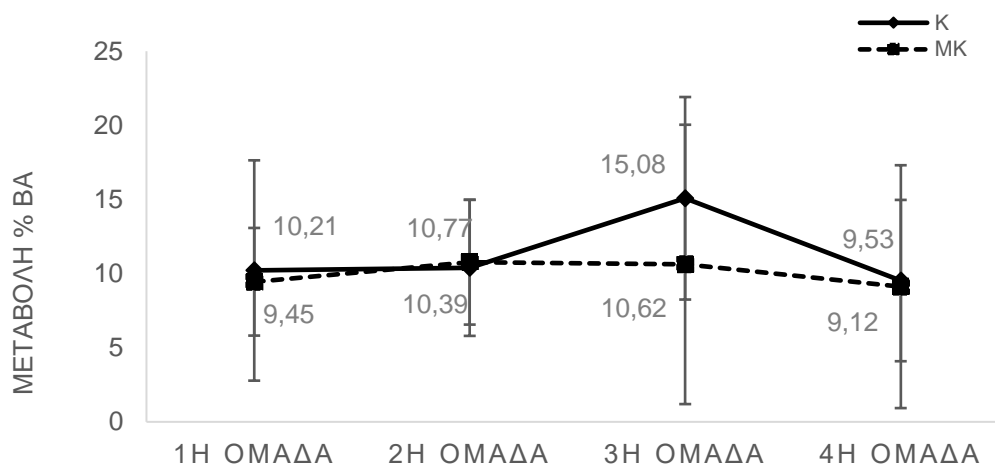
Η παρούσα μελέτη αξιολόγησε την οστική και μυϊκή ανάπτυξη των άνω και κάτω άκρων σε αθλητές αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας σε διάστημα 9 μηνών, σε μια προσπάθεια ποσοτικοποίησης των ασυμμετριών και της σχέσης τους με την ωρίμανση και την προπονητική επιβάρυνση. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι αθλητές παιδικής και εφηβικής ηλικίας (7 - 13,5 ετών) που ασχολούνται συστηματικά με την αντισφαίριση (> 5 ώρες/εβδ.) από την νηπιακή ηλικία παρουσιάζουν ασύμμετρες προσαρμογές στα άνω άκρα (εύρος ασυμμετρίας: BMC: 10-25%, BA: 7-17%, ΑΣΜ: 3-11%, Δ.Χ.: 12-19%), χωρίς σημαντικές διαφοροποιήσεις στα κάτω άκρα. Παρόλο που η ανάπτυξη των οστών με την ηλικία είναι κοινή και για τα δύο άκρα, η μονόπλευρη επιβάρυνση αυξάνεται σταδιακά και αθροιστικά, έχοντας ως αποτέλεσμα την εμφάνιση διαφορών στην ανάπτυξη των άνω άκρων. Πιο συγκεκριμένα, κατά την εκτέλεση των βασικών χτυπημάτων εδάφους (π.χ. forehand & backhand) και του σερβίς, παράγονται μυϊκές δυνάμεις και ροπές στο κυρίαρχο χέρι συγκρίσιμες με αυτές που αναφέρονται σε υψηλού επιπέδου αθλητές μπέιζμπολ (Elliott, Fleisig, Nicholls, & Escamilla, 2003). Συνεπώς, κατά τη διάρκεια των προπονητικών και αγωνιστικών προγραμμάτων το κυρίαρχο χέρι ενεργοποιείται ολοένα και περισσότερο, γεγονός που οδηγεί σε αυξανόμενη υπερτροφία στα οστά και στους μύς που δέχονται τα

μηχανικά φορτία, σε αντίθεση με το μη κυρίαρχο που έχει εξισορροπητικό ρόλο κυρίως. Από την πρώιμη παιδική ηλικία κιόλας, οι μυο-σκελετικές αποκρίσεις του κυρίαρχου χεριού οδηγούν σε οστική και μυϊκή υπερτροφία σε σχέση με το μη-κυρίαρχο (Bass et al., 2002; Daly et al., 2004; Palaiothodorou et al., 2020), γεγονός που επιβεβαιώνεται από αρκετές μελέτες που έχουν δείξει ότι κατά την αναπτυξιακή ηλικία ο σκελετός ανταποκρίνεται καλύτερα στις επιβαρύνσεις της άσκησης τόσο μετά από προγράμματα παρέμβασης (Bradney et al., 1998; Valdimarsson, Lindén, Johnell, Gardsell, & Karlsson, 2006), όσο και από τη συμμετοχή σε δραστηριότητες υψηλής έντασης (Bass et al., 2002; Sanchis-Moysi et al., 2010a).

Σε διάστημα 9 μηνών συνεχούς προπονητικής επιβάρυνσης, το BMC και η οστική επιφάνεια του μη-κυρίαρχου χεριού παρουσίασε σταθερή ανάπτυξη στις τρεις πρώτες ομάδες (~14% και 10%, αντίστοιχα), με μειούμενο ρυθμό ανάπτυξης στην 4η ομάδα (+10% και 9%, αντίστοιχα). Αντίθετα, το κυρίαρχο χέρι παρουσίασε σταδιακή ανάπτυξη στο BMC από την 1η (+12,9%) στην 2η ομάδα (+14,1%), απότομη αύξηση στην 3η ομάδα (+20%) και σημαντική μείωση στην 4η (+11%) (Σχήμα 5.2.1). Παρόμοια ήταν η εικόνα για την ανάπτυξη της οστικής επιφάνειας στο κυρίαρχο χέρι με σταθερή ανάπτυξη στις δύο πρώτες ομάδες (~10%), απότομη αύξηση στην 3η (+15%) και μείωση στην 4η (+9.5%) (Σχήμα 5.2.2).



Σχήμα 5.2.1. Μεταβολή BMC (%Δ) στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο χέρι μεταξύ των τεσσάρων ομάδων.



Σχήμα 5.2.2. Μεταβολή BA (%Δ) στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο χέρι μεταξύ των τεσσάρων ομάδων

Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι καθώς τα παιδιά μεταβαίνουν από την προ-εφηβεία (Tanner I) στην περι-εφηβεία (Tanner II & III) και καθώς αρχίζουν να συμμετέχουν σε ένα συστηματικό προπονητικό-αγωνιστικό πρόγραμμα (αύξηση εβδομαδιαίων ωρών προπόνησης και έντασης) παρουσιάζουν απότομη αύξηση της οστικής μάζας του κυρίαρχου χεριού (επίδραση επιβάρυνσης) σε σχέση με

το μη-κυρίαρχο (επίδραση ανάπτυξης). Το μη-κυρίαρχο χέρι παρουσιάζει μια σταθερή ανάπτυξη από την προ-εφηβεία μέχρι την περι-εφηβεία χωρίς να φαίνεται να επηρεάζεται από την επιπλέον επιβάρυνση λόγω της συμμετοχής στο άθλημα της αντισφαίρισης. Συνεπώς, οι διαφορές στην ανάπτυξη μεταξύ των δύο χεριών ενισχύουν την άποψη της πιθανής συνεργασίας του προχωρημένου

σταδίου ωρίμανσης και της οστικής ανταπόκρισης στα μηχανικά φορτία. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν προηγούμενες μελέτες που έδειξαν ότι κατά την παιδική ηλικία παρατηρείται ένας σταθερός ρυθμός ανάπτυξης (Malina et al., 2004), παρουσιάζοντας τις μέγιστες τιμές του λίγο πριν και κατά την διάρκεια της εφηβείας (Bass et al., 2002; Ducher et al., 2011; Ireland et al., 2013; Sanchis-Moysi et al., 2012), με μια σταθεροποίηση μετά από αυτήν (Bass et al., 2002; Ducher et al., 2009).

Ένα από τα σημαντικά ευρήματα αυτής της μελέτης ήταν ότι σε ηλικία μόλις 8 ετών η συστηματική ενασχόληση (περίπου 5 ώρες/εβδ.) από νηπιακή ηλικία (5 χρόνων) με ένα ασύμμετρο άθλημα όπως η αντισφαίριση, οδηγεί σε υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού στο BMC (11%), στην οστική επιφάνεια (7%), στην άλιπη σωματική μάζα (5%) και στη δύναμη χειρολαβής (18%). Επίσης, σε αθλητές προ-εφηβείας μεγαλύτερης ηλικίας (9,5 ετών) με επιπλέον συνολικές και εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης (+200 ώρες και +1-2 ώρες/εβδ., αντίστοιχα) παρατηρείται αύξηση στην υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού (BMC: 20%, BA: 12%, ΑΣΜ: 11%) εκτός της δύναμης χειρολαβής (12%). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι, ακόμη και κατά την προ-εφηβεία, το κυρίαρχο χέρι παρουσιάζει υπερτροφία ως αποτέλεσμα της συνολικής επιβάρυνσης που δέχεται χωρίς να βρίσκεται στην περίοδο των απότομων αλλαγών (περι-εφηβεία). Τα ευρήματα αυτά δίνουν νέα γνώση ως προς την έναρξη εμφάνισης των ασυμμετριών σε αθλητές παιδικής ηλικίας και επιβεβαιώνουν προηγούμενες θεωρητικές προσεγγίσεις που ανέφεραν ότι, ακόμη και από την πρώιμη παιδική ηλικία, η ενασχόληση με την

αντισφαίριση μπορεί να επιφέρει οστικές ασυμμετρίες εάν η προπονητική συχνότητα και ένταση είναι ικανοποιητική, ώστε να προκαλέσει αποτελεσματική συσσώρευση μηχανικών φορτίων (Bass et al., 2002; Ducher et al., 2006; Sanchis-Moysi et al., 2010a). Επίσης, μια πιθανή εξήγηση θα μπορούσε να ήταν το γεγονός ότι, το χαμηλό επίπεδο δεξιοτήτων που αντιστοιχεί σε αυτές τις ηλικίες οδηγεί σε υπερβολική νευρομυϊκή ενεργοποίηση του κυρίαρχου χεριού, αυξάνοντας τα μηχανικά φορτία που επιβάλλονται κατά την εκτέλεση των βασικών χτυπημάτων (Sanchis-Moysi et al., 2016). Είναι, επομένως, προφανές ότι τα παιδιά με μικρότερη εμπειρία στο άθλημα και τεχνική δεξιότητα, τείνουν να παράγουν μεγαλύτερη δύναμη κατά την εκτέλεση μονόπλευρων κινήσεων στην αντισφαίριση. Ωστόσο, αν και βελτιώνονται οι δεξιότητες των παιδιών με την ηλικία, μια πιθανή εξήγηση του σχεδόν διπλάσιου ποσοστού ασυμμετρίας που παρουσίασε η 2η ομάδα σε σχέση με την 1η στους οστικούς δείκτες και στην άλιπη σωματική μάζα, θα μπορούσε να ήταν η αύξηση των συνολικών και εβδομαδιαίων ωρών προπόνησης (Ducher et al., 2009; Sanchis-Moysi et al., 2010a), καθώς και οι αλλαγές στον εξοπλισμό (π.χ. πιο βαριά ρακέτα, μπάλα μεγαλύτερης συμπίεσης και μεγαλύτερη διάσταση γηπέδου). Για παράδειγμα, οι αθλητές της 1ης ομάδας χρησιμοποιούσαν πιο ελαφριά μπάλα (πορτοκαλί-πράσινη) και έπαιζαν σε μικρότερο γήπεδο σε σχέση με την 2η ομάδα που έπαιζαν με πράσινη και κίτρινη μπάλα σε μεγαλύτερο γήπεδο. Ωστόσο, παραμένει άγνωστο εάν η περαιτέρω αύξηση της συχνότητας και της έντασης της μονόπλευρης επιβάρυνσης κατά την προ-εφηβεία, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη

οστεογονική ανταπόκριση στο κυρίαρχο σε σχέση με το μη κυρίαρχο χέρι.

Παρόλο που κατά την προ-εφηβεία η επίδραση της άσκησης φαίνεται να έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των οστών, είναι ευρέως αποδεκτό ότι κατά την περι-εφηβεία υπάρχει μια περίοδος με σημαντικό πλεονέκτημα (*window of opportunity*) για βελτίωση της οστικής περιεκτικότητας των οστών σε ανόργανα άλατα με την άσκηση λόγω των σημαντικών αλλαγών που πραγματοποιούνται στο ορμονικό και νευρικό σύστημα, όπως η έκκριση των στεροειδών γοναδικών ορμονών (τεστοστερόνη, οιστραδιόλη και προγεστερόνη), της αυξητικής ορμόνης (GH) και του ινσουλινοειδή αυξητικού παράγοντα-1 (IGF-I), μετά την οποία οι ορμόνες επανέρχονται στα προ-εφηβικά επίπεδα (Hind & Burrows, 2007; Mauras et al., 1996). Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι αυτές οι ορμονικές αλλαγές είναι παρόμοιας έντασης και διάρκειας και στα δύο χέρια, η παρατηρούμενη υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού μπορεί να θεωρηθεί αποτέλεσμα της μονόπλευρης επιβάρυνσης η οποία φαίνεται να κορυφώνεται κατά την περι-εφηβεία. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν αυτή την άποψη με το κυρίαρχο χέρι να παρουσιάζει τη μέγιστη βελτίωση (20%) στο BMC μέσα στο 9-μηνο κατά τη μετάβαση από την προ/περι-εφηβεία στην περι-εφηβεία (3η ομάδα), ενώ το μη κυρίαρχο παρουσίασε σταθερή ανάπτυξη (Σχήμα 5.2.1). Κατά συνέπεια, κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου όπου όλοι οι παράγοντες που ενισχύουν τον σχηματισμό του οστού φτάνουν σε υψηλά επίπεδα και η ταχύτητα ανάπτυξης επιταχύνεται, τα οστά φαίνεται να ανταποκρίνονται καλύτερα στα μηχανικά φορτία της άσκησης (MacKelvie et al., 2002).

Κατά την μετάβαση από την περι-εφηβεία στη μετ-εφηβεία μια πιθανή εξήγηση του μειούμενου ρυθμού ανάπτυξης των οστικών δομών θα μπορούσε να ήταν συνδυασμός του μειωμένου ρυθμού έκκρισης ορμονών και της αρχής της «μειωμένης απόδοσης». Παρόλο που η συνολική προπονητική διάρκεια αυξήθηκε από την 3η στην 4η ομάδα, χωρίς ωστόσο να παρατηρείται αύξηση των εβδομαδιαίων ωρών προπόνησης (~8 ώρες/εβδ., Πίνακας 4.1.2), τα οστικά κύτταρα ανταποκρίνονται λιγότερο στα συνεχόμενα μηχανικά φορτία και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη περεταίρω προσαρμογή των οστών του κυρίαρχου χεριού (Turner, 1998). Επιπλέον, τα παιδιά μεγαλώνοντας συμμετέχουν σε αγωνιστικές ομάδες, που το πρόγραμμα προπόνησης περιλαμβάνει 1 με 2 φορές την εβδομάδα προγράμματα φυσικής κατάστασης και ενδυνάμωσης για ολόκληρο το σώμα γεγονός που οδηγεί σε περαιτέρω μηχανικές φορτίσεις για το μη-κυρίαρχο χέρι.

Η υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού, σε συνδυασμό με τον σταθερό ρυθμό ανάπτυξης του μη-κυρίαρχου, οδηγεί σε ασυμμετρίες οστικής δομής. Οι οστικές ασυμμετρίες των άνω άκρων παρουσίασαν ανοδική τάση από την 1η μέχρι την 3η ομάδα και σταθεροποιήθηκαν στην 4η τόσο στις αρχικές μετρήσεις όσο και 9 μήνες μετά. Πιο συγκεκριμένα τα ποσοστά ασυμμετρίας και στις δύο χρονικές φάσεις ήταν παρόμοια τόσο στο BMC (ομάδα: 1η:10%, 2η:21% & 4η:22%) όσο και στην οστική επιφάνεια (ομάδα: 1η:8%, 2η:12% & 4η:11%) με εξαίρεση την 3η ομάδα όπου παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση (από 17 σε 25% στο BMC & από 12 σε 17% στο BA). Μέσα στο 9-μηνο η 3η ομάδα παρουσίασε σημαντική μεταβολή της ασυμμετρίας στο BMC (+59%) και στο

BA (+54%), δείχνοντας ότι κατά την μετάβαση από την προ/περι-εφηβεία στην περι-εφηβεία παρουσιάζεται η μεγαλύτερη ανάπτυξη των ασυμμετριών με μειούμενο ρυθμό στην περι/μετ-εφηβεία. Τα αποτελέσματα αυτά είναι συγκρίσιμα με τα ευρήματα προηγούμενων μελετών σε αθλητές αντισφαίρισης που έδειξαν ότι κατά την περι-εφηβεία τα οστά παρουσιάζουν καλύτερη οστεογονική ανταπόκριση στα μηχανικά φορτία της άσκησης σε σχέση με την προ-εφηβεία (Ducher et al., 2006, 2009), παρέχοντας επιπλέον γνώση στο κενό που υπάρχει σχετικά με τη βέλτιστη περίοδο κατά την αναπτυξιακή ηλικία που οι σκελετικές αποκρίσεις στις μηχανικές φορτίσεις είναι μεγαλύτερες (Ducher et al., 2011). Προς αυτή την κατεύθυνση τα ευρήματά μας έδειξαν ότι η μετάβαση από την προ/περι-εφηβεία στην περι-εφηβεία πιθανόν να αποτελεί τη βέλτιστη περίοδο για τον σκελετό να ενισχύσει την οστική περιεκτικότητά του σε ανόργανα άλατα και μέγεθος. Παρόμοια ήταν τα ευρήματα στη μοναδική διαχρονική μελέτη σε αθλητές αντισφαίρισης εφηβικής ηλικίας (Ducher et al., 2011), στην οποία διαπιστώθηκε ότι στα αρχικά στάδια της σεξουαλικής ωρίμανσης (Tanner II & III) επιτυγχάνεται η μέγιστη σκελετική απόκριση στα φορτία σε διάστημα 12 μηνών, με περαιτέρω βελτίωση στα τελευταία (Tanner IV & V) αλλά με μειούμενο ρυθμό ανάπτυξης. Παρόμοια, σε μελέτη που αφορούσε την ανάπτυξη ολόκληρου του σώματος φάνηκε ότι η ετήσια αύξηση σε BMC και BA ήταν υψηλότερη στο εφηβικό στάδιο III (Mølgaard et al., 1999).

Τα μηχανικά φορτία που δέχεται το κυρίαρχο χέρι δεν αυξάνουν μόνο την οστική μάζα, αλλά και την άλιπη μάζα του κυρίαρχου σε σχέση με το μη-κυρίαρχο χέρι. Η άλιπη μάζα

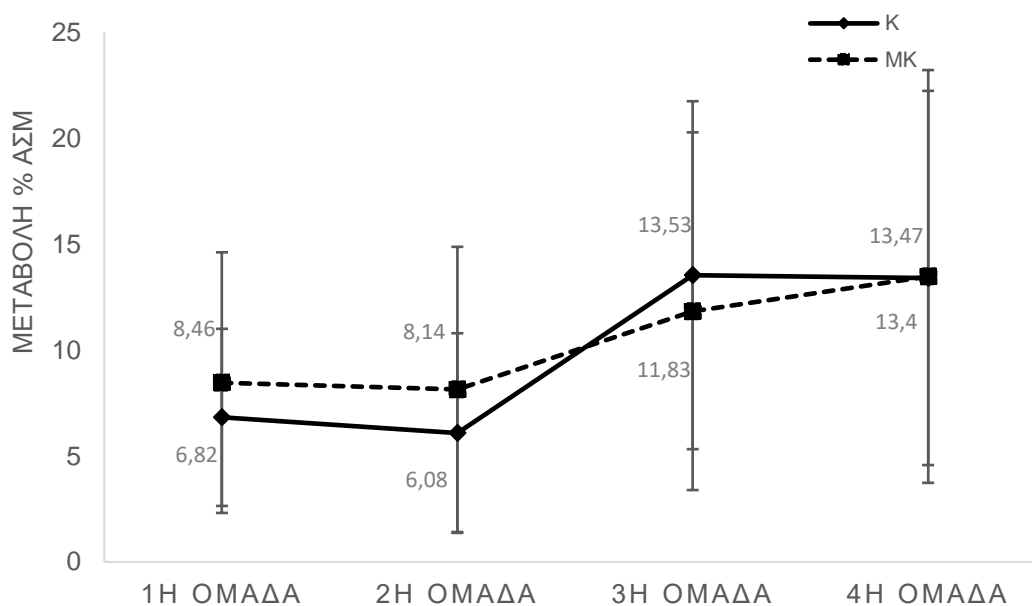
θεωρήθηκε ισοδύναμη της μυϊκής μάζας όπως έχει χρησιμοποιηθεί και από προηγούμενους ερευνητές (Perez-Gomez, Olmedillas, Delgado-Guerra, Royo, Vicente-Rodriguez, Ortiz, ... & Calbet, 2008; Sanchis-Moysi et al., 2010a). Στα άνω άκρα η άλιπη μάζα παρουσίασε σταθερά ανοδική αύξηση από την προ-εφηβεία στην περι-εφηβεία (από την 1η μέχρι την 3η ομάδα) με απότομη αύξηση από την περι-εφηβεία στη μετ-εφηβεία (από την 3η στην 4η ομάδα) και στις δύο μετρήσεις (Πίνακας 4.2.3). Τα ευρήματα αυτά είναι σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες που έδειξαν ότι η άλιπη μάζα αυξάνεται με σταθερά ανοδικό ρυθμό ανά έτος μέχρι την ηλικία περίπου των 13 ετών για τα κορίτσια και τα 15 για τα αγόρια όπου παρουσιάζονται οι μέγιστες τιμές (Van der Sluis, De Ridder, Boot, Krenning, & de Muinck Keizer-Schrama, 2002). Ωστόσο, η άλιπη μάζα του κυρίαρχου έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού παρουσίασε 7-11% υπεροχή στις τρεις τελευταίες ομάδες (9,5-13 ετών), και μόνο 3-5% στην 1η (8-9 ετών). Τα ποσοστά αυτά είναι συγκρίσιμα προηγούμενων μελετών σε προ-έφηβους (10,8 & 10,4 ετών) αθλητές αντισφαίρισης (13% & 8%, αντίστοιχα) (Sanchis-Moysi et al., 2010a). Αντίστοιχα ποσοστά (7%) παρατηρήθηκαν στην μυϊκή μάζα σε αθλήτριες προ-εφηβείας (9,5 ετών, 6 ώρες/εβδ.) με μικρή περαιτέρω ανάπτυξη κατά την περι- και μετ-εφηβεία (8%) (Daly et al., 2004). Επίσης, 13% μυϊκή υπερτροφία στο κυρίαρχο χέρι φάνηκε σε αθλητές αντισφαίρισης περι-εφηβείας (11 ετών, 5 ώρες/εβδ.) (Sanchis-Moysi et al., 2012). Η προπονητική συχνότητα και η ηλικία φαίνεται να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μυϊκή υπερτροφία, καθώς ενήλικες αθλητές αντισφαίρισης με υψηλή προπονητική

συχνότητα (25-26 ώρες/εβδ.) παρουσίασαν 18-20% υπεροχή στην άλιπη μάζα του κυρίαρχου χεριού (Calbet et al., 1998; Sanchis-Moysi et al., 2010a).

Παρόμοια εικόνα με την ανάπτυξη των οστικών δεικτών παρουσίασε και η άλιπη σωματική μάζα του κυρίαρχου χεριού μέσα στο 9-μηνο. Πιο συγκεκριμένα, η άλιπη σωματική μάζα παρουσίασε απότομη ανάπτυξη κατά τη μετάβαση από την προ/περι- στην περι-εφηβεία (3η ομάδα), με το μη-κυρίαρχο χέρι να παρουσιάζει έναν σταθερά ανοδικό ρυθμό ανάπτυξης (Σχήμα 5.2.3).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μεγαλύτερο μέρος της άλιπης μάζας αποτελείται κυρίως από σκελετικούς

μυς, γίνεται φανερό ότι η συστηματική ενασχόληση με την αντισφαίριση από την προ-εφηβεία και η συνεχόμενη αύξηση των ωρών προπόνησης και της έντασης κατά τη μετάβαση στην περι-εφηβεία δημιουργούν αύξηση της μυϊκής μάζας, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγαλύτερες δυνάμεις διέγερσης στα οστά που προσφύονται. Σε προηγούμενη μελέτη σε αθλητές αντισφαίρισης βρέθηκε συσχέτιση της άλιπης μάζας με τους κύριους οστικούς δείκτες (BMC, BA & BMD), δείχνοντας ότι η αύξηση της από τα μηχανικά φορτία πιθανόν να σχετίζεται με την αύξηση του BMC, ενισχύοντας την άποψη ότι η υπερτροφία των μυών οδηγεί σε μεγαλύτερες δυνάμεις στα οστά (Sanchis-Moysi et al., 2010a).

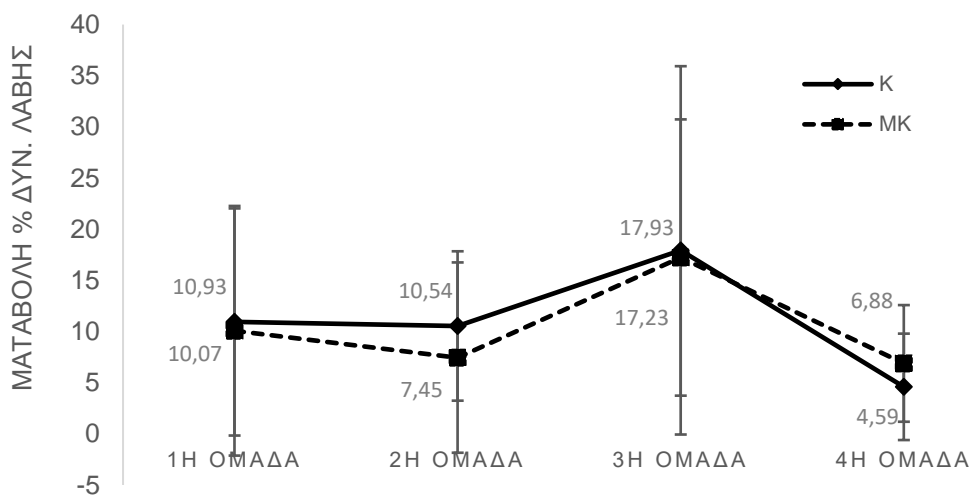


Σχήμα 5.2.3. Μεταβολή άλιπης σωματικής μάζας (%Δ) του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού μέσα στο 9-μηνο.

Η δύναμη χειρολαβής παρουσίασε σταθερά ανοδική ανάπτυξη κατά την παιδική και εφηβική ηλικία, με το κυρίαρχο χέρι να παρουσιάζει 12 έως 19% υπεροχή έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού σε όλες τις ομάδες και στις δύο μετρήσεις. Τα ευρήματα αυτά είναι σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες που έδειξαν ότι η δύναμη χειρολαβής αυξάνεται με την πάροδο της ηλικίας (Häger-Ross & Rösblad, 2002; Mathiowetz, Wiemer, & Federman, 1986), ωστόσο η υπεροχή του κυρίαρχου χεριού είναι έντονη σε μονόπλευρα αθλήματα. Πιο συγκεκριμένα, η 1η και 2η ομάδα (προ-εφηβεία, 8-10 ετών) παρουσίασαν μέση ασυμμετρία 15 και 17% αντίστοιχα, πριν και μετά το 9-μηνο. Τα ευρήματα αυτά είναι κατά αντιστοιχία προηγούμενης μελέτης σε αθλήτριες αντισφαίρισης παιδικής ηλικίας (17%, 9,4 ετών) με μικρή προπονητική συχνότητα (2 ώρες/εβδ.) (Haapasalo et al., 1998). Η 3η ομάδα παρουσίασε ελαφρώς μεγαλύτερα ποσοστά ασυμμετρίας από την 4η ομάδα (19 vs. 16%, αντιστοίχως) και στις δύο μετρήσεις. Αντίστοιχα υψηλά

ποσοστά ασυμμετρίας παρουσίασαν αθλητές και αθλήτριες αντισφαίρισης (23% & 18%, αντίστοιχα) παρόμοιων ηλικιών (11-14 ετών) με μέση προπονητική συχνότητα 9-10 ώρες/εβδ. (Ellenbecker, 1992).

Μέσα στο 9-μηνο, κατά την μετάβαση από την προ/περι-εφηβεία στην περι-εφηβεία, η δύναμη χειρολαβής παρουσίασε τη μεγαλύτερη βελτίωση στο κυρίαρχο και μη κυρίαρχο χέρι (+18 & 17%, αντίστοιχα) και τη μικρότερη κατά την μετάβαση από την περι- στην μετεφηβεία (+5 & 7%, αντίστοιχα). Τα παιδιά που ανήκαν και παρέμειναν στην προ-εφηβεία (1η & 2η ομάδα) παρουσίασαν παρόμοια βελτίωση (11%) στο κυρίαρχο χέρι, με μικρή διαφορά στην ανάπτυξη του μη-κυρίαρχου (Σχήμα 5.2.4). Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, η δύναμη χειρολαβής παρουσίασε σταδιακή ανάπτυξη με την πάροδο της ηλικίας η οποία φαίνεται να κορυφώνεται κατά την περι-εφηβεία με σταθερό ρυθμό ανάπτυξης στην μετεφηβεία, κάτι που έγινε φανερό και στους οστικούς δείκτες.



Σχήμα 5.2.4. Μεταβολή δύναμης χειρολαβής (%Δ) του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού μέσα στο 9-μηνο.

Ως προς τη γενική ανάπτυξη των κάτω άκρων παρατηρείται μια σταδιακά ανοδική τάση ανάπτυξης των οστικών δομών όσο και της άλιπης μάζας, η οποία φαίνεται να κορυφώνεται από την 3η στην 4η ομάδα. Μέσα στο 9-μηνο η ανάπτυξη του BMC και της άλιπης μάζας παρουσίασε τη μεγαλύτερη βελτίωση (19 & 11%, αντίστοιχα) στην 3η ομάδα (από την προ/περι-εφηβεία στην περι-εφηβεία) και για τα δύο άκρα. Αντίθετα, η οστική επιφάνεια παρουσίασε παρόμοια ανάπτυξη στις τρεις πρώτες ομάδες (11-13%) με μικρή μείωση (9%) στην 4η ομάδα και στα δύο άκρα. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν προηγούμενη μελέτη που έδειξε ότι η αύξηση της άλιπης μάζας αποτελεί σημαντικό παράγοντα πρόβλεψης της οστικής μάζας του μηριαίου οστού κατά την εφηβική ανάπτυξη (Vicente-Rodríguez, Ara, Perez-Gomez, Dorado, & Calbet, 2005).

Οι αντίστοιχες ασυμμετρίες ήταν αμελητέες και ασταθείς ως προς την κατεύθυνση κυρίως στις τρεις πρώτες ομάδες, γεγονός που επιβεβαιώνεται και σε προηγούμενες μελέτες σε παιδιά (Sanchis-Moysi et al., 2010b) και ενήλικες (Calbet et al., 1998). Μια πιθανή εξήγηση της συμμετρίας που παρουσιάζουν τα κάτω άκρα των αθλητών αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας θα μπορούσε να είναι το γεγονός ότι η πλευρική κυριαρχία στα κάτω άκρα είναι μικτή σε πολλά παιδιά μέχρι την εφηβεία (Gabbard, 1996). Αντίθετα, μια πρόσφατη μελέτη σε γυναίκες αθλήτριες αντισφαίρισης υψηλού επιπέδου έδειξε σημαντική υπεροχή του BMC του ετερόπλευρου ποδιού (Chapelle et al., 2021). Αντίστοιχα έχει παρατηρηθεί και σε άλλα μονόπλευρα αθλήματα (π.χ. πετοσφαίριση), η ασυμμετρία των άνω άκρων να ευνοεί την ανάπτυξη του

ετερόπλευρου ποδιού σε αθλητές υψηλού επιπέδου.

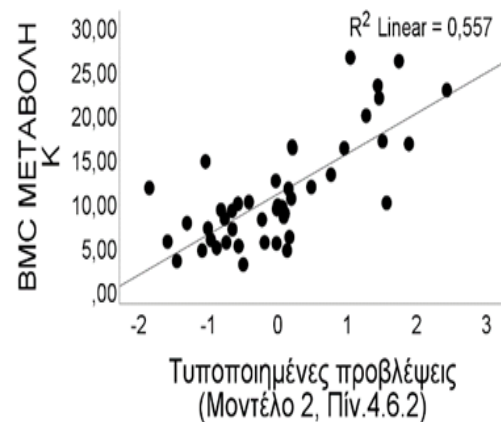
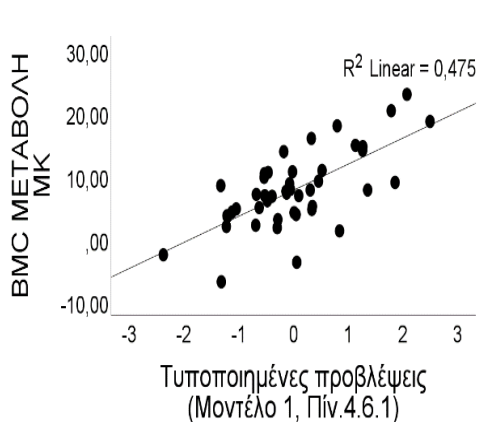
Στην παρούσα μελέτη θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε μια μικρή υπεροχή του μη-κυρίαρχου ποδιού στην 4η ομάδα τους οστικούς δείκτες και στην άλιπη μάζα (Πίνακες 4.3.1 – 4.3.3), όπου οι φορτίσεις και οι δυνάμεις αυξάνονται σταδιακά με την ηλικία και κατ' επέκταση και τα μηχανικά φορτία σε σχέση με τις μικρότερες ηλικιακά ομάδες. Επειδή όμως οι διαφορές δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές, χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να μπορέσει να φανεί μια πιθανή ετερόπλευρη υπεροχή στα κάτω άκρα στην εφηβική ηλικία.

Από εμβιομηχανικής άποψης το πόδι που είναι αντίθετο του κυρίαρχου χεριού αναμένεται να δεχτεί μεγαλύτερα μηχανικά φορτία από το ομόλογο πόδι (Calbet et al., 1998), όπου σύμφωνα με την άποψη της ετερόπλευρης ανάπτυξης μεταξύ των χεριών και των ποδιών σε μονόπλευρες κινήσεις των άνω άκρων, παρουσιάζεται μεγαλύτερη ανάπτυξη στην οστική δομή (Akman et al., 2008). Σε μελέτη των Sanchis-Moysi και συνεργατών (2010a) φάνηκε ότι ακόμη και κατά την παιδική ηλικία, σε αθλητές αντισφαίρισης παρόμοιας ηλικίας (10,8 και 10,4 ετών) με διαφορετική προπονητική επιβάρυνση (11 vs. 3 ώρες/εβδ) μπορεί να επέλθει επιπλέον μυϊκή υπερτροφία στο κυρίαρχο πόδι, χωρίς όμως να είναι στατιστικώς σημαντική. Η ανάπτυξη των κάτω άκρων σε σχέση με την επίδραση αθλημάτων με μονόπλευρη επιβάρυνση στα άνω άκρα χρήζει περαιτέρω έρευνας.

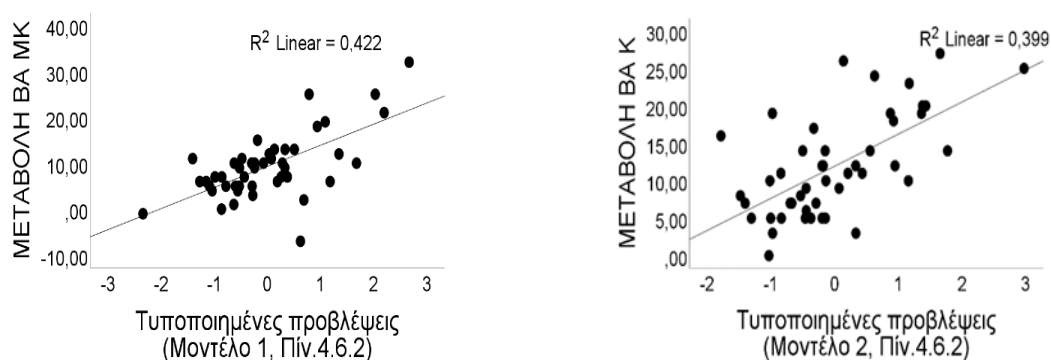
5.3. Σχέση οστικής ανάπτυξης και ασυμμετριών με ωρίμανση, προπονητική διάρκεια και φυσική δραστηριότητα

Σε μια προσπάθεια αποσαφήνισης και προσδιορισμού της σχέσης της γενικής ανάπτυξης των άνω άκρων και της εξέλιξης των ασυμμετριών με την ωρίμανση και την επίδραση της άσκησης, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η σωματική ωρίμανση, παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του BMC και της οστικής επιφάνειας στα άνω άκρα. Η ηλικία που απέχει ένα παιδί από την ηλικία πρόβλεψης της PHV (MO) καθώς και η ίδια η APHV, σχετίζεται σημαντικά με την ανάπτυξη του BMC και της οστικής επιφάνειας του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού (πριν και μετά το 9-μηνο). Ο ρυθμός ανάπτυξης του BMC παρουσίασε ανοδική τάση που σχετίζεται θετικά με την ηλικία επίτευξης του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης του ύψους (APHV: 11,8 – 12,7 χρόνια) και αρνητικά με τα χρόνια που απέχει από αυτήν (MO: -3,6 – 0,4). Πιο συγκεκριμένα, όσο το παιδί πλησιάζει στην APHV και μειώνεται ο χρόνος που απέχει από αυτήν, τόσο αυξάνεται και η οστική μάζα και επιφάνεια των άνω άκρων. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν προηγούμενες μελέτες που έδειξαν ότι η οστική μάζα αποκτάται αργά κατά

την παιδική ηλικία με το ρυθμό ανάπτυξης του BMC να φτάνει στην κορυφή λίγο μετά την επίτευξη της APHV (MO: ~ 0,7 χρόνια) (Bailey et al., 1999), με τα κορίτσια να προηγούνται σε σχέση με τα αγόρια (12,5 & 14,1 ετών, αντίστοιχα) (Weaver et al., 2016). Συνεπώς, όπως ήταν αναμενόμενο, η επίδραση των ορμονικών μεταβολών που πραγματοποιούνται κατά την αναπτυξιακή περίοδο, παρουσιάζει παρόμοια ένταση και διάρκεια και στα δύο άκρα, σε αντίθεση με τα μηχανικά φορτία που προκαλούνται από την ενασχόληση με την αντισφαίριση και είναι μέγιστα στο κυρίαρχο χέρι με σχετικά ελάχιστη επιρροή στο μη κυρίαρχο (Πίνακες 4.5.1 – 4.5.4). Μέσα στο 9-μηνο ο γραμμικός συνδυασμός της μεταβολής της ωρίμανσης, των συνολικών προπονητικών ωρών και της γενικής φυσικής δραστηριότητας εξήγησε το 56 και 48% της μεταβολής του BMC και το 40 και 42% του BA του κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού αντίστοιχα (Σχήμα 5.3.1 & Σχήμα 5.3.2), με τη μεταβολή του συνολικού χρόνου προπόνησης να σχετίζεται σημαντικά μόνο με την μεταβολή του BMC του κυρίαρχου χεριού.



Σχήμα 5.3.1. Μοντέλο πρόβλεψης μεταβολής BMC μη κυρίαρχου (αριστερά) και κυρίαρχου χεριού (δεξιά).



Σχήμα 5.3.2. Μοντέλο πρόβλεψης μεταβολής ΒΑ μη κυρίαρχου (αριστερά) και κυρίαρχου χεριού (δεξιά).

Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν προηγούμενες μελέτες που είχαν δείξει ότι η προπονητική συχνότητα/επιβάρυνση, όπως εκφράζεται μέσα από τις εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης (ώρες/εβδ.), τα συνολικά προπονητικά χρόνια ενασχόλησης και τις συνολικές ώρες προπόνησης από την πρώτη επαφή με το άθλημα, φαίνεται να ενισχύουν την υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού σε αθλητές αντισφαίρισης (Ducher et al., 2009; Sanchis-Moysi et al., 2012). Σε ενήλικες αθλητές αντισφαίρισης (25 ετών) υψηλού επιπέδου, από τις μεταβλητές που αφορούσαν το προπονητικό προφίλ τους (π.χ. χρόνια ενασχόλησης, συνολικές ώρες προπόνησης, εβδομαδιαία συχνότητα, διάρκεια προπόνησης), μόνο η εβδομαδιαία συχνότητα παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με την BMC ασυμμετρία στα οστά του άνω άκρου ($r = 0.46 - 0.63$) (Kannus et al., 1994). Ωστόσο αν και οι συνολικές ώρες προπόνησης έχει φανεί ότι συσχετίζονται με την ασυμμετρία στο BMC και στην οστική επιφάνεια της κερκίδας σε παιδιά και ενήλικες αθλητές αντισφαίρισης, δεν αναφέρονται ξεχωριστά στα παιδιά (Ducher et al., 2006). Αν και σε ενήλικες αθλητές οι εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης φαίνεται να σχετίζονται

σημαντικά με την ανάπτυξη των ασυμμετριών, σε αθλητές παιδικής και εφηβικής ηλικίας τα ευρήματα δεν είναι σαφή. Για παράδειγμα, ο Haapasalo και συνεργάτες (1998) δε βρήκαν σημαντική συσχέτιση της BMD ασυμμετρίας με τις συνολικές ώρες προπόνησης και την εβδομαδιαία συχνότητα (~2 ώρες/εβδ.) σε αθλητές που ανήκαν στο στάδιο Tanner I και II (μέση ηλικία: 9,4 & 10,8, αντίστοιχα), ενώ σημαντικές ήταν οι συσχετίσεις για το στάδιο III (μέση ηλικία: 12,6 και 2,7 ώρες/εβδ.). Αντίθετα, σύμφωνα με τους Sanchis-Moysi και συνεργάτες (2010a), βρέθηκε ότι οι διαφορές στις εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης (3 vs. 11 ώρες/εβδ.) πιθανόν να ερμηνεύουν τα διπλάσια ποσοστά BMC ασυμμετρίας (12 vs. 22%, αντίστοιχα) που παρατηρήθηκαν σε αθλητές προεφηβείας (Tanner I & II, μέση ηλικία: 10,4 & 10,8 ετών), με την BMC και ΒΑ ασυμμετρία να συσχετίζονται σημαντικά με τις εβδομαδιαίες ώρες προπόνησης.

Από τα προηγούμενα, γίνεται φανερό ότι, κατά την αναπτυξιακή ηλικία, η εβδομαδιαία προπονητική συχνότητα είναι ιδιαίτερα μεταβλητή σε σχέση με τους ενήλικες αθλητές που παρουσιάζει μια σταθερότητα. Αυτό θα μπορούσε να είναι ενδεχομένως μια πιθανή εξήγηση της μη σημαντικής

συσχέτισης των εβδομαδιαίων ωρών προπόνησης με την ανάπτυξη της οστικής μάζας του κυρίαρχου χεριού σε αθλητές αντισφαίρισης εφηβικής ηλικίας μέσα σε χρονικό διάστημα 12 μηνών συνεχούς προπόνησης (Ducher et al., 2011). Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη φάνηκε ότι η μεταβολή στις συνολικές ώρες προπόνησης συσχετίζεται θετικά με τη μεταβολή του BMC στο κυρίαρχο χέρι μέσα στο 9-μηνο αλλά όχι με την μεταβολή στο μη κυρίαρχο. Πιο συγκεκριμένα, οι αθλητές αντισφαίρισης που παρουσίασαν περισσότερες ώρες προπόνησης με συνεχή αύξηση μέσα στο 9-μηνο, είχαν μεγαλύτερη υπερτροφία στο κυρίαρχο χέρι, γεγονός που δείχνει ότι, κατά την αναπτυξιακή ηλικία, οι συνολικές ώρες προπόνησης είναι πιο αντιπροσωπευτικές στην ερμηνεία των οστικών ασυμμετριών από την εβδομαδιαία προπονητική συχνότητα (Palaiothodorou et al., 2020).

Οι περισσότερες μελέτες έχουν δώσει μεγάλη σημασία στην προπονητική συχνότητα σε μια προσπάθεια ερμηνείας της οστικής υπερτροφίας του κυρίαρχου χεριού σε αθλητές αντισφαίρισης. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη ότι οποιαδήποτε ορμονική και διατροφική διαφοροποίηση στα δύο άκρα είναι αμελητέα κατά την αναπτυξιακή ηλικία (Jones et al., 1977), η οστική υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού σε αθλητές αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα του συνολικού χρόνου μονόπλευρης επιβάρυνσης από την έναρξη της ενασχόλησής τους με το άθλημα, καθώς και των επιπλέον ασύμμετρων κινήσεων από τις καθημερινές δραστηριότητες. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι, κατά την αναπτυξιακή ηλικία, εμφανίζονται BMC ασυμμετρίες που εξελίσσονται

ακόμη και σε σύντομο χρονικό διάστημα (9 μήνες), με την συνολική προπονητική συχνότητα να αποτελεί τον σημαντικότερο ερμηνευτικό παράγοντα, χωρίς να είναι ξεκάθαρη η συνεισφορά της στην ασυμμετρία της οστικής επιφάνειας. Ωστόσο, τα ευρήματα αυτά μπορεί να υπόκεινται σε μια πιθανή ασύμμετρη γενετική προδιάθεση στην ανάπτυξη των οστών του κυρίαρχου χεριού (Pande & Singh, 1971), ή στην προπονητική ένταση σε αντίθεση με τον συνολικό χρόνο προπόνησης (Haapasalo et al., 1998) και τη λιγότερο ακριβή προπονητική συχνότητα (Ducher et al., 2006, 2009; Ireland et al., 2013; Sanchis-Moysi et al., 2010a).

Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την κατανόηση των μηχανισμών που οδηγούν σε διαφορές μεταξύ των άκρων και του μεγέθους των αλλαγών στην απόδοση που μπορεί να οφείλονται σε αυτές τις ασυμμετρίες. Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να διερευνηθεί μέσα από διαχρονικές μελέτες εάν η ύπαρξη ασυμμετριών από τόσο μικρή ηλικία επηρεάζει την απόδοση και την εμφάνιση τραυματισμών στην μετέπειτα αθλητική πορεία των παιδιών. Ωστόσο μελέτες σε αθλητές υψηλού επιπέδου σχετικά με την επίδραση των ασυμμετριών στην απόδοση έχουν δείξει αντικρουόμενα συμπεράσματα (Bishop, Turner, & Read, 2018).

Συμπερασματικά, η κατανόηση των ασύμμετρων προσαρμογών που επιφέρονται στο μυο-σκελετικό σύστημα από την μονόπλευρη επιβάρυνση κατά την αναπτυξιακή ηλικία θα πρέπει να απασχολεί προπονητές, φυσικοθεραπευτές και φυσίατρος, ώστε να στοχεύσουν στην ελαχιστοποίηση των αξιοσημείων διαφορών μεταξύ των δύο άκρων (>10%) που ενδεχομένως να

επιρεάζουν αρνητικά τη κινητική και κινηματική αλυσίδα των βασικών χτυπημάτων του αθλήματος και αυξάνουν τον κίνδυνο για εμφάνιση τραυματισμών. Συνεπώς, κατά την παιδική ηλικία η καθυστέρηση εξειδίκευσης του κυρίαρχου χεριού και η χρήση κατάλληλου εξοπλισμού για κάθε ηλικία μπορεί να προσφέρει αρμονικότερη μυο-σκελετική ανάπτυξη. Με την πάροδο της ηλικίας και καθώς τα παιδιά περνάνε στην εξειδίκευση της κυρίαρχης πλευράς, συνιστάται η συμμετοχή σε προγράμματα εξατομικευμένης προπόνησης τα οποία μπορούν να προβλέπουν παράλληλη ενδυνάμωση της μη κυρίαρχης πλευράς, του κορμού και των κάτω άκρων. Ωστόσο, απαιτούνται διαχρονικές μελέτες διερεύνησης της σχέσης των ασυμμετριών με την επίδοση, την απόδοση και τον κίνδυνο τραυματισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, αυτή η μελέτη δείχνει ότι:

- η γενική ανάπτυξη των οστικών και μυο-δυναμικών δεικτών των άνω και κάτω άκρων αθλητών αντισφαίρισης παιδικής και εφηβικής ηλικίας παρουσίασε ανοδικό ρυθμό ανάπτυξης με την ηλικία (7-13,5 ετών).
- η συστηματική ενασχόληση (5 ώρες/εβδ.) με την αντισφαίριση από την νηπιακή ηλικία (5 ετών) προκαλεί οστική (BMC:10-11% & BA:7-8%) και μυο-δυναμική υπερτροφία του κυρίαρχου χεριού (ΑΣΜ:3-5% & ΔΧ:18-19%) από την πρώιμη παιδική ηλικία (7-9 ετών) κιόλας.
- μέσα στο 9-μηνο η οστική ανάπτυξη του μη κυρίαρχου χεριού παρουσίασε μικρές μεταβολές (10-14% στο BMC & 9-11% στο BA), ενώ το κυρίαρχο χέρι παρουσίασε παρόμοια ανάπτυξη κατά την προ-εφηβεία (13-14% στο BMC & 10% στο BA) απότομη αύξηση στην προ/περι-εφηβεία (20% στο BMC & 15% στο BA) και απότομη μείωση στην περι/μετ-εφηβεία (11% στο BMC & 9,5% στο BA).
- η άλιπη σωματική μάζα του κυρίαρχου έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού παρουσίασε 7-11% υπεροχή στις τρεις μεγαλύτερες ηλικιακά ομάδες (9,5-13 ετών), με τη δύναμη χειρολαβής του κυρίαρχου χεριού να παρουσιάζει 12 έως 19% υπεροχή έναντι του μη-κυρίαρχου χεριού σε όλες τις ομάδες και στις δύο μετρήσεις.
- μέσα στο 9-μηνο οι οστικές ασυμμετρίες μεταβλήθηκαν σημαντικά κατά την μετάβαση από την προ/περι-στην περι-εφηβεία (59% στο BMC & 54% στο BA, 3η ομάδα), ενώ δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές οι μυο-δυναμικοί δείκτες σε καμία ομάδα.
- η σωματική ωρίμανση (APHV & MO) αποτέλεσε τον κύριο ερμηνευτικό παράγοντα της γενικής οστικής ανάπτυξης (BMC & BA) των άνω άκρων και της μεταβολής τους στο 9-μηνο, με τον συνολικό χρόνο προπόνησης να συσχετίζεται σημαντικά με την ανάπτυξη του κυρίαρχου χεριού και των ασυμμετριών.
- ως προς τα κάτω άκρα η συστηματική ενασχόληση με την αντισφαίριση κατά τη παιδική και εφηβική ηλικία δε φαίνεται να προκαλεί ασύμμετρες προσαρμογές, δείχνοντας ότι τα φορτία που λαμβάνουν δεν διαφοροποιούνται σημαντικά στα δύο άκρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akman, S. D., Karakas, P., & Bozkir, M. G. (2008). Bilateral asymmetry in sacrum and handedness. *Neurosurgery Quarterly*, 18(1), 66-68.
- Alfredson, H., Nordström, P., & Lorentzon, R. (1997). Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcified Tissue International*, 60(4), 338-342.
- Anderson MB (1979). Comparison of muscle patterning in the overarm throw and tennis serve. *Research Quarterly* 50(4), 541-553.
- Andrade, M. D. S., Fleury, A. M., de Lira, C. A. B., Dubas, J. P., & da Silva, A. C. (2010). Profile of isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of shoulder rotator muscles in elite female team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 28(7), 743-749.
- Andreoli, A., Monteleone, M., Van Loan, M., Promenzio, L., Tarantino, U., & De Lorenzo, A. (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 507-511.
- Annett, M. (1970). A classification of hand preference by association analysis. *British Journal of Psychology*, 61(3), 303-321.
- Annett, M. (1972). The distribution of manual asymmetry. *British Journal of Psychology*, 63(3), 343-358.
- Bachrach, L. K. (2005). Osteoporosis and measurement of bone mass in children and adolescents. *Endocrinology and Metabolism Clinics*, 34(3), 521-535.
- Bailey, D. A., McKay, H. A., Mirwald, R. L., Crocker, P. R. E., & Faulkner, R. A. (1999). A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14(10), 1672-1679.
- Baltaci, G., & Tunay, V. B. (2004). Isokinetic performance at diagonal pattern and shoulder mobility in elite overhead athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(4), 231-238.
- Bass, S. L., Saxon, L., Daly, R. M., Turner, C. H., Robling, A. G., Seeman, E., & Stuckey, S. (2002). The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri-, and postpubertal girls: a study in tennis players. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17(12), 2274-2280.
- Bass, S., Delmas, P. D., Pearce, G., Hendrich, E., Tabensky, A., & Seeman, E. (1999). The differing tempo of growth in bone size, mass, and density in girls is region-specific. *The Journal of Clinical Investigation*, 104(6), 795-804.
- Bass, S., Eser, P., & Daly, R. (2005). The effect of exercise and nutrition on the mechanostat. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 5(3), 239-254.
- Baxter-Jones, A. D., Faulkner, R. A., Forwood, M. R., Mirwald, R. L., & Bailey, D. A. (2011). Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, 26(8), 1729-1739.

- Bini, R. R., & Hume, P. A. (2015). Relationship between pedal force asymmetry and performance in cycling time trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55, 898–982.
- Bishop, C., Turner, A., & Read, P. (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(10), 1135-1144.
- Bradney, M., Pearce, G., Naughton, G., Sullivan, C., Bass, S., Beck, T., ... & Seeman, E. (1998). Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density, and bone strength: a controlled prospective study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 13(12), 1814-1821.
- Bryden, M. P. (1982). *Laterality: Functional asymmetry in the normal brain*. New York, Academic Press.
- Buckley, J. P., & Kerwin, D. G. (1988). The role of the biceps and triceps brachii during tennis serving. *Ergonomics*, 31(11), 1621-1629.
- Buskirk, E. R., Andersen, K. L., & Brozek, J. (1956). Unilateral activity and bone and muscle development in the forearm. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 27(2), 127-131.
- Calbet, J. A. L., Moysi, J. S., Dorado, C., & Rodriguez, L. P. (1998). Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcified Tissue International*, 62(6), 491-496.
- Calbet, J. A., Dorado, C., Diaz-Herrera, P., & Rodriguez-Rodriguez, L. P. (2001). High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(10), 1682-1687.
- Carpes, F. P., Mota, C. B., & Faria, I. E. (2010). On the bilateral asymmetry during running and cycling—A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*, 11(4), 136-142.
- Carpes, F. P., Rossato, M., Faria, I. E., & Bolli Mota, C. (2007). Bilateral pedaling asymmetry during a simulated 40-km cycling time-trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(1), 51.
- Carroll, R. (1981). Tennis elbow: incidence in local league players. *British Journal of Sports Medicine*, 15(4), 250-256.
- Caspersen, C. J., Pereira, M. A., & Curran, K. M. (2000). Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9), 1601-1609.
- Cavill, S., & Bryden, P. (2003). Development of handedness: comparison of questionnaire and performance-based measures of preference. *Brain and Cognition*, 53(2), 149-151.
- Chandler, T. J., Kibler, W. B., Stracener, E. C., Ziegler, A. K., & Pace, B. (1992). Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*, 20(4), 455-458.
- Chapelle, L., Rommers, N., Clarys, P., & D'Hondt, E. (2021). Whole-body morphological asymmetries in high-level female tennis players: A cross-sectional study. *Journal of Sports Sciences*, 39(7), 777-782.
- Chapelle, L., Rommers, N., Clarys, P., D'Hondt, E., & Taeymans, J. (2019). Upper extremity bone mineral content asymmetries in tennis players: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 988-997.

- Chinn, C. J., Priest, J. D., & Kent, B. E. (1974). Upper extremity range of motion, grip strength, and girth in highly skilled tennis players. *Physical Therapy*, 54(5), 474-483.
- Chow, J. W., Park, S. A., & Tillman, M. D. (2009). Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. *BMC Sports Science, Medicine, and Rehabilitation*, 1(1), 24.
- Colak, T., Bamac, B., Özbek, A., Budak, F., & Bamaç, Y. S. (2004). Nerve conduction studies of upper extremities in tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(5), 632-635.
- Coren, S., & Porac, C. (1978). The validity and reliability of self-report items for the measurement of lateral preference. *British Journal of Psychology*, 69(2), 207-211.
- Corey, D. M., Hurley, M. M., & Foundas, A. L. (2001). Right and left handedness defined: a multivariate approach using hand preference and hand performance measures. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 14(3), 144-152.
- Costa-Moreira, O., Patrocínio-de-Oliveira, C. E., & de-Paz, J. A. (2018). Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) reliability and intraobserver reproducibility for segmental body composition measuring. *Nutrición Hospitalaria*, 35(2), 340-345.
- Daly, R. M., Saxon, L., Turner, C. H., Robling, A. G., & Bass, S. L. (2004). The relationship between muscle size and bone geometry during growth and in response to exercise. *Bone*, 34(2), 281-287.
- Dorado, C., Moysi, J. S., Vicente, G., Serrano, J. A., Rodriguez, L. P., & Calbet, J. A. L. (2002). Bone mass, bone mineral density and muscle mass in professional golfers. *Journal of Sports Sciences*, 20(8), 591-597.
- Dos Santos, K. B., Pereira, G., Papoti, M., Bento, P. C. B., & Rodacki, A. (2013). Propulsive force asymmetry during tethered swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 34(07), 606-611.
- Ducher, G., Bass, S. L., Saxon, L., & Daly, R. M. (2011). Effects of repetitive loading on the growth-induced changes in bone mass and cortical bone geometry: A 12-month study in pre/peri-and postmenarcheal tennis players. *Journal of Bone and Mineral Research*, 26(6), 1321-1329.
- Ducher, G., Courteix, D., Meme, S., Magni, C., Viala, J. F., & Benhamou, C. L. (2005a). Bone geometry in response to long-term tennis playing and its relationship with muscle volume: a quantitative magnetic resonance imaging study in tennis players. *Bone*, 37(4), 457-466.
- Ducher, G., Daly, R. M., & Bass, S. L. (2009). Effects of repetitive loading on bone mass and geometry in young male tennis players: a quantitative study using MRI. *Journal of Bone and Mineral Research*, 24(10), 1686-1692.
- Ducher, G., Jaffré, C., Arlettaz, A., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2005b). Effects of long-term tennis playing on the muscle-bone relationship in the dominant and nondominant forearms. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 30(1), 3-17.
- Ducher, G., Prouteau, S., Courteix, D., & Benhamou, C. L. (2004). Cortical and trabecular bone at the forearm show different adaptation patterns in response to tennis playing. *Journal of Clinical Densitometry*, 7(4), 399-405.
- Ducher, G., Tournaire, N., Meddahi-Pellé, A., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2006). Short-term and long-term site-specific effects of tennis playing on

- trabecular and cortical bone at the distal radius. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 24(6), 484-490.
- Duckham, R. L., Hawley, N. L., Rodda, C., Rantalainen, T., & Hesketh, K. D. (2021). The skeletal maturity of Australian children aged 10–13 years in 2016. *Annals of Human Biology*, 48(2), 150-152.
- Ellenbecker, T. S. (1991). A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players. *Isokinetics and Exercise Science*, 1(1), 9-21.
- Ellenbecker, T. S., & Roetert, E. P. (1999). Testing isokinetic muscular fatigue of shoulder internal and external rotation in elite junior tennis players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 29(5), 275-281.
- Ellenbecker, T. S., Roetert, E. P., & Riewald, S. (2006). Isokinetic profile of wrist and forearm strength in elite female junior tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 411-414.
- Ellenbecker, T. S., Roetert, E. P., Sueyoshi, T., & Riewald, S. (2007). A descriptive profile of age-specific knee extension flexion strength in elite junior tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 728-732.
- Ellenbecker, T., & Roetert, E. P. (2003). Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 63-70.
- Ellenbeckert, T. S. (1992). Shoulder internal and external rotation strength and range of motion of highly skilled junior tennis players. *Isokinetics and Exercise Science*, 2(2), 65-72.
- Elliott B. C. (1983). Spin and the power serve in tennis. *Journal of Human Movement Studies* 9(2), 97–104.
- Elliott, B. (2006). Biomechanics and tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 392-396.
- Elliott, B. C., Marshall, R. N., & Noffal, G. J. (1995). Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *Journal of Applied Biomechanics*, 11(4), 433-442.
- Elliott, B., Fleisig, G., Nicholls, R., & Escamilia, R. (2003). Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 76-87.
- Elliott, B., Takahashi, K., & Noffal, G. (1997). The influence of grip position on upper limb contributions to racket head velocity in a tennis forehand. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), 182-196.
- Etherington, J., Harris, P. A., Nandra, D., Hart, D. J., Wolman, R. L., Doyle, D. V., & Spector, T. D. (1996). The effect of weight-bearing exercise on bone mineral density: a study of female ex-elite athletes and the general population. *Journal of Bone and Mineral Research*, 11(9), 1333-1338.
- Faulkner, R. A., Houston, C. S., Bailey, D. A., Drinkwater, D. T., McKay, H. A., & Wilkinson, A. A. (1993). Comparison of bone mineral content and bone mineral density between dominant and nondominant limbs in children 8–16 years of age. *American Journal of Human Biology*, 5(4), 491-499.
- Fehling, P. C., Alekel, L., Clasey, J., Rector, A., & Stillman, R. J. (1995). A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*, 17(3), 205-210.
- Ferrari, S. L., Chevalley, T., Bonjour, J. P., & Rizzoli, R. (2006). Childhood fractures are associated with decreased bone mass gain during puberty: an early marker

- of persistent bone fragility? *Journal of Bone and Mineral Research*, 21(4), 501-507.
- Fleming, J. C., & McGregor, A. H. (2005). Forearm muscle profiles in tennis players. *Isokinetics and Exercise Science*, 13(2), 147-151.
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010a). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 364.
- Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2010b). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British Journal of Sports Medicine*, 45(9), 709-714.
- Fuchs, R. K., Bauer, J. J., & Snow, C. M. (2001). Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16(1), 148-156.
- Gabbard, C. (1996). Foot laterality in children, adolescents, and adults. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 1(3), 199-206.
- Giangarra, C. E., Conroy, B., Jobe, F. W., Pink, M., & Perry, J. (1993). Electromyographic and cinematographic analysis of elbow function in tennis players using single-and double-handed backhand strokes. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(3), 394-399.
- Godin, G., & Shephard, R. J. (1985). A simple method to assess exercise behavior in the community. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 10(3), 141-146.
- Gómez-Bruton, A., Matute-Llorente, Á., González-Agüero, A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2017). Plyometric exercise and bone health in children and adolescents: a systematic review. *World Journal of Pediatrics*, 13(2), 112-121.
- Gozlan, G., Bensoussan, L., Coudreuse, J. M., Fondarai, J., Gremeaux, V., Viton, J. M., & Delarque, A. (2006, February). Mesure de la force des muscles rotateurs de l'épaule chez des sportifs sains de haut niveau (natation, volley-ball, tennis) par dynamomètre isocinétique: comparaison entre épaule dominante et non dominante. In *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 49(1), 8-15.
- Haapasalo, H., Kannus, P., Sievänen, H., Pasanen, M., Uusi-Rasi, K., Heinonen, A., ... & Vuori, I. (1998). Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *Journal of Bone and Mineral Research*, 13(2), 310-319.
- Haapasalo, H., Kontulainen, S., Sievänen, H., Kannus, P., Järvinen, M., & Vuori, I. (2000). Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone*, 27(3), 351-357.
- Haapasalo, H., Sievanen, H., Kannus, P., Heinonen, A., Oja, P., & Vuori, I. (1996). Dimensions and estimated mechanical characteristics of the humerus after long-term tennis loading. *Journal of Bone and Mineral Research*, 11(6), 864-872.
- Hagemann, N. (2009). The advantage of being left-handed in interactive sports. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(7), 1641-1648.

- Hager-Ross, C., & Rosblad, B. (2002). Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatrica*, 91(6), 617-625.
- Hart, N. H., Nimphius, S., Rantalainen, T., Ireland, A., Siafarikas, A., & Newton, R. U. (2017). Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 17(3), 114.
- Hedges, L. V. (1982). Estimation of effect size from a series of independent experiments. *Psychological Bulletin*, 92(2), 490.
- Heinonen, A., Oja, P., Kannus, P., Sievänen, H., Mänttari, A., & Vuori, I. (1993). Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone and Mineral*, 23(1), 1-14.
- Hennig, E. M., Rosenbaum, D., & Milani, T. L. (1992). Transfer of tennis racket vibrations onto the human forearm. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(10), 1134-1140.
- Hepper, P. G., Shahidullah, S., & White, R. (1991). Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia*, 29(11), 1107-1111.
- Hind, K., & Burrows, M. (2007). Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: a review of controlled trials. *Bone*, 40(1), 14-27.
- Ireland, A., Maden-Wilkinson, T., Ganse, B., Degens, H., & Rittweger, J. (2014). Effects of age and starting age upon side asymmetry in the arms of veteran tennis players: a cross-sectional study. *Osteoporosis International*, 25(4), 1389-1400.
- Ireland, A., Maden-Wilkinson, T., McPhee, J., Cooke, K., Narici, M., Degens, H., & Rittweger, J. (2013). Upper limb muscle-bone asymmetries and bone adaptation in elite youth tennis players. *Medicine of Science Sports and Exercise*, 45(9), 1749-58.
- Ishikawa, S., Kim, Y., Kang, M., & Morgan, D. W. (2013). Effects of weight-bearing exercise on bone health in girls: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 43(9), 875-892.
- Janz, K. F., Burns, T. L., & Levy, S. M. (2005). Tracking of activity and sedentary behaviors in childhood: the Iowa Bone Development Study. *American Journal of Preventive Medicine*, 29(3), 171-178.
- Johannsen, N., Binkley, T., Englert, V., Neiderauer, G., & Specker, B. (2003). Bone response to jumping is site-specific in children: a randomized trial. *Bone*, 33(4), 533-539.
- Jones, H. H., Priest, J. D., Hayes, W. C., Tichenor, C. C., & Nagel, D. A. (1977). Humeral hypertrophy in response to exercise. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 59(2), 204-8.
- Kannus, P., Haapasalo, H., Sankelo, M., Sievanen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., ... Vuori, I. (1995). Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Annals of Internal Medicine*, 123(1), 27-31.
- Kannus, P., Haapasalo, H., Sievänen, H., Oja, P., & Vuori, I. (1994). The site-specific effects of long-term unilateral activity on bone mineral density and content. *Bone*, 15(3), 279-284.
- Keppel, G., & Wickens, T. D. (2004). *Design and Analysis: A researcher's handbook*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

- Kibler, W. B., & Safran, M. R. (2000). Musculoskeletal injuries in the young tennis player. *Clinics in Sports Medicine*, 19(4), 781-792.
- Kim, J., Shen, W., Gallagher, D., Jones, A., Wang, Z., Wang, J., ... & Heymsfield, S. B. (2006). Total-body skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(5), 1014-1020.
- Kim, J., Wang, Z., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N., & Gallagher, D. (2002). Total-body skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy X-ray absorptiometry method. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(2), 378-383.
- Kinney, A. R., Eakman, A. M., & Graham, J. E. (2020). Novel effect size interpretation guidelines and an evaluation of statistical power in rehabilitation research. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101, 2219-26.
- Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 76-81.
- Kontulainen, S. A. I. J. A., Kannus, P. E. K. K. A., Haapasalo, H. E. I. D. I., Heinonen, A., Sievänen, H. A. R. R. I., Oja, P. E. K. K. A., & Vuori, I. L. K. K. A. (1999). Changes in bone mineral content with decreased training in competitive young adult tennis players and controls: a prospective 4-yr follow-up. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), 646-652.
- Kontulainen, S., Kannus, P., Haapasalo, H., Sievänen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., ... & Vuori, I. (2001). Good maintenance of exercise-induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: a prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16(2), 195-201.
- Kontulainen, S., Sievänen, H., Kannus, P., Pasanen, M., & Vuori, I. (2002). Effect of Long-Term Impact-Loading on Mass, Size, and Estimated Strength of Humerus and Radius of Female Racquet-Sports Players: A Peripheral Quantitative Computed Tomography Study Between Young and Old Starters and Controls. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17(12), 2281-2289.
- Kozieł, S. M., & Malina, R. M. (2018). Modified maturity offset prediction equations: validation in independent longitudinal samples of boys and girls. *Sports Medicine*, 48(1), 221-236.
- Krahl, H., Michaelis, U., Pieper, H. G., Quack, G., & Montag, M. (1994). Stimulation of Bone Growth Through Sports: A Radiologic Investigation of the Upper Extremities in Professional Tennis Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(6), 751-757.
- Kriska, A.M., & Caspersen, C.J. (1997). A collection of physical activity questionnaires for health-related research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, SI- S205.
- Lees, A. (2003). Science and the major racket sports: a review. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), 707-732.
- Lijewski, M., Burdukiewicz, A., Pietraszewska, J., Andrzejewska, J., & Stachoń, A. (2021). Asymmetry of Muscle Mass Distribution and Grip Strength in

- Professional Handball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1913.
- Liu, T., & Jensen, J. L. (2012). Age-related differences in bilateral asymmetry in cycling performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(1), 114-119.
- Lucki, N. C., & Nicolay, C. W. (2007). Phenotypic plasticity and functional asymmetry in response to grip forces exerted by intercollegiate tennis players. *American Journal of Human Biology*, 19(4), 566-577.
- MacKelvie, K. J., Khan, K. M., & McKay, H. A. (2002). Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 36(4), 250-257.
- Madrugá-Parera, M., Bishop, C., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Beltran-Valls, M. R., Skok, O. G., & Romero-Rodríguez, D. (2020). Interlimb asymmetries in youth tennis players: Relationships with performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(10), 2815-2823.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human Kinetics.
- 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(6), 567-572.
- Margulies, L., Horlick, M., Thornton, J. C., Wang, J., Ioannidou, E., & Heymsfield, S. B. (2005). Reproducibility of pediatric whole-body bone and body composition measures by dual-energy X-ray absorptiometry using the GE Lunar Prodigy. *Journal of Clinical Densitometry*, 8(3), 298-304.
- Markou, S., & Vagenas, G. (2006). Multivariate isokinetic asymmetry of the knee and shoulder in elite volleyball players. *European Journal of Sport Science*, 6(01), 71-80.
- Marshall, W. A., & Tanner, J. M. (1969). Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Archives of Disease in Childhood*, 44(235), 291.
- Marshall, W. A., & Tanner, J. M. (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of Disease in Childhood*, 45(239), 13-23.
- Mathiowetz, V., Wiemer, D. M., & Federman, S. M. (1986). Grip and pinch strength: norms for 6-to 19-year-olds. *The American Journal of Occupational Therapy*, 40(10), 705-711.
- Maughan, R. J., Abel, R. W., Watson, J. S., & Weir, J. (1986). Forearm composition and muscle function in trained and untrained limbs. *Clinical Physiology*, 6(4), 389-396.
- Mauras, N., Rogol, A. D., Haymond, M. W., & Veldhuis, J. D. (1996). Sex steroids, growth hormone, insulin-like growth factor-1: neuroendocrine and metabolic regulation in puberty. *Hormone Research in Paediatrics*, 45(1-2), 74-80.
- McManus, I. C., Sik, G., Cole, D. R., Mellon, A. F., Wong, J., & Kloss, J. (1988). The development of handedness in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 6(3), 257-273.
- Mølgaard, C., Thomsen, B. L., Prentice, A., Cole, T. J., & Michaelsen, K. F. (1997). Whole body bone mineral content in healthy children and adolescents. *Archives of Disease in Childhood*, 76(1), 9-15.

- Morouço, P. G., Marinho, D. A., Fernandes, R. J., & Marques, M. C. (2015). Quantification of upper limb kinetic asymmetries in front crawl swimming. *Human Movement Science, 40*, 185-192.
- Morris, F. L., Naughton, G. A., Gibbs, J. L., Carlson, J. S., & Wark, J. D. (1997). Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *Journal of Bone and Mineral Research, 12*(9), 1453-1462.
- Morris, M., Jobe, F. W., Perry, J., Pink, M., & Healy, B. S. (1989). Electromyographic analysis of elbow function in tennis players. *The American Journal of Sports Medicine, 17*(2), 241-247.
- Morseth, B., Emaus, N., & Jørgensen, L. (2011). Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. A review. *Norsk Epidemiologi, 20*(2).
- Nara-Ashizawa, N., Liu, L. J., Higuchi, T., Tokuyama, K., Hayashi, K., Shirasaki, Y., ... Saitoh, S. (2002). Paradoxical adaptation of mature radius to unilateral use in tennis playing. *Bone, 30*(4), 619-623.
- Niederbracht, Y., & Shim, A. L. (2008). Concentric internal and eccentric external fatigue resistance of the shoulder rotator muscles in female tennis players. *North American Journal of Sports Physical Therapy, 3*(2), 89.
- Nigg, B. M., Frederick, E. C., Hawes, M. R., & Luethi, S. M. (1986). Factors influencing short-term pain and injuries in tennis. *International Journal of Sports Biomechanics, 2*(3).
- Nikander, R., Sievänen, H., Heinonen, A., Daly, R. M., Uusi-Rasi, K., & Kannus, P. (2010). Targeted exercise against osteoporosis: a systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC Medicine, 8*(1), 47.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia, 9*(1), 97-113.
- Olmedillas, H., Sanchis-Moysi, J., Fuentes, T., Guadalupe-Grau, A., Ponce-González, J. G., Morales-Alamo, D., ... Guerra, B. (2010). Muscle hypertrophy and increased expression of leptin receptors in the musculus triceps brachii of the dominant arm in professional tennis players. *European Journal of Applied Physiology, 108*(4), 749-758.
- Owens MS, & Lee HY (1969). A determination of velocities and angles of projection for the tennis serve. *Research Quarterly 40*(4): 750–754.
- Palaiothodorou, D., Antoniou, T., & Vagenas, G. (2020). Bone asymmetries in the limbs of children tennis players: testing the combined effects of age, sex, training time, and maturity status. *Journal of Sports Sciences, 38*(20), 2298-2306.
- Pande, B., & Singh, I. N. D. E. R. B. I. R. (1971). One-sided dominance in the upper limbs of human fetuses as evidenced by asymmetry in muscle and bone weight. *Journal of Anatomy, 109*(Pt 3), 457.
- Perelle, I. B., & Ehrman, L. (1994). An international study of human handedness: the data. *Behavior Genetics, 24*(3), 217-227.
- Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., Royo, I. A., Vicente-Rodriguez, G., Ortiz, R. A., ... & Calbet, J. A. (2008). Effects of weightlifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body

- composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(3), 501-510.
- Petersen, P., Petrick, M., Connor, H., & Conklin, D. (1989). Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. *American Journal of Occupational Therapy*, 43(7), 444-447.
- Pirnay, F., Bodeux, M., Crielaard, J. M., & Franchimont, P. (1987). Bone mineral content and physical activity. *International Journal of Sports Medicine*, 8(5), 331-335.
- Pluim, B. M., Staal, J. B., Marks, B. L., Miller, S., & Miley, D. (2007). Health benefits of tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 760-768.
- Priest JD, Braden V, & Gerberich SG (1980). The elbow and tennis - part 1. *Physician and Sports Medicine* 8(4), 81-91.
- Raissaki, M., Apostolaki, E., & Karantanias, A. H. (2007). Imaging of sports injuries in children and adolescents. *European Journal of Radiology*, 62(1), 86-96.
- Rasmussen, A. R., Wohlfahrt-Veje, C., Tefre de Renzy-Martin, K., Hagen, C. P., Tinggaard, J., Mouritsen, A., ... & Main, K. M. (2015). Validity of self-assessment of pubertal maturation. *Pediatrics*, 135(1), 86-93.
- Rizzoli, R., & Bonjour, J. P. (1999). Determinants of peak bone mass and mechanisms of bone loss. *Osteoporosis International*, 9, 17-23.
- Rogol, A. D., Clark, P. A., & Roemmich, J. N. (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2), 521-528.
- Rogowski, I., Creveaux, T., Genevois, C., Klouche, S., Rahme, M., & Hardy, P. (2016). Upper limb joint muscle/tendon injury and anthropometric adaptations in French competitive tennis players. *European Journal of Sport Science*, 16(4), 483-489.
- Rogowski, I., Ducher, G., Brosseau, O., & Hautier, C. (2008). Asymmetry in volume between dominant and nondominant upper limbs in young tennis players. *Pediatric Exercise Science*, 20(3), 263-72.
- Rynkiewicz, M., Rynkiewicz, T., Żurek, P., Ziemann, E., & Szymanik, R. (2013). Asymmetry of muscle mass distribution in tennis players. *Trends in Sport Sciences*, 1(20), 47-53.
- Ryu, R. K., McCormick, J., Jobe, F. W., Moynes, D. R., & Antonelli, D. J. (1988). An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players. *The American journal of sports medicine*, 16(5), 481-485.
- Saccol, M. F., Gracitelli, G. C., da Silva, R. T., de Souza Laurino, C. F., Fleury, A. M., dos Santos Andrade, M., & da Silva, A. C. (2010). Shoulder functional ratio in elite junior tennis players. *Physical Therapy in Sport*, 11(1), 8-11.
- Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F., & Labelle, H. (2000). Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait & Posture*, 12(1), 34-45.
- Safran, M. R., Hutchinson, M. R., Moss, R., & Albrandt, J. (1999, March). A comparison of injuries in elite boys and girls tennis players. In *9th Annual meeting of the Society for Tennis Medicine and Science*.
- Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Olmedillas, H., Serrano-Sanchez, J. A., & Calbet, J. A. L. (2010b). Bone mass in prepubertal tennis players. *International Journal of Sports Medicine*, 31(6), 416-420.
- Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Olmedillas, H., Serrano-Sanchez, J. A., & Calbet, J. A. (2010a). Bone and lean mass inter-arm asymmetries in young male tennis

- players depend on training frequency. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 83-90.
- Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Vicente-Rodríguez, G., Milutinovic, L., Garces, G. L., & Calbet, J. A. L. (2004). Inter-arm asymmetry in bone mineral content and bone area in postmenopausal recreational tennis players. *Maturitas*, 48(3), 289-298.
- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Álamo-Arce, D., Calbet, J. A., & Dorado, C. (2016). The core musculature in male prepubescent tennis players and untrained counterparts: a volumetric MRI study. *Journal of Sports Sciences*, 35(8), 791-797.
- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Izquierdo, M., Calbet, J. A., & Dorado, C. (2011). Iliopsoas and gluteal muscles are asymmetric in tennis players but not in soccer players. *PloS One*, 6(7), e22858.
- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Olmedillas, H., Guadalupe-Grau, A., Alayon, S., Carreras, A., ... Calbet, J. A. L. (2010c). The upper extremity of the professional tennis player: muscle volumes, fiber-type distribution and muscle strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 524-534.
- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Serrano-Sanchez, J. A., Dorado, C., & Calbet, J. A. (2012). Muscle hypertrophy in prepubescent tennis players: a segmentation MRI study. *PloS One*, 7(3), e33622.
- Scharoun, S. M., & Bryden, P. J. (2014). Hand preference, performance abilities, and hand selection in children. *Frontiers in Psychology*, 5, 82.
- Schons, P., Da Rosa, R. G., Fischer, G., Berriel, G. P., Fritsch, C. G., Nakamura, F. Y., ... & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). The relationship between strength asymmetries and jumping performance in professional volleyball players. *Sports Biomechanics*, 515-526.
- Shephard, R. (1997). Godin leisure-time exercise questionnaire. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(6), 36-38.
- Slater-Hammel, A. T. (1949). An action current study of contraction-movement relationships in the tennis stroke. *Research Quarterly*, 20(4), 424-431.
- Slemenda, C. W., Reister, T. K., Hui, S. L., Miller, J. Z., Christian, J. C., & Johnston Jr, C. C. (1994). Influences on skeletal mineralization in children and adolescents: evidence for varying effects of sexual maturation and physical activity. *The Journal of Pediatrics*, 125(2), 201-207.
- Steenhuis, R. E., Bryden, M. P., Schwartz, M., & Lawson, S. (1990). Reliability of hand preference items and factors. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 12(6), 921-930.
- Strizak, A. M., Gleim, G. W., Sapega, A., & Nicholas, J. A. (1983). Hand and forearm strength and its relation to tennis. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(4), 234-239.
- Tanner, J. M. (1962). *Growth at adolescence (2nd ed)*. Thomas: Springfield, Ill.
- Turner, C. H. (1998). Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone*, 23(5), 399-407.
- Vagenas, G., & Hoshizaki, B. (1991). Functional asymmetries and lateral dominance in the lower limbs of distance runners. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7(4), 311-329.

- Vagenas, G., & Hoshizaki, B. (1992). A multivariable analysis of lower extremity kinematic asymmetry in running. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8(1), 11-29.
- Valdimarsson, Ö., Lindén, C., Johnell, O., Gardsell, P., & Karlsson, M. K. (2006). Daily physical education in the school curriculum in prepubertal girls during 1 year is followed by an increase in bone mineral accrual and bone width—data from the prospective controlled Malmö pediatric osteoporosis prevention study. *Calcified Tissue International*, 78(2), 65-71.
- Van der Hoeven, H., & Kibler, W. B. (2006). Shoulder injuries in tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 435-440.
- Van der Sluis, I. M., De Ridder, M. A. J., Boot, A. M., Krenning, E. P., & de Muinck Keizer-Schrama, S. M. P. F. (2002). Reference data for bone density and body composition measured with dual energy x ray absorptiometry in white children and young adults. *Archives of Disease in Childhood*, 87(4), 341-347.
- Van Gheluwe, B., & Hebbelinck, M. (1986). Muscle actions and ground reaction forces in tennis. *International Journal of Sport Biomechanics* 2(30), 88-99.
- Van Valen, L. (1962). A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 125-142.
- Vicente-Rodríguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth? *Sports Medicine*, 36(7), 561-569.
- Vicente-Rodríguez, G. E. R. M. A. N., Ara, I. G. N. A. C. I. O., Perez-Gomez, J. O. R. G. E., Serrano-Sanchez, J. A., Dorado, C. E. C. I. L. I. A., & Calbet, J. A. (2004). High femoral bone mineral density accretion in prepubertal soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1789-1795.
- Vicente-Rodríguez, G., Ara, I., Pérez-Gómez, J., Dorado, C., & Calbet, J. A. (2005). Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), 611-616.
- Vicente-Rodríguez, G., Ara, I., Perez-Gomez, J., Dorado, C., & Calbet, J. A. L. (2005). Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), 611-616.
- Vicente-Rodríguez, G., Ezquerra, J., Mesana, M. I., Fernández-Alvira, J. M., Rey-López, J. P., Casajus, J. A., & Moreno, L. A. (2008). Independent and combined effect of nutrition and exercise on bone mass development. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 26(5), 416-424.
- Viru, A., Laaneots, L., Karelson, K., Smirnova, T., & Viru, M. (1998). Exercise-induced hormone responses in girls at different stages of sexual maturation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(5), 401-408.
- Wang, H. K., & Cochrane, T. (2001). Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 403-410.
- Warden, S. J., Bogenschutz, E. D., Smith, H. D., & Gutierrez, A. R. (2009). Throwing induces substantial torsional adaptation within the midshaft humerus of male baseball players. *Bone*, 45(5), 931-941.
- Warner, J. T., Cowan, F. J., Dunstan, F. D. J., Evans, W. D., Webb, D. K. H., & Gregory, J. W. (1998). Measured and predicted bone mineral content in

- healthy boys and girls aged 6–18 years: adjustment for body size and puberty. *Acta Paediatrica*, 87(3), 244-249.
- Weaver, C. M., Gordon, C. M., Janz, K. F., Kalkwarf, H. J., Lappe, J. M., Lewis, R., ... & Zemel, B. S. (2016). The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis International*, 27(4), 1281-1386.
- Webber, C. E. (1995). Dual photon transmission measurements of bone mass and body composition during growth. *New Horizons in Pediatric Exercise Science*, 57-76.
- Woo, T. L. & Pearson, K. (1927). Dextrality and sinistrality of hand and eye. *Biometrika* 19, 165-199.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
Έγκριση Δεοντολογίας-Βιοηθικής



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΒΙΟΗΘΙΚΗΣ

Δάφνη 9/6/2017

Αγαπητή κυρία Παλαιοθοδώρου,

Η εσωτερική Επιτροπή Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, στη συνεδρίασή της στις 06-09-2017 εξέτασε την αίτησή σας με τίτλο “ΟΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΥΪΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΑΝΤΙΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 7-9 ΕΤΩΝ: ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ” (αρ. πρωτ. 1019/6/9/2017) και αποφάσισε ότι η μελέτη εγκρίνεται ως έχει. Παρακαλούμε να αναφέρετε τους φορείς από τους οποίους έχετε λάβει άδειες (σελ. 8 της αίτησής σας) και να τις προσκομίσετε στην επιτροπή .

Ο συντονιστής της Επιτροπής

Γρηγόρης Μπογδάνης,
Επικ. Καθηγητής ΣΕΦΑΑ, ΕΚΠΑ



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΒΙΟΗΘΙΚΗΣ

Δάφνη, Τετάρτη, 31 Ιανουαρίου 2018

Αγαπητή κυρία Παλαιοθοδώρου,

Η εσωτερική Επιτροπή Ερευνητικής Δεοντολογίας-Βιοηθικής της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, στη συνεδρίασή της στις 30-01-2018 εξέτασε τη συμπληρωματική σας αίτησή με τίτλο "ΟΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΥΪΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΑΝΤΙΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 7-9 ΕΤΩΝ: ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ" (αρ. πρωτ. 1019/6/9/2017 και 22/12/2017) και αποφάσισε ότι εγκρίνονται όλες οι επιπλέον μετρήσεις. Θα πρέπει να τονισθεί ότι η καταγραφή του σταδίου ωρίμανσης κατά Tanner να γίνει από τους γονείς με μέγιστη διακριτικότητα.

Ο συντονιστής της Επιτροπής

Γρηγόρης Μπογδάνης,
Επικ. Καθηγητής ΣΕΦΑΑ, ΕΚΠΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Έντυπο συγκατάθεσης γονέα κατόπιν ενημέρωσης



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ»

Αθήνα.....

ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ

Αγαπητοί γονείς,

Με την επιστολή αυτή σας ενημερώνουμε ότι από τον Ιανουάριο του 2018 θα διεξαχθεί επιστημονική έρευνα σε παιδιά – τενίστες με στόχο την καταγραφή της σκελετικής και μυϊκής ανάπτυξης και ασυμμετρίας που επιφέρει το Τένις σε μια πλήρη αγωνιστική περίοδο. Η έρευνα θα περιλαμβάνει μετρήσεις τόσο σκελετικής όσο και μυϊκής ανάπτυξης των παιδιών.

Τα δεδομένα που θα προκύψουν θα είναι άκρως χρήσιμα τόσο για την προπονητική και σωματική εξέλιξη των παιδιών, όσο και για την υγεία τους γενικότερα, αλλά και για την εξέλιξη της επιστήμης στον τομέα αυτόν.

Η έρευνα αυτή διεξάγεται στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής της φοιτήτριας Δημητριάς Παλαιοθοδώρου, της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Γιώργου Βαγενά, τη συμβουλευτική έγκριση των καθηγητών κ. Ν. Γελαδά και Κ. Μπουντόλου, και τη συνεργασία στα μυοδυναμικά τεστ του επίκουρου καθηγητή κ. Δημητρίου Μανδαλίδη.

Η έρευνα αυτή έχει εγκριθεί (α) από την 3-μελή συμβουλευτική επιτροπή, (β) από την επιτροπή ερευνητικής δεοντολογίας της Σχολής Επιστήμης Φ.Α.Α. και (γ) από το επιστημονικό συμβούλιο του «Φιλοκτήτη» όπου θα γίνουν οι σκελετικές μετρήσεις.

ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ της ΕΡΕΥΝΑΣ

Τίτλος - «Οστικές και μυϊκές ασυμμετρίες σε αθλητές αντισφαίρισης 7- 10 ετών: προοπτική προπονητική παρέμβαση 7 μηνών»

Συνοπτική Περιγραφή

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η άσκηση κατά την αναπτυξιακή ηλικία συμβάλλει θετικά στην μυο-σκελετική ανάπτυξη του ανθρωπίνου σώματος. Η φυσική δραστηριότητα και η συμμετοχή σε αθλήματα θα πρέπει να ξεκινάει πριν την εφηβεία και να διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια της εφηβείας ώστε να αναπτυχθεί η μέγιστη οστική μάζα. Ειδικότερα, η ανάπτυξη του μυο-σκελετικού συστήματος είναι μεγαλύτερη σε παιδιά που ασχολούνται συστηματικά με τον αθλητισμό. Οι αθλητές αντισφαίρισης παρουσιάζουν οστική και μυϊκή υπερτροφία στα άνω άκρα σε σχέση με άτομα που δεν ασχολούνται συστηματικά με κάποιο άθλημα. Ο κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της μυο-σκελετικής ανάπτυξης αθλητών και αθλητριών αντισφαίρισης ηλικίας 7-10 ετών. Συγκεκριμένα, η έρευνα αποσκοπεί στον εντοπισμό των οστικών και μυο-δυναμικών ασυμμετριών που εμφανίζονται στα άνω άκρα σε αθλητές αντισφαίρισης παιδικής ηλικίας που ασχολούνται σε αγωνιστικό επίπεδο, σε σύγκριση με παιδιά που δεν συμμετάσχουν συστηματικά στο άθλημα.

Η γνώση των οστικών και μυο-δυναμικών ασυμμετριών που αναπτύσσονται στην αντισφαίριση κατά την παιδική ηλικία θα βοηθήσει αθλητές, προπονητές και φυσικοθεραπευτές στην βελτίωση του τρόπου προπόνησης και εκγύμνασης των νεαρών αθλητών, με στόχο την αποφυγή ανάπτυξης μη φυσιολογικών ασυμμετριών και δυσλειτουργιών που σε βάθος χρόνου πιθανόν να αυξάνουν τον κίνδυνο τραυματισμού με αποτέλεσμα την μειωμένη απόδοση του αθλητή.

Μετρήσεις

Οστική Δομή: για την οστική μάζα, την οστική πυκνότητα (Bone Mineral Density – BMD), την οστική περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα (Bone Mineral Content – BMC), καθώς και την άλιπη σωματική μάζα θα χρησιμοποιηθεί η τεχνική της απορροφησιμετρίας ακτινών-X διπλής ενέργειας (Dual Energy X-ray Absorpsiometry - DXA). Η ακτινοβολία που εκπέμπει το DXA είναι αμελητέα καθότι αντιστοιχεί στην ακτινοβολία-ραδιενέργεια που δέχεται το ανθρώπινο σώμα κατά τη διάρκεια 5 ημερών κανονικής ζωής! Τα παιδιά αφού ενημερωθούν και εξοικειωθούν με το μηχάνημα, τον τρόπο που πρέπει να τοποθετηθούν πάνω σε αυτό, θα παραμείνουν σε πλήρη ακινησία για περίπου 4-5 λεπτά που διαρκεί η διαδικασία της μέτρησης. Η μέτρηση θα πραγματοποιηθεί στο κέντρο αποκατάστασης και αποθεραπείας «Φιλοκτήτη» υπό την επίβλεψη του τεχνολόγου-ακτινολόγου κ. Θανάση Αντωνίου.

Μυο-δυναμικές Ικανότητες: θα πραγματοποιηθούν 3 προσπάθειες μέγιστης μυϊκής δύναμης διάρκειας 2-3 δευτερόλεπτων η καθεμιά από καθιστή θέση (α) στη δύναμη χειρολαβής (με ηλεκτρονικό χειρο-δυναμόμετρο), και (β) στην έκταση του γονάτου,

(γ) στην κάμψη του αγκώνα, (δ) στην έσω στροφή του βραχίονα, και (ε) στην έξω στροφή του βραχίονα με ισομετρικό δυναμόμετρο. Επίσης, θα γίνουν βασικές σωματο-μετρήσεις (βάρος, ύψος και καθιστό ύψος). Οι δυναμο-μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν στο Εργαστήριο Αθλητικής Φυσικοθεραπείας του Σχολής Επιστήμης Φ.Α.Α. του ΕΚΠΑ υπό την επίβλεψη του επίκουρου καθηγητή κ. Δημήτρη Μανδαλίδη.

Διατροφή, Φυσική Δραστηριότητα, Ωρίμανση

Με την βοήθεια των γονέων και των προπονητών θα συμπληρωθούν ερωτηματολόγια σχετικά με (α) την φυσική δραστηριότητα και το προπονητικό ιστορικό, (β) τις διατροφικές συνήθειες (καταγραφή διατροφής 3-ημερών), και (γ) το στάδιο της σεξουαλικής ωρίμανσης (κλίμακα Tanner).

Χρονοδιάγραμμα

Οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν σε δύο χρονικές φάσεις: στην αρχή του έτους (Ιανουάριος 2018) και στο τέλος του έτους (Δεκέμβριος 2018). Σε μικρό αριθμό παιδιών (20) που θα έχουν επιλεγεί με τυχαίο τρόπο από όλο το δείγμα (90) θα γίνουν ενδιάμεσες μετρήσεις μυϊκής δύναμης, διατροφής, και φυσικής δραστηριότητας την 4^η εβδομάδα Ιουνίου και την 1^η εβδομάδα Σεπτεμβρίου, ώστε να καταγραφούν τυχόν αλλαγές κατά τη διάρκεια των 2 μηνών του καλοκαιριού.

Εμπιστευτικότητα – Προσωπικά Δεδομένα

Η συμμετοχή παιδιών, γονέων, και προπονητών στη διαδικασία θα είναι απολύτως εμπιστευτική. Τα δεδομένα που θα καταγραφούν σχετικά με τα γενικά και τα μετρητικά αποτελέσματα των παιδιών θα είναι καταχωρημένα με απολύτως εμπιστευτικό τρόπο, όπως προβλέπει η διεθνής ερευνητική δεοντολογία. Η επεξεργασία και ανακοίνωση των στατιστικών αποτελεσμάτων σε ΚΑΜΙΑ περίπτωση δεν θα περιλαμβάνει στοιχεία ή άλλα προσωπικά δεδομένα των παιδιών και των γονέων. Θα διασφαλισθεί **πλήρης προστασία των προσωπικών δεδομένων**.

Ωφέλειες από την Συμμετοχή στην Έρευνα

Η συμμετοχή των παιδιών στην έρευνα αυτή δεν θα έχει καμία οικονομική επιβάρυνση. Από τα αποτελέσματα της έρευνας θα έχετε τη δυνατότητα να ενημερωθείτε πλήρως για τα στοιχεία – επιδόσεις του παιδιού σας, τα οποία μπορούν να σας δοθούν και σε έντυπο, εφόσον το ζητήσετε. Η συμμετοχή του παιδιού σας στην έρευνα αυτή θα είναι ωφέλιμη πολλαπλώς, αλλά κυρίως: (α) διδακτικά, καθότι θα τους δοθεί η δυνατότητα να κατανοήσουν πως και στον αθλητισμό θα πρέπει να κάνουμε ελέγχους και αξιολογήσεις τακτικά, (β) θα σας δοθούν πληροφορίες σχετικά με την σκελετική και μυϊκή του ανάπτυξη και την εμφάνιση τυχών ασυμμετριών στα άνω άκρα, και (γ) θα συμβάλει στην συλλογή πολύτιμων επιστημονικών πληροφοριών σχετικά με την μυο-σκελετική ανάπτυξη των παιδιών που παίζουν συστηματικά Τένις.

Υγεία – Ακεραιότητα των Παιδιών

Απαραίτητη προϋπόθεση για την συμμετοχή του παιδιού σας στην έρευνα είναι να χαίρει άκρας υγείας, να έχει πρόσφατη βεβαίωση υγείας – ακεραιότητας και καταλληλότητας για άσκηση – αθλητισμό, δηλαδή να μην παρουσιάζει κάποιο

πρόβλημα υγείας που δεν του επιτρέπει να λάβει μέρος στις προαναφερθείσες μετρήσεις.

Εθελοντική Συμμετοχή

Η συμμετοχή του παιδιού σας είναι καθαρά εθελοντική. Οποιαδήποτε στιγμή μπορείτε να αποφασίσετε να διακόψει τη συμμετοχή του και να αποσυρθεί από την έρευνα.

Ενημέρωση

Μπορείτε να θέσετε ερωτήσεις σχετικά με την παρούσα έρευνα οποιαδήποτε στιγμή. Μπορείτε να απευθυνθείτε στην Παλαιθοδώρου Δημητρία, (Υποψήφια Διδάκτωρ, ΣΕΦΑΑ, ΕΚΠΑ), στο τηλέφωνο 6944270374 ή 210-9937165 ή στέλνοντας ηλεκτρονικό μήνυμα στη διεύθυνση dimpal@phed.uoa.gr.

Ζητούμε να δώσετε τη γραπτή σας συγκατάθεση για να συμμετάσχει το παιδί σας στην έρευνα αυτή, συμπληρώνοντας το Έντυπο Συγκατάθεσης Γονέα Κατόπιν Ενημέρωσης. Σε καμία περίπτωση το υλικό δε θα διατεθεί για άλλους σκοπούς, πλην αυτών που έχουν προαναφερθεί και τα προσωπικά στοιχεία του παιδιού σας θα παραμείνουν απόρρητα σε κάθε περίπτωση.

Σας ευχαριστούμε θερμά για τη συνεργασία σας στην προσπάθειά μας αυτή.

Η υπεύθυνη της έρευνας

.....

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΓΟΝΕΑ ΚΑΤΟΠΙΝ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ

Ο κάτωθι γονέας/κηδεμόνας _____,

δηλώνω ότι διάβασα και κατανόησα το περιεχόμενο της έρευνας που διεξάγεται από το επιστημονικό προσωπικό της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και δίνω εθελούσια και αβίαστα τη συγκατάθεσή μου για τη συμμετοχή του ανήλικου παιδιού μου

_____ του _____

στην έρευνα με τίτλο: «ΟΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΥΪΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΑΝΤΙΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ 7 - 10 ΕΤΩΝ: ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ 7 ΜΗΝΩΝ».

Θεωρώ ότι όλες οι ερωτήσεις μου έχουν απαντηθεί ικανοποιητικά και κατανοώ ότι οποιεσδήποτε περαιτέρω ερωτήσεις μου θα απαντηθούν .

Όνοματεπώνυμο γονέα/κηδεμόνα

Υπογραφή
γονέα/κηδεμόνα

Ημερομηνία _____

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Ερωτηματολόγιο

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΟΥ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ, ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ και ΠΑΘΗΣΕΩΝ :

Προπονητικό Ιστορικό:

1. Ηλικία έναρξης προπόνησης:
.....
2. Τρέχουσα προπονητική ένταση (ώρες/εβδ.):
.....
3. Χρόνια προπόνησης:
.....
4. Χρώμα μπάλας προπόνησης
.....
5. Εκτέλεση backhand με ένα ή δύο χέρια:
.....
6. Χρώμα μπάλας προπόνησης
.....
7. Κυρίαρχο χέρι (κρατάει ρακέτα)
.....
8. Κυρίαρχο πόδι (κλωτσάει την μπάλα)
.....

Εμφάνιση τραυματισμών:

Διάγνωση	Σε ποιο άκρο και περιοχή.	Πότε συνέβη (προετοιμασία ή αγωνιστική περίοδο)	Σε αγώνα ή προπόνηση	Αιτία τραυματισμού	Επανεμφάνιση	Ημέρες απουσίας από προπόνηση

Προβλήματα υγείας σχετικά με χρόνιες παθήσεις (π.χ. άσθμα, αλλεργίες, κλπ.)

.....

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ.

1. Σκέψου μία **περίοδο 7-ημερών** (μία εβδομάδα), πόσες φορές κατά μέσο όρο συμμετέχεις συνήθως στις παρακάτω αθλητικές δραστηριότητες (εκτός του τένις) **για παραπάνω από 15'** κατά τον ελεύθερο χρόνο σου (γράψε σε κάθε γραμμή τον ακριβή αριθμό);

	ΦΥΣΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	Φορές ανά εβδομάδα
1	Έντονη άσκηση – η καρδιά χτυπά γρήγορα (π.χ. τρέξιμο, τζόκινγκ μεγάλης απόστασης, ποδόσφαιρο, μπάσκετ, έντονο κολύμπι, έντονη ποδηλασία μεγάλης απόστασης).
2	Μέτρια άσκηση – όχι εξαντλητική (π.χ. γρήγορο περπάτημα, χαλαρή ποδηλασία, βόλει, χαλαρή κολύμβηση, σκι βουνού, λαϊκούς και παραδοσιακούς χορούς, γυμναστική σχολείου).
3	Ήπια άσκηση – ελάχιστη προσπάθεια (π.χ. χαλαρό περπάτημα, γιόγκα, τοξοβολία, ψάρεμα, μπόουλινγκ, γκολφ).

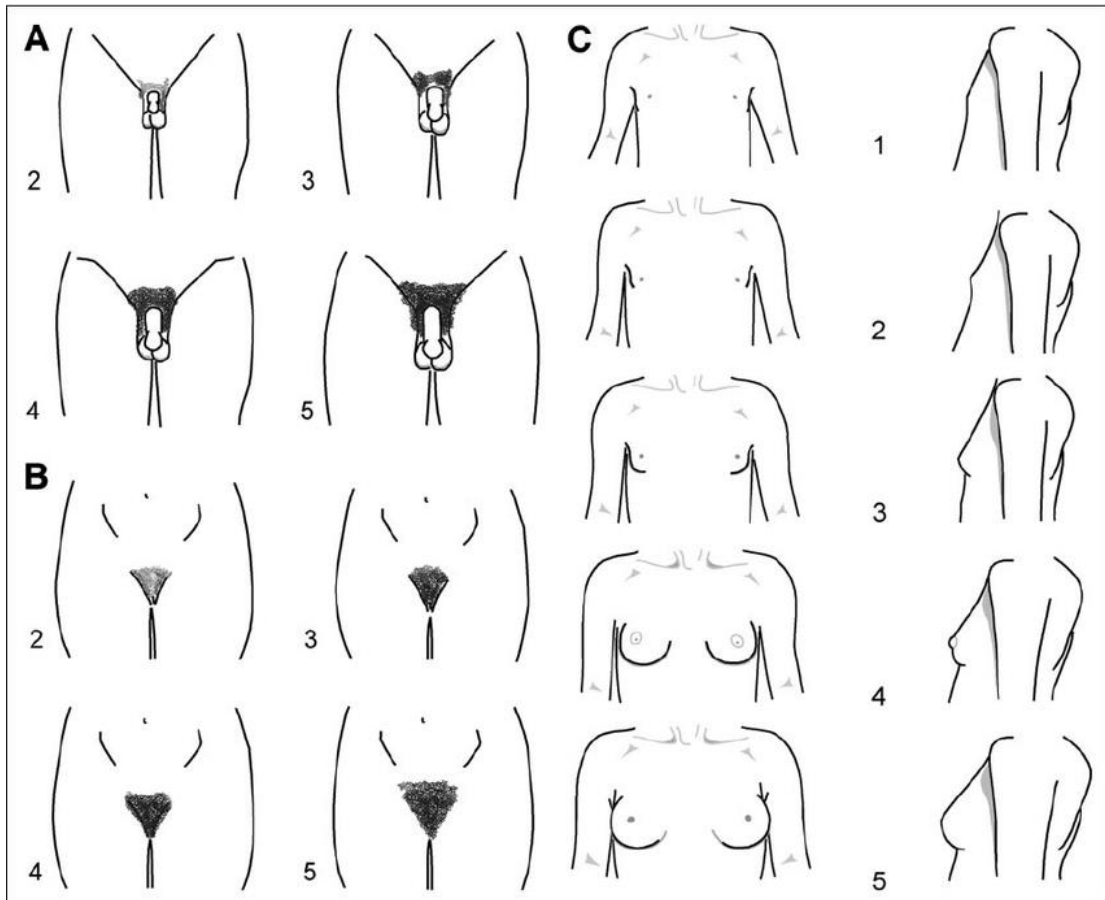
2. Σκέψου μία **περίοδο 7-ημερών** (μία εβδομάδα), κατά την διάρκεια του ελεύθερου χρόνου σου, πόσο συχνά συμμετέχεις σε οποιαδήποτε δραστηριότητα για αρκετό διάστημα ώστε να ιδρώσεις (η καρδιά χτυπάει γρήγορα);

1. ΣΥΧΝΑ

2. ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΟΡΕΣ

3. ΠΟΤΕ/ΣΠΑΝΙΑ

TANNER STAGE



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Αναλύσεις Αξιοπιστίας

Πίνακας 4.1. Αρχικά δεδομένα αναλύσεων αξιοπιστίας (BMC, BA, ΑΣΜ).

BMC								
A/A	Δεξί χέρι *1η	Δεξί χέρι 2η	Αριστερό χέρι 1η	Αριστερό χέρι 2η	Δεξί πόδι 1η	Δεξί πόδι 2η	Αριστερό πόδι 1η	Αριστερό πόδι 2η
1	76,3	76,3	57,7	57,7	265,4	265,8	272,5	272,5
2	57,8	57,8	49,8	50	206,2	205,5	210,1	209,2
3	51,6	51,5	46,7	46	189,3	188,6	185,8	185
4	57,9	57,9	52,4	52,2	231,9	230,4	229,8	232,4
5	62,9	63	47,6	47,4	253,5	251,3	244,6	239,2
6	81,6	81,6	66,8	66,9	272,6	271,3	261,3	259,6
7	78,2	78,2	72,3	68,9	336,2	320,6	337,8	320,1
8	96,7	95,9	80,9	80,9	333,9	332,9	325,1	325,1
9	106,1	109,4	92	91,9	410,9	409,4	406,7	391,7
10	87,9	88	66,5	64,9	344,1	343,3	350,7	346,9
11	74,8	74	55,6	55,7	282,6	285,1	277,4	278
12	125,8	125,5	107,9	107,9	452,3	450,3	466,4	464,6
13	138,4	138,2	122,6	122,3	417,4	417	415,1	414,5
14	149,8	148,4	116,5	116,6	471,4	471,9	463,5	465,1
15	104,2	104,4	103	102,9	349,2	352	368,8	367,1
BA								
A/A	Δεξί χέρι 1η	Δεξί χέρι 2η	Αριστερό χέρι 1η	Αριστερό χέρι 2η	Δεξί πόδι 1η	Δεξί πόδι 2η	Αριστερό πόδι 1η	Αριστερό πόδι 2η
1	109,0	109,0	89,0	89,0	265,0	266,0	265,0	265,0
2	90,0	90,0	85,0	85,0	224,0	224,0	218,0	217,0
3	83,0	83,0	72,0	71,0	208,0	207,0	198,0	198,0
4	86,0	86,0	78,0	78,0	251,0	249,0	227,0	229,0
5	95,0	95,0	79,0	79,0	269,0	267,0	262,0	258,0
6	120,0	120,0	103,0	103,0	276,0	274,0	270,0	268,0
7	112,0	112,0	104,0	100,0	283,0	269,0	284,0	269,0
8	122,0	122,0	112,0	112,0	292,0	291,0	290,0	290,0
9	137,0	139,0	129,0	129,0	338,0	337,0	340,0	327,0
10	116,0	116,0	92,0	91,0	309,0	309,0	319,0	319,0
11	106,0	104,0	87,0	87,0	270,0	273,0	280,0	280,0
12	158,0	158,0	148,0	148,0	351,0	349,0	356,0	354,0
13	156,0	155,0	150,0	150,0	334,0	333,0	328,0	327,0
14	172,0	170,0	152,0	152,0	375,0	376,0	379,0	380,0
15	149,0	150,0	147,0	147,0	348,0	351,0	357,0	356,0
ΑΣΜ								
A/A	Δεξί χέρι 1η	Δεξί χέρι 2η	Αριστερό χέρι 1η	Αριστερό χέρι 2η	Δεξί πόδι 1η	Δεξί πόδι 2η	Αριστερό πόδι 1η	Αριστερό πόδι 2η
1	1275	1275	1088	1088	4206	4227	4270	4270

2	1113	1114	1026	1030	3876	3834	3805	3771
3	1031	1032	1043	1031	3221	3184	3113	3080
4	964	961	928	928	3613	3501	3373	3479
5	1254	1246	1142	1130	4265	4097	4172	3845
6	1427	1425	1294	1293	4707	4593	4571	4452
7	1535	1538	1574	1493	5426	4885	5473	4819
8	1783	1768	1620	1625	5664	5617	5400	5403
9	1698	1776	1701	1697	6527	6424	6527	5992
10	1794	1792	1595	1555	5997	5948	6107	5886
11	1225	1178	1090	1088	4442	4547	4519	4576
12	2154	2145	2047	2039	6892	6764	7024	6896
13	2435	2429	2268	2261	7043	7016	6787	6759
14	2440	2427	2263	2265	8008	8126	7995	8172
15	1843	1845	1940	1939	6166	6399	6789	6653

*οριοθέτηση των σωματικών μελών στις σαρώσεις.

Πίνακας 4.2. Βασικά στατιστικά ανάλυσης αξιοπιστίας BMC.

BMC	F (Probability)	ICC single (95% CI)	SEM	%SEM
ΔΕΞΙ ΧΕΡΙ	0,001 (0.98)	0,999 (0,998-1,000)	0.716	0,80%
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΧΕΡΙ	2,803 (0.116)	0,999 (0,998-1,000)	0.665	0,90%
ΔΕΞΙ ΠΟΔΙ	1,762 (0.206)	0,999 (0,997-1,000)	2.957	0,90%
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΠΟΔΙ	3,952 (0.067)	0,998 (0,992-0,997)	4.096	1,30%

Πίνακας 4.3. Βασικά στατιστικά ανάλυσης αξιοπιστίας BA.

BA	F (Probability)	ICC single (95% CI)	SEM	%SEM
ΔΕΞΙ ΧΕΡΙ	0,272 (0.61)	0,999 (0,998-1,000)	0.700	0,60%
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΧΕΡΙ	2,154 (0.164)	0,999 (0,998-1,000)	0.746	0,70%
ΔΕΞΙ ΠΟΔΙ	1,41 (0.255)	0,999 (0,997-1,000)	2.767	0,90%
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΠΟΔΙ	3,562 (0.008)	0,997 (0,991-0,998)	3.483	1,20%

Πίνακας 4.4. Βασικά στατιστικά ανάλυσης αξιοπιστίας άλιπης μάζας.

ΆΛΙΠΗ ΜΑΖΑ	F (Probability)	ICC single (95% CI)	SEM	%SEM
ΔΕΞΙ ΧΕΡΙ	0,042 (0.084)	0,999 (0,996-1,000)	17.802	1,10%
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΧΕΡΙ	3,293 (0.091)	0,999 (0,996-1,000)	15.795	1,10%
ΔΕΞΙ ΠΟΔΙ	1,813 (0.20)	0,993 (0,978-0,9997)	120.810	2,30%
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΠΟΔΙ	4,456 (0.053)	0,985 (0,950-0,995)	161.906	3,10%

Πίνακας 4.5. Αρχικά δεδομένα δύναμης χειρολαβής στις αρχικές και τελικές μετρήσεις (ΠΡΙΝ-ΜΕΤΑ).

A/A	Κ_ ΠΡΙΝ *1η	Κ_ ΠΡΙΝ 2η	Κ_ ΠΡΙΝ 3η	ΜΚ_ ΠΡΙΝ 1η	ΜΚ_ ΠΡΙΝ 2η	ΜΚ_ ΠΡΙΝ 3η	Κ_ ΜΕΤΑ 1η	Κ_ ΜΕΤΑ 2η	Κ_ ΜΕΤΑ 3η	ΜΚ_ ΜΕΤΑ 1η	ΜΚ_ ΜΕΤΑ 2η	ΜΚ_ ΜΕΤΑ 3η
1	16	16	20	12,5	10,5	12	20,5	23,5	20,5	16	14	15
2	19	16	17,5	16	15,5	14	16,5	18	18,5	15	15	15,5
3	15	17	16,5	15	16,5	16,5	17	18	17	19	17	15,5
4	13,5	13,5	15	13,5	15	13	15,5	16	16,5	13	15	16,5
5	14	15,5	14	12	12	12	19	18	17	11,5	12,5	12,5
6	20,5	21	21	19	20	20	21	22	23,5	20,5	19	18,5
7	13	12,5	10,5	11	8	10	12,5	13,5	14	13	10	10
8	21	22,5	22	19,5	19	19	23	24	23,5	22	20,5	21
9	16	16	17,5	15	14	16	20	20,5	20	16	16	16,5
10	19,5	17	18	15,5	16	16	22	28	24	20	18,5	22
11	15	18	16	15	13,5	14	23	29	22,5	19,5	17,5	19
12	16	16	15,5	14,5	15	15	18	20	18	18	16	16,5
13	12	12	12	10	8	9	13	13,5	13	12,5	12	13
14	16	16	14	16	13	14	18	16	20	18	17	16
15	15	14	16	12	13	12	16	14,5	14	12	11	11
16	22	18	22	16,5	17	17	24	24	24,5	20,5	20	20
17	16	18	15	13,5	13	12	20	18,5	17,5	16	15	14,5
18	14	15,5	15	16	16	15	14,5	16,5	15,5	15,5	14,5	15
19	16	15	16,5	14	12	13	15,5	15,5	16,5	14,5	14	14
20	20,5	21	21	18	17,5	16	24	22	23,5	22	19	19,5
21	14	15	14	14	14,5	14	20	23,5	23,5	20	22	22
22	18	16	16,5	13,5	13,5	12	18,5	19,5	19	14	15	16,5
23	10	10	11	9,5	10	11,5	13,5	13,5	13	13,5	11,5	11
24	13,5	16	15	12	13,5	12,5	16	17	17,5	13,5	13	15
25	11	12	13,5	8,5	7,5	7	13,5	13	14	9,5	10	10
26	15	16	18	15	16	17	18	19	18	17,5	15,5	15
27	15	15	14,5	15	14	13,5	16,5	16	15	13	14	14

28	19,5	18,5	18	20	17,5	17,5	21,5	22	24	19,5	18	19
29	17,5	18	16,5	14	15	14	15,5	14,5	15,5	14	16	15,5
30	16	16	16	14	12,5	14	18	17,5	20	15,5	16	15
31	19	16	15,5	15,5	14	15,5	18	17	17,5	16	14	15
32	17	19,5	17	16,5	15,5	14,5	16	16,5	15	15,5	16,5	14
33	14,5	16	16	14,5	14,5	14,5	16,5	16,5	17,5	15,5	15	16
34	19	20,5	20	16,5	16,5	16,5	22	25	24,5	20	20	21
35	22	25	24	19	18	19	27,5	28	27,5	22,5	22	22
36	20,5	21,5	20	16	15,5	17	23	25	24	18	20	19,5
37	14,5	16	14,5	14	13,5	13	16	16	16	15,5	15,5	15
38	15,5	18	16	13	13	13,5	16	18	18	14,5	16	14
39	21	22	20,5	18	16	16,5	21	23,5	22	18	16,5	17,5
40	21,5	25	24	21,5	21	21,5	26,5	26	26,5	22,5	22	20
41	21	22,5	21,5	19,5	19	20	24,5	22,5	22,5	23,5	21	20,5
42	28,5	27,5	26,5	22	23	21,5	27	26,5	25,5	23,5	24	24
43	23,5	25,5	24	19,5	19,5	19,5	26	23	24	23,5	21,5	20
44	25	25,5	25	25	22	21,5	26,5	27,5	26,5	24,5	24	24,5
45	23,5	24,5	24,5	20	20	22	24,5	25	23	20	21	19
46	24	24	27	21,5	21,5	23	28	26,5	27,5	26	25	24,5

*προσπάθεια

Πίνακας 4.6. Βασικά στατιστικά ανάλυσης αξιοπιστίας της δύναμης χειρολαβής (*alpha*, *F*, *Probability*, *intraclass correlation coefficient (ICC)*, *95% CI*, *%SEM*).

ΔΥΝΑΜΗ ΧΕΙΡΟΛΑΒΗΣ	Cronbach's Alpha (α , α_z)	F (Probability)	ICC single# (95% CI)	SEM	%SEM
K_ΠΡΙΝ	0,973 (0,973)	2,25 (0,111)	0,924 (0,879, 0,954)	1.122	6,30%
ΜΚ_ΠΡΙΝ	0,981 (0,981)	3,62 (0,031)	0,945 (0,912, 0,967)	0.833	5,40%
K_ΜΕΤΑ	0,975 (0,976)	2,69 (0,074)	0,928 (0,887, 0,957)	1.170	5,90%
ΜΚ_ΜΕΤΑ	0,977 (0,977)	4,24 (0,017)	0,933 (0,894, 0,960)	0.985	5,80%

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Συμπληρωματικές Αναλύσεις

Πίνακας 5.1. Ατομικά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σκελετική ωρίμανση (APHV & Mat.Offset).

ΟΜΑΔΑ	ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ		APHV		MAT.OFF.		TANNER		ΒΑΡΟΣ		ΥΨΟΣ	
		ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
4	1	12,7	13,5	11,5	11,6	1,2	1,9	3	4	51,0	56,5	165,0	167,0
4	0	13,0	13,8	14,0	14,1	-1,0	-,3	4	4	51,0	56,5	155,0	158,0
4	1	12,5	13,3	11,3	11,5	1,2	1,8	3	4	61,0	62,5	165,5	166,5
4	0	13,0	13,8	13,8	13,7	-,8	,1	3	4	54,0	59,0	159,0	167,0
4	1	12,4	13,2	11,8	11,9	,6	1,3	3	4	47,0	53,5	161,0	165,5
4	1	11,2	12,1	11,7	11,9	-,5	,3	2	3	46,5	50,5	151,0	156,0
4	0	11,8	12,6	14,4	14,4	-2,6	-1,8	1	2	38,0	43,5	141,0	146,0
4	0	11,9	12,7	13,8	13,5	-1,9	-,8	4	4	44,0	56,0	152,0	160,0
4	1	12,0	12,8	11,6	11,6	,4	1,2	3	4	48,0	52,0	157,0	162,5
3	0	10,9	11,8	13,2	13,1	-2,3	-1,3	3	4	44,0	48,0	153,0	162,0
3	0	10,0	10,9	13,1	13,7	-3,1	-2,8	1	2	39,5	37,5	144,0	147,0
3	1	10,0	10,9	11,4	11,4	-1,4	-,5	1	2	35,5	41,0	146,0	153,5
3	1	10,8	11,7	11,4	11,5	-,6	,2	2	3	44,0	51,0	152,5	159,5
3	1	10,9	11,7	11,9	11,9	-1,0	-,2	1	2	36,5	40,0	145,0	151,5
3	0	10,1	10,9	13,4	13,7	-3,3	-2,8	2	2	33,0	35,5	136,5	141,0
3	1	10,6	11,5	12,3	12,4	-1,7	-,9	1	2	30,5	35,0	136,0	141,5
3	0	10,6	11,5	13,8	14,2	-3,2	-2,7	1	2	30,5	33,0	130,5	135,0
3	1	10,6	11,5	11,9	12,1	-1,3	-,6	2	3	33,0	36,0	144,0	149,5
3	1	10,9	11,8	11,6	11,5	-,7	,3	2	3	38,0	47,5	152,0	160,5
3	1	10,2	11,1	12,0	12,2	-1,8	-1,1	1	1	29,0	32,0	138,5	143,5
3	1	10,7	11,5	11,9	11,9	-1,2	-,4	2	3	33,0	37,0	144,5	151,0
3	0	10,7	11,6	13,1	13,6	-2,4	-2,0	2	2	38,0	40,5	147,5	151,5
3	0	10,6	11,4	13,1	13,3	-2,5	-1,9	2	3	37,5	40,0	149,0	154,5
3	0	10,4	11,3	13,0	13,4	-2,6	-2,1	1	1	39,5	41,5	142,5	147,5
2	0	9,6	10,5	13,3	13,8	-3,7	-3,3	1	1	36,0	39,0	128,0	132,0
2	0	9,5	10,3	12,9	13,3	-3,4	-3,0	1	2	35,0	36,0	141,0	143,5
2	1	9,4	10,2	11,9	12,0	-2,5	-1,8	1	1	28,0	30,5	132,5	137,5
2	1	9,5	10,4	11,9	12,1	-2,4	-1,7	1	1	29,5	32,0	131,5	137,0
2	0	9,5	10,3	12,8	13,0	-3,3	-2,7	1	2	35,0	39,0	139,0	144,5
2	0	9,2	10,0	13,1	13,4	-3,9	-3,4	1	1	31,0	34,5	129,0	132,0
2	0	9,7	10,6	12,9	13,4	-3,2	-2,8	2	3	32,0	35,5	141,0	146,0
2	0	9,5	10,4	13,3	13,8	-3,8	-3,4	1	1	28,0	29,0	128,0	131,0
2	0	9,3	10,2	12,9	13,1	-3,6	-2,9	1	1	40,0	43,0	142,0	147,5
2	0	9,4	10,2	13,5	13,1	-3,1	-2,9	1	1	34,0	37,5	137,5	142,5
2	1	9,4	10,2	11,7	11,9	-2,3	-1,7	1	2	31,0	34,0	136,5	140,0
2	0	9,6	10,4	13,3	13,6	-3,7	-3,2	1	1	30,5	32,5	132,0	137,5
1	1	8,4	9,2	11,4	11,0	-2,0	-1,8	1	2	33,0	36,5	144,0	148,5
1	0	8,1	8,9	12,2	12,4	-4,1	-3,5	1	1	31,0	36,0	135,0	141,0
1	1	7,9	8,7	11,4	11,6	-3,5	-2,9	1	1	25,5	29,5	125,0	128,5
1	1	8,2	9,0	11,2	11,3	-3,0	-2,3	1	2	32,0	35,0	131,5	138,0
1	0	8,8	9,6	12,5	12,8	-3,7	-3,2	1	1	30,0	34,5	134,0	139,5
1	0	8,1	8,9	11,8	12,1	-3,7	-3,2	1	1	49,5	54,5	140,0	145,5
1	1	8,7	9,5	11,5	11,7	-2,8	-2,2	1	2	29,0	32,5	131,0	135,0

1	0	8,5	9,4	12,6	12,8	-4,1	-3,4	1	1	28,5	32,5	132,0	137,0
1	1	7,6	8,5	11,4	11,7	-3,8	-3,2	1	1	24,0	26,0	122,0	127,0
1	0	7,5	8,3	12,3	12,6	-4,8	-4,3	1	1	31,5	35,0	123,5	128,0

Πίνακας 5.2. Ατομικά χαρακτηριστικά προπονητικού προφίλ και γενικής φυσικής δραστηριότητας.

ΟΜΑΔΑ	ΕΤΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ		ΩΡΕΣ/ ΕΒΔΟΜΑΔΑ		ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ		Godin-Shephard	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
4	6,7	7,6	7,5	6,5	1078	1288	38	36
4	3,0	3,9	7,5	7,5	630	840	52	10
4	7,5	8,4	7,5	7,5	1078	1288	53	43
4	6,5	7,4	6,5	6,0	1060	1242	40	40
4	6,4	7,3	10,5	11,0	1554	1848	37	37
4	7,2	8,1	8,0	9,0	1184	1424	52	73
4	4,8	5,7	11,0	10,0	578	886	52	52
4	5,4	6,3	7,5	7,5	854	1064	55	10
4	5,5	6,4	8,5	8,5	870	1108	33	15
3	4,4	5,3	7,5	5,0	452	662	61	14
3	5,0	5,9	8,0	11,5	864	1072	19	28
3	5,0	5,9	10,0	9,0	614	894	19	20
3	7,3	8,2	10,0	9,0	742	1002	26	10
3	5,4	6,3	10,0	9,0	614	874	15	24
3	4,1	5,0	6,0	6,0	520	688	62	61
3	5,6	6,5	6,0	6,0	552	720	39	53
3	5,6	6,5	6,0	6,0	552	720	75	98
3	5,6	6,5	6,0	6,0	584	728	37	71
3	6,4	7,3	7,5	7,5	886	1081	8	8
3	6,2	7,1	7,5	7,5	774	999	43	52
3	2,7	3,6	7,5	7,5	454	634	19	28
3	6,7	7,6	12,5	12,0	1088	1451	42	19
3	6,6	7,5	9,5	10,0	998	1274	23	58
3	3,4	4,3	7,5	7,5	534	752	107	54
2	6,1	7,0	6,0	6,0	728	896	55	46
2	4,5	5,4	7,5	6,0	400	610	43	37
2	5,4	6,3	7,5	6,0	648	843	6	52
2	5,5	6,4	7,5	6,0	648	828	15	15
2	4,5	5,4	7,5	6,0	536	731	64	87
2	3,2	4,1	6,0	6,0	440	596	75	75
2	3,7	4,6	6,0	6,0	424	568	91	54
2	3,5	4,4	9,0	6,0	518	752	32	30
2	4,3	5,2	7,5	6,0	568	748	42	55
2	4,4	5,3	7,0	6,0	528	696	69	37
2	5,4	6,3	7,5	7,5	710	928	35	76
2	5,6	6,5	8,0	6,0	488	680	51	28
1	4,4	5,3	7,0	5,0	524	664	45	45
1	3,1	4,0	7,5	5,0	452	662	15	9
1	2,4	3,3	5,0	5,0	228	348	52	46
1	2,7	3,6	6,0	5,0	360	504	20	15
1	3,3	4,2	6,0	4,5	400	520	15	20
1	1,1	2,0	4,0	4,5	136	240	88	64
1	3,7	4,6	4,0	5,0	368	472	33	37
1	3,5	4,4	6,0	6,0	520	640	15	15
1	3,6	4,5	4,5	4,5	272	398	25	15
1	3,5	4,4	4,5	4,5	362	470	45	61

Πίνακας 5.3. Αρχικά δεδομένα: συνολικοί οστικοί και μυο-δυναμικοί δείκτες στις αρχικές και τελικές μετρήσεις (ΠΡΙΝ-ΜΕΤΑ).

ΟΜΑΔΑ	BMC (g)		BA (cm ²)		BMD (g/cm ²)		ΑΛΙΠΗ ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΜΑΖΑ (g)		ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΛΙΠΟΣ (%)	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α
4	1953,3	2137,5	1872,0	1956,0	1,04	1,09	37900,0	40778,0	23,4	26,2
4	1692,3	1847,0	1697,0	1852,0	1,00	1,00	32863,0	35075,0	33,4	36,0
4	2216,7	2337,1	1961,0	2071,0	1,13	1,13	42591,0	43440,0	28,4	28,4
4	1963,2	2214,1	1795,0	2049,0	1,09	1,08	37391,0	44008,0	27,9	23,7
4	2007,4	2227,6	1881,0	2013,0	1,07	1,11	41377,0	44436,0	8,5	14,2
4	1939,4	2243,0	1759,0	1945,0	1,10	1,15	31323,0	36484,0	28,9	24,2
4	1273,2	1468,8	1360,0	1531,0	,94	,96	28264,0	29460,0	23,1	29,7
4	1690,8	2018,3	1578,0	1859,0	1,07	1,09	32883,0	40122,0	22,9	26,8
4	1856,3	2018,8	1858,0	1966,0	1,00	1,03	30709,0	35360,0	33,4	29,7
3	1554,5	1901,3	1625,0	1904,0	,96	1,00	34457,0	41500,0	16,2	10,9
3	1364,1	1523,3	1463,0	1599,0	,93	,95	27634,0	30432,0	15,7	14,7
3	1233,5	1485,3	1413,0	1590,0	,87	,93	27593,0	31798,0	20,5	18,6
3	1391,2	1682,2	1560,0	1759,0	,89	,96	28309,0	33422,0	32,3	31,3
3	1487,8	1668,8	1534,0	1653,0	,97	1,01	23050,0	26718,0	33,6	28,5
3	1172,7	1259,7	1310,0	1379,0	,90	,91	24072,0	26108,0	23,5	23,5
3	1160,5	1360,1	1285,0	1473,0	,90	,92	23353,0	26234,0	20,5	21,7
3	1226,5	1356,7	1212,0	1328,0	1,01	1,02	22969,0	25532,0	21,9	18,9
3	1337,9	1469,1	1431,0	1529,0	,94	,96	25772,0	27547,0	18,5	19,9
3	1596,3	1938,3	1586,0	1794,0	1,01	1,08	30376,0	36810,0	16,8	19,4
3	1191,5	1339,0	1250,0	1359,0	,95	,99	23281,0	25281,0	16,8	18,6
3	1222,6	1435,6	1376,0	1538,0	,89	,93	25135,0	30219,0	18,7	15,2
3	1432,6	1571,1	1503,0	1611,0	,95	,98	29510,0	32080,0	18,8	18,3
3	1424,4	1618,5	1482,0	1604,0	,96	1,01	30935,0	34172,0	14,0	12,3
3	1305,0	1416,6	1448,0	1508,0	,90	,94	24642,0	27316,0	34,5	31,9
2	1146,5	1226,6	1299,0	1368,0	,88	,90	22984,0	24960,0	33,0	32,8
2	1323,7	1428,2	1370,0	1451,0	,97	,98	25204,0	25984,0	22,9	24,1
2	1105,2	1212,6	1215,0	1317,0	,91	,92	20708,0	22781,0	22,6	22,3
2	1007,5	1145,1	1142,0	1259,0	,88	,91	21252,0	23608,0	24,4	23,5
2	1134,5	1266,1	1258,0	1422,0	,90	,89	25701,0	26775,0	22,4	27,7
2	1056,7	1162,4	1195,0	1314,0	,88	,89	21644,0	22955,0	27,4	31,4
2	1135,6	1283,8	1295,0	1404,0	,88	,91	24467,0	27142,0	17,5	21,1
2	910,3	1010,2	1093,0	1157,0	,88	,87	21297,0	22571,0	20,6	19,0
2	1458,3	1570,4	1495,0	1569,0	,98	1,00	29157,0	31796,0	23,1	23,6
2	1195,6	1359,5	1314,0	1411,0	,91	,96	25410,0	27960,0	22,1	22,5
2	1069,7	1191,2	1226,0	1337,0	,87	,89	22850,0	24452,0	21,8	25,2
2	1070,2	1190,1	1194,0	1270,0	,90	,94	24144,0	26134,0	17,6	16,8
1	1302,8	1430,4	1445,0	1554,0	,90	,92	23697,0	26672,0	23,0	22,1
1	1075,2	1260,2	1184,0	1318,0	,91	,96	23166,0	25106,0	21,9	26,8
1	877,2	1028,1	1036,0	1124,0	,85	,88	18488,0	19811,0	23,9	29,3
1	1114,5	1244,2	1229,0	1330,0	,91	,94	18843,0	20918,0	38,2	36,9
1	1133,3	1282,0	1235,0	1412,0	,92	,91	24361,0	26859,0	15,5	19,1
1	1400,8	1566,6	1448,0	1563,0	,97	1,00	28069,0	30157,0	40,1	42,3
1	1013,2	1118,6	1150,0	1218,0	,88	,92	19144,0	20584,0	30,4	33,5
1	1041,0	1164,4	1177,0	1279,0	,89	,91	22049,0	24278,0	19,2	21,6
1	768,3	875,3	980,0	1051,0	,80	,83	16535,0	17977,0	26,5	28,0
1	984,6	1102,9	1088,0	1156,0	,91	,95	20981,0	23857,0	30,6	29,2

Πίνακας 5.4. Αρχικά δεδομένα: οστικοί και μυο-δυναμικοί δείκτες άνω άκρων στις αρχικές και τελικές μετρήσεις (ΠΡΙΝ-ΜΕΤΑ).

ΟΜΑΔΑ	BMC Κ		BMC ΜΚ		BA Κ		BA ΜΚ		BMD Κ		BMD ΜΚ		ΑΛΙΓΗ ΜΑΖΑ Κ		ΑΛΙΓΗ ΜΑΖΑ ΜΚ	
	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α	ΠΡΙΝ	ΜΕΤ Α
4	119,9	125,8	101,2	107,9	155	158	138	148	,77	,80	,74	,73	2004	2154	1781	2047
4	105,5	109,9	95,3	91,5	136	146	131	133	,77	,75	,73	,69	1694	2016	1673	1774
4	139,9	142,7	120,1	113,2	152	178	152	152	,92	,80	,79	,75	2261	2305	2097	2048
4	115,7	135,4	95,0	109,0	147	166	137	149	,79	,82	,70	,73	1846	2262	1716	2184
4	133,8	149,8	100,6	116,5	160	172	139	152	,84	,87	,72	,77	2277	2441	1959	2264
4	114,9	130,9	97,2	111,0	156	161	141	153	,74	,82	,69	,73	1676	1847	1538	1648
4	78,1	87,9	61,9	69,6	107	117	94	100	,73	,75	,66	,70	1543	1672	1371	1531
4	116,7	138,4	102,1	122,4	133	156	118	150	,88	,89	,86	,82	1881	2433	1768	2264
4	100,8	117,6	78,8	93,4	134	148	112	131	,75	,79	,71	,72	1623	1905	1381	1582
3	72,5	95,1	63,6	82,2	108	133	97	118	,67	,72	,66	,69	1681	1995	1575	1830
3	75,7	87,2	65,4	62,8	108	124	97	96	,70	,70	,68	,66	1393	1515	1349	1371
3	62,8	79,3	57,6	66,5	98	118	94	104	,64	,67	,61	,64	1323	1630	1264	1522
3	72,2	95,3	66,1	80,9	109	129	101	119	,66	,74	,65	,68	1397	1792	1374	1706
3	73,2	99,5	68,2	86,1	107	131	100	125	,69	,76	,68	,69	1110	1334	1111	1261
3	68,6	76,1	56,5	58,4	100	107	86	91	,69	,71	,66	,64	1259	1318	1158	1207
3	69,3	80,7	56,6	67,4	105	119	90	103	,66	,68	,63	,65	1210	1401	1138	1308
3	69,2	83,7	67,3	70,9	92	111	93	97	,75	,75	,72	,73	1218	1428	1208	1313
3	70,4	75,6	55,6	63,3	107	112	88	101	,66	,68	,63	,62	1304	1364	1137	1250
3	82,2	108,1	69,1	92,0	111	138	104	129	,74	,78	,66	,72	1485	1731	1329	1697
3	65,3	77,6	57,8	61,6	95	109	84	90	,69	,71	,69	,68	1182	1273	1137	1179
3	68,1	81,1	58,9	60,1	101	120	93	86	,67	,68	,64	,71	1272	1485	1204	1257
3	80,2	88,8	60,6	70,3	108	115	95	105	,75	,77	,64	,67	1523	1675	1370	1567
3	76,3	87,9	60,8	64,9	104	116	86	91	,74	,76	,71	,72	1603	1794	1417	1556
3	67,2	74,0	53,6	55,7	99	104	86	87	,68	,71	,62	,64	1222	1178	1107	1088
2	57,3	62,7	38,6	47,0	86	94	67	78	,67	,66	,58	,60	1262	1254	1049	1137
2	68,7	73,4	53,5	57,7	99	106	83	89	,70	,69	,65	,65	1218	1232	1076	1086
2	57,4	62,7	48,3	55,1	87	92	77	88	,66	,68	,63	,63	1060	1118	927	1062
2	47,4	56,9	44,6	49,2	77	89	75	84	,62	,64	,60	,59	1025	1101	971	1017
2	57,0	66,1	51,2	61,8	90	102	82	97	,63	,65	,62	,64	1237	1316	1149	1275
2	53,2	61,2	47,9	58,2	78	85	75	86	,68	,72	,64	,68	1124	1161	1030	1242
2	55,9	64,8	43,5	48,4	89	100	79	86	,63	,65	,55	,56	1215	1304	1077	1175
2	47,6	56,6	44,3	49,0	74	85	74	80	,64	,67	,60	,61	1205	1234	1161	1126
2	85,7	95,6	73,3	80,8	116	121	102	112	,74	,79	,72	,72	1620	1763	1464	1623
2	61,8	78,0	48,2	56,0	91	109	79	86	,68	,72	,61	,65	1276	1505	1152	1294
2	58,7	66,6	47,6	49,3	90	98	78	82	,65	,68	,61	,60	1227	1309	1066	1058
2	50,6	55,5	44,6	51,4	82	88	76	81	,62	,63	,59	,63	1191	1254	1059	1159
1	68,6	77,9	66,3	72,8	111	125	112	119	,62	,62	,59	,61	1302	1464	1240	1351
1	55,1	65,4	43,5	52,6	81	90	70	77	,68	,73	,62	,68	1148	1179	986	1091
1	41,2	50,9	38,6	47,3	65	82	63	73	,64	,62	,62	,65	939	1019	947	1059
1	49,6	57,8	47,2	52,3	75	86	71	78	,66	,67	,66	,67	865	964	857	929
1	54,5	61,4	52,7	59,7	84	94	83	92	,65	,65	,64	,65	1221	1304	1232	1310
1	75,1	78,3	69,2	72,7	107	112	100	105	,70	,70	,69	,69	1479	1530	1468	1569
1	49,4	54,3	43,3	50,5	77	82	71	80	,65	,66	,61	,64	914	903	902	962
1	55,1	60,7	48,7	59,2	83	86	75	85	,67	,70	,65	,70	1121	1213	994	1219
1	37,2	42,5	36,9	39,9	60	69	60	63	,62	,62	,62	,63	814	868	798	806
1	43,5	47,9	34,2	40,2	70	70	57	62	,63	,68	,60	,64	1069	1170	993	1002

Πίνακας 5.5. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς το BMC του Κ και ΜΚ χεριού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BMC_ΠΡΙΝ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-5,5117	4,8946	1,000	-19,065	8,042
		ΟΜΑΔΑ 3	-18,6167*	4,6668	,002	-31,539	-5,694
		ΟΜΑΔΑ 4	-60,9922*	5,2524	,000	-75,536	-46,448
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	5,5117	4,8946	1,000	-8,042	19,065
		ΟΜΑΔΑ 3	-13,1050*	4,4274	,030	-25,364	-,846
		ΟΜΑΔΑ 4	-55,4806*	5,0408	,000	-69,439	-41,523
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	18,6167*	4,6668	,002	5,694	31,539
		ΟΜΑΔΑ 2	13,1050*	4,4274	,030	,846	25,364
		ΟΜΑΔΑ 4	-42,3756*	4,8199	,000	-55,722	-29,029
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	60,9922*	5,2524	,000	46,448	75,536
		ΟΜΑΔΑ 2	55,4806*	5,0408	,000	41,523	69,439
		ΟΜΑΔΑ 3	42,3756*	4,8199	,000	29,029	55,722
BMC_ΠΡΙΝ_ΜΚ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,7400	4,4524	1,000	-13,069	11,589
		ΟΜΑΔΑ 3	-13,1200*	4,2452	,021	-24,875	-1,365
		ΟΜΑΔΑ 4	-46,6289*	4,7778	,000	-59,859	-33,399
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,7400	4,4524	1,000	-11,589	13,069
		ΟΜΑΔΑ 3	-12,3800*	4,0274	,022	-23,532	-1,228
		ΟΜΑΔΑ 4	-45,8889*	4,5854	,000	-58,586	-33,192
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	13,1200*	4,2452	,021	1,365	24,875
		ΟΜΑΔΑ 2	12,3800*	4,0274	,022	1,228	23,532
		ΟΜΑΔΑ 4	-33,5089*	4,3845	,000	-45,650	-21,368
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	46,6289*	4,7778	,000	33,399	59,859
		ΟΜΑΔΑ 2	45,8889*	4,5854	,000	33,192	58,586
		ΟΜΑΔΑ 3	33,5089*	4,3845	,000	21,368	45,650
BMC_ΜΕΤΑ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-6,9650	5,4972	1,000	-22,187	8,257
		ΟΜΑΔΑ 3	-26,2900*	5,2414	,000	-40,803	-11,777

		ΟΜΑΔΑ 4	-66,7789*	5,8990	,000	-83,113	-50,445
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	6,9650	5,4972	1,000	-8,257	22,187
		ΟΜΑΔΑ 3	-19,3250*	4,9724	,002	-33,094	-5,556
		ΟΜΑΔΑ 4	-59,8139*	5,6613	,000	-75,490	-44,138
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	26,2900*	5,2414	,000	11,777	40,803
		ΟΜΑΔΑ 2	19,3250*	4,9724	,002	5,556	33,094
		ΟΜΑΔΑ 4	-40,4889*	5,4133	,000	-55,478	-25,499
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	66,7789*	5,8990	,000	50,445	83,113
		ΟΜΑΔΑ 2	59,8139*	5,6613	,000	44,138	75,490
		ΟΜΑΔΑ 3	40,4889*	5,4133	,000	25,499	55,478
BMC_METΑ_M K	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,6050	5,0915	1,000	-14,703	13,493
		ΟΜΑΔΑ 3	-14,8200*	4,8546	,024	-28,262	-1,378
		ΟΜΑΔΑ 4	-49,1133*	5,4636	,000	-64,242	-33,984
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,6050	5,0915	1,000	-13,493	14,703
		ΟΜΑΔΑ 3	-14,2150*	4,6055	,021	-26,968	-1,462
		ΟΜΑΔΑ 4	-48,5083*	5,2435	,000	-63,028	-33,989
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	14,8200*	4,8546	,024	1,378	28,262
		ΟΜΑΔΑ 2	14,2150*	4,6055	,021	1,462	26,968
		ΟΜΑΔΑ 4	-34,2933*	5,0138	,000	-48,177	-20,410
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	49,1133*	5,4636	,000	33,984	64,242
		ΟΜΑΔΑ 2	48,5083*	5,2435	,000	33,989	63,028
		ΟΜΑΔΑ 3	34,2933*	5,0138	,000	20,410	48,177
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

Πίνακας 5.6. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την οστική επιφάνεια του Κ και ΜΚ χεριού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
ΒΑ_ΠΡΙΝ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-6,950	5,329	1,000	-21,71	7,81
		ΟΜΑΔΑ 3	-22,167*	5,081	,000	-36,24	-8,10
		ΟΜΑΔΑ 4	-60,922*	5,718	,000	-76,76	-45,09
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	6,950	5,329	1,000	-7,81	21,71
		ΟΜΑΔΑ 3	-15,217*	4,820	,018	-28,56	-1,87
		ΟΜΑΔΑ 4	-53,972*	5,488	,000	-69,17	-38,78
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	22,167*	5,081	,000	8,10	36,24
		ΟΜΑΔΑ 2	15,217*	4,820	,018	1,87	28,56
		ΟΜΑΔΑ 4	-38,756*	5,248	,000	-53,29	-24,22
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	60,922*	5,718	,000	45,09	76,76
		ΟΜΑΔΑ 2	53,972*	5,488	,000	38,78	69,17
		ΟΜΑΔΑ 3	38,756*	5,248	,000	24,22	53,29
ΒΑ_ΠΡΙΝ_ΜΚ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-2,717	5,389	1,000	-17,64	12,20
		ΟΜΑΔΑ 3	-16,733*	5,138	,013	-30,96	-2,51
		ΟΜΑΔΑ 4	-52,911*	5,783	,000	-68,92	-36,90
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	2,717	5,389	1,000	-12,20	17,64
		ΟΜΑΔΑ 3	-14,017*	4,874	,038	-27,51	-,52
		ΟΜΑΔΑ 4	-50,194*	5,550	,000	-65,56	-34,83
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	16,733*	5,138	,013	2,51	30,96
		ΟΜΑΔΑ 2	14,017*	4,874	,038	,52	27,51
		ΟΜΑΔΑ 4	-36,178*	5,306	,000	-50,87	-21,48
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	52,911*	5,783	,000	36,90	68,92
		ΟΜΑΔΑ 2	50,194*	5,550	,000	34,83	65,56
		ΟΜΑΔΑ 3	36,178*	5,306	,000	21,48	50,87
ΒΑ_ΜΕΤΑ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-7,817	5,914	1,000	-24,19	8,56
		ΟΜΑΔΑ 3	-29,467*	5,639	,000	-45,08	-13,85
		ΟΜΑΔΑ 4	-66,178*	6,347	,000	-83,75	-48,60

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	7,817	5,914	1,000	-8,56	24,19
		ΟΜΑΔΑ 3	-21,650*	5,350	,001	-36,46	-6,84
		ΟΜΑΔΑ 4	-58,361*	6,091	,000	-75,23	-41,49
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	29,467*	5,639	,000	13,85	45,08
		ΟΜΑΔΑ 2	21,650*	5,350	,001	6,84	36,46
		ΟΜΑΔΑ 4	-36,711*	5,824	,000	-52,84	-20,58
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	66,178*	6,347	,000	48,60	83,75
		ΟΜΑΔΑ 2	58,361*	6,091	,000	41,49	75,23
		ΟΜΑΔΑ 3	36,711*	5,824	,000	20,58	52,84
BA_META_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-4,017	6,256	1,000	-21,34	13,31
		ΟΜΑΔΑ 3	-19,400*	5,965	,014	-35,92	-2,88
		ΟΜΑΔΑ 4	-57,489*	6,713	,000	-76,08	-38,90
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	4,017	6,256	1,000	-13,31	21,34
		ΟΜΑΔΑ 3	-15,383	5,659	,057	-31,05	,29
		ΟΜΑΔΑ 4	-53,472*	6,443	,000	-71,31	-35,63
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	19,400*	5,965	,014	2,88	35,92
		ΟΜΑΔΑ 2	15,383	5,659	,057	-,29	31,05
		ΟΜΑΔΑ 4	-38,089*	6,161	,000	-55,15	-21,03
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	57,489*	6,713	,000	38,90	76,08
		ΟΜΑΔΑ 2	53,472*	6,443	,000	35,63	71,31
		ΟΜΑΔΑ 3	38,089*	6,161	,000	21,03	55,15
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

Παράρτημα 5.7. BMD άνω άκρα.

Πίνακας 5.7.1. BMD κυρίαρχου και μη κυρίαρχου χεριού πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑΔΑ	Χέρι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	Κ	0,651 ± 0,03 (0,632 – 0,671)	0,666 ± 0,04 (0,637 – 0,694)	0,01 ± 0,03 (0,00 - 0,03)	2,16	0,108	0,41
	ΜΚ	0,630 ± 0,03 (0,608 – 0,652)	0,656 ± 0,03 (0,635 – 0,677)	0,03 ± 0,02 (0,01 - 0,04)	4,14	0,003	0,87
2η	Κ	0,659 ± 0,04 (0,636 – 0,682)	0,681 ± 0,04 (0,654 – 0,709)	0,02 ± 0,02 (0,01 - 0,03)	3,31	0,001	0,55
	ΜΚ	0,614 ± 0,04 (0,587 – 0,642)	0,631 ± 0,04 (0,603 – 0,658)	0,02 ± 0,02 (0,00 - 0,03)	2,67	0,012	0,38
3η	Κ	0,692 ± 0,04 (0,672 – 0,711)	0,721 ± 0,04 (0,701 – 0,742)	0,03 ± 0,02 (0,02 - 0,04)	4,30	<0,001	0,81
	ΜΚ	0,658 ± 0,04 (0,641 – 0,675)	0,675 ± 0,03 (0,657 – 0,694)	0,02 ± 0,03 (0,00- 0,03)	2,63	0,018	0,54
4η	Κ	0,798 ± 0,06 (0,749 – 0,848)	0,810 ± 0,05 (0,773 – 0,846)	0,01 ± 0,06 (-0,03 - 0,05)	1,42	0,555	0,20
	ΜΚ	0,733 ± 0,06 (0,686 – 0,780)	0,736 ± 0,04 (0,706 – 0,765)	0,00 ± 0,04 (-0,03 - 0,03)	0,42	0,813	0,06
Σύνολο	Κ	0,695 ± 0,067 (0,675 – 0,715)	0,716 ± 0,065 (0,697 – 0,735)	0,02 ± 0,03 (0,01 - 0,03)	2,97	<0,001	0,31
	ΜΚ	0,655 ± 0,058 (0,638 – 0,672)	0,671 ± 0,051 (0,656 – 0,686)	0,02 ± 0,03 (0,01 - 0,02)	2,48	<0,001	0,30

^{#1} $F_{D_BMD_PRE}$: $F = 25,16$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,643$, $\omega^2 = 0,612$.

^{#2} $F_{ND_BMD_PRE}$: $F = 15,65$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,529$, $\omega^2 = 0,489$.

^{#3} $F_{D_BMD_POST}$: $F = 23,18$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,625$, $\omega^2 = 0,591$.

^{#4} $F_{ND_BMD_POST}$: $F = 15,25$, $p = 0,000$, $\eta^2 = 0,522$, $\omega^2 = 0,482$.

* Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005$.

Πίνακας 5.7.2. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς το BMD του Κ και ΜΚ χεριού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BMD_ΠΡΙΝ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,008000	,017990	1,000	-,05781	,04181
		ΟΜΑΔΑ 3	-,040667	,017153	,134	-,08816	,00683
		ΟΜΑΔΑ 4	-,146889*	,019305	,000	-,20034	-,09343
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,008000	,017990	1,000	-,04181	,05781
		ΟΜΑΔΑ 3	-,032667	,016272	,307	-,07773	,01239
		ΟΜΑΔΑ 4	-,138889*	,018527	,000	-,19019	-,08759
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,040667	,017153	,134	-,00683	,08816
		ΟΜΑΔΑ 2	,032667	,016272	,307	-,01239	,07773
		ΟΜΑΔΑ 4	-,106222*	,017715	,000	-,15528	-,05717
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,146889*	,019305	,000	,09343	,20034
		ΟΜΑΔΑ 2	,138889*	,018527	,000	,08759	,19019
		ΟΜΑΔΑ 3	,106222*	,017715	,000	,05717	,15528
BMD_ΠΡΙΝ_Μ Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	,013333	,017585	1,000	-,03536	,06203
		ΟΜΑΔΑ 3	-,028667	,016766	,568	-,07509	,01776
		ΟΜΑΔΑ 4	-,103333*	,018870	,000	-,15558	-,05108
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	-,013333	,017585	1,000	-,06203	,03536
		ΟΜΑΔΑ 3	-,042000	,015906	,069	-,08604	,00204
		ΟΜΑΔΑ 4	-,116667*	,018110	,000	-,16681	-,06652
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,028667	,016766	,568	-,01776	,07509
		ΟΜΑΔΑ 2	,042000	,015906	,069	-,00204	,08604
		ΟΜΑΔΑ 4	-,074667*	,017316	,001	-,12262	-,02672
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,103333*	,018870	,000	,05108	,15558
		ΟΜΑΔΑ 2	,116667*	,018110	,000	,06652	,16681
		ΟΜΑΔΑ 3	,074667*	,017316	,001	,02672	,12262
BMD_ΜΕΤΑ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,016667	,017678	1,000	-,06562	,03228
		ΟΜΑΔΑ 3	-,056333*	,016855	,011	-,10300	-,00966
		ΟΜΑΔΑ 4	-,145000*	,018970	,000	-,19753	-,09247

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,016667	,017678	1,000	-,03228	,06562	
		ΟΜΑΔΑ 3	-,039667	,015990	,103	-,08394	,00461	
		ΟΜΑΔΑ 4	-,128333*	,018205	,000	-,17874	-,07792	
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,056333*	,016855	,011	,00966	,10300	
		ΟΜΑΔΑ 2	,039667	,015990	,103	-,00461	,08394	
		ΟΜΑΔΑ 4	-,088667*	,017408	,000	-,13687	-,04046	
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,145000*	,018970	,000	,09247	,19753	
		ΟΜΑΔΑ 2	,128333*	,018205	,000	,07792	,17874	
		ΟΜΑΔΑ 3	,088667*	,017408	,000	,04046	,13687	
	BMD_ΜΕΤΑ_Μ Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	,026000	,015629	,622	-,01728	,06928
			ΟΜΑΔΑ 3	-,020000	,014901	1,000	-,06126	,02126
			ΟΜΑΔΑ 4	-,081778*	,016771	,000	-,12822	-,03534
ΟΜΑΔΑ 2		ΟΜΑΔΑ 1	-,026000	,015629	,622	-,06928	,01728	
		ΟΜΑΔΑ 3	-,046000*	,014137	,014	-,08514	-,00686	
		ΟΜΑΔΑ 4	-,107778*	,016095	,000	-,15235	-,06321	
ΟΜΑΔΑ 3		ΟΜΑΔΑ 1	,020000	,014901	1,000	-,02126	,06126	
		ΟΜΑΔΑ 2	,046000*	,014137	,014	,00686	,08514	
		ΟΜΑΔΑ 4	-,061778*	,015390	,001	-,10439	-,01916	
ΟΜΑΔΑ 4		ΟΜΑΔΑ 1	,081778*	,016771	,000	,03534	,12822	
		ΟΜΑΔΑ 2	,107778*	,016095	,000	,06321	,15235	
		ΟΜΑΔΑ 3	,061778*	,015390	,001	,01916	,10439	
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.								

Πίνακας 5.8. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την άλιπη σωματική μάζα του K και MK χεριού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
L.MASS_Π PIN_K	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-134,467	83,399	,686	-365,40	96,47
		ΟΜΑΔΑ 3	-258,267*	79,518	,014	-478,45	-38,08
		ΟΜΑΔΑ 4	-780,022*	89,494	,000	-1027,83	-532,21
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	134,467	83,399	,686	-96,47	365,40
		ΟΜΑΔΑ 3	-123,800	75,437	,649	-332,69	85,09
		ΟΜΑΔΑ 4	-645,556*	85,889	,000	-883,38	-407,73
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	258,267*	79,518	,014	38,08	478,45
		ΟΜΑΔΑ 2	123,800	75,437	,649	-85,09	332,69
		ΟΜΑΔΑ 4	-521,756*	82,126	,000	-749,16	-294,35
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	780,022*	89,494	,000	532,21	1027,83
		ΟΜΑΔΑ 2	645,556*	85,889	,000	407,73	883,38
		ΟΜΑΔΑ 3	521,756*	82,126	,000	294,35	749,16
L.MASS_Π PIN_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-56,717	76,137	1,000	-267,54	154,11
		ΟΜΑΔΑ 3	-216,833*	72,594	,028	-417,85	-15,82
		ΟΜΑΔΑ 4	-656,522*	81,702	,000	-882,76	-430,29
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	56,717	76,137	1,000	-154,11	267,54
		ΟΜΑΔΑ 3	-160,117	68,869	,150	-350,82	30,58
		ΟΜΑΔΑ 4	-599,806*	78,411	,000	-816,93	-382,69
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	216,833*	72,594	,028	15,82	417,85
		ΟΜΑΔΑ 2	160,117	68,869	,150	-30,58	350,82
		ΟΜΑΔΑ 4	-439,689*	74,975	,000	-647,30	-232,08
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	656,522*	81,702	,000	430,29	882,76
		ΟΜΑΔΑ 2	599,806*	78,411	,000	382,69	816,93
		ΟΜΑΔΑ 3	439,689*	74,975	,000	232,08	647,30
L.MASS_M ETA_K	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-134,517	97,312	1,000	-403,97	134,94
		ΟΜΑΔΑ 3	-366,133*	92,783	,002	-623,05	-109,22
		ΟΜΑΔΑ 4	-953,600*	104,424	,000	-1242,75	-664,45

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	134,517	97,312	1,000	-134,94	403,97	
		ΟΜΑΔΑ 3	-231,617	88,022	,071	-475,35	12,12	
		ΟΜΑΔΑ 4	-819,083*	100,217	,000	-1096,59	-541,58	
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	366,133*	92,783	,002	109,22	623,05	
		ΟΜΑΔΑ 2	231,617	88,022	,071	-12,12	475,35	
		ΟΜΑΔΑ 4	-587,467*	95,826	,000	-852,81	-322,12	
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	953,600*	104,424	,000	664,45	1242,75	
		ΟΜΑΔΑ 2	819,083*	100,217	,000	541,58	1096,59	
		ΟΜΑΔΑ 3	587,467*	95,826	,000	322,12	852,81	
	L.MASS_M ETA_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-58,033	97,194	1,000	-327,17	211,10
			ΟΜΑΔΑ 3	-277,667*	92,671	,027	-534,27	-21,06
			ΟΜΑΔΑ 4	-797,089*	104,298	,000	-1085,89	-508,29
ΟΜΑΔΑ 2		ΟΜΑΔΑ 1	58,033	97,194	1,000	-211,10	327,17	
		ΟΜΑΔΑ 3	-219,633	87,916	,099	-463,07	23,81	
		ΟΜΑΔΑ 4	-739,056*	100,096	,000	-1016,22	-461,89	
ΟΜΑΔΑ 3		ΟΜΑΔΑ 1	277,667*	92,671	,027	21,06	534,27	
		ΟΜΑΔΑ 2	219,633	87,916	,099	-23,81	463,07	
		ΟΜΑΔΑ 4	-519,422*	95,710	,000	-784,45	-254,40	
ΟΜΑΔΑ 4		ΟΜΑΔΑ 1	797,089*	104,298	,000	508,29	1085,89	
		ΟΜΑΔΑ 2	739,056*	100,096	,000	461,89	1016,22	
		ΟΜΑΔΑ 3	519,422*	95,710	,000	254,40	784,45	
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.								

Πίνακας 5.9. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς τη δύναμη χειρολαβής του K και MK χεριού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
GRIP_ΠΡΙΝ_K	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-2,43889	,96904	,094	-5,1222	,2444
		ΟΜΑΔΑ 3	-3,93333*	,92395	,001	-6,4918	-1,3749
		ΟΜΑΔΑ 4	-9,78148*	1,03987	,000	-12,6609	-6,9021
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	2,43889	,96904	,094	-,2444	5,1222
		ΟΜΑΔΑ 3	-1,49444	,87653	,574	-3,9216	,9327
		ΟΜΑΔΑ 4	-7,34259*	,99798	,000	-10,1060	-4,5792
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	3,93333*	,92395	,001	1,3749	6,4918
		ΟΜΑΔΑ 2	1,49444	,87653	,574	-,9327	3,9216
		ΟΜΑΔΑ 4	-5,84815*	,95425	,000	-8,4905	-3,2058
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	9,78148*	1,03987	,000	6,9021	12,6609
		ΟΜΑΔΑ 2	7,34259*	,99798	,000	4,5792	10,1060
		ΟΜΑΔΑ 3	5,84815*	,95425	,000	3,2058	8,4905
GRIP_ΠΡΙΝ_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-2,65278*	,93649	,042	-5,2459	-,0596
		ΟΜΑΔΑ 3	-3,15000*	,89291	,006	-5,6225	-,6775
		ΟΜΑΔΑ 4	-8,36111*	1,00494	,000	-11,1438	-5,5784
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	2,65278*	,93649	,042	,0596	5,2459
		ΟΜΑΔΑ 3	-,49722	,84709	1,000	-2,8428	1,8484
		ΟΜΑΔΑ 4	-5,70833*	,96445	,000	-8,3789	-3,0377
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	3,15000*	,89291	,006	,6775	5,6225
		ΟΜΑΔΑ 2	,49722	,84709	1,000	-1,8484	2,8428
		ΟΜΑΔΑ 4	-5,21111*	,92219	,000	-7,7647	-2,6575
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	8,36111*	1,00494	,000	5,5784	11,1438
		ΟΜΑΔΑ 2	5,70833*	,96445	,000	3,0377	8,3789
		ΟΜΑΔΑ 3	5,21111*	,92219	,000	2,6575	7,7647
GRIP_META_K	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-2,64167	1,23115	,226	-6,0507	,7674
		ΟΜΑΔΑ 3	-5,62222*	1,17385	,000	-8,8726	-2,3718
		ΟΜΑΔΑ 4	-9,34074*	1,32113	,000	-12,9990	-5,6825

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	2,64167	1,23115	,226	-,7674	6,0507	
		ΟΜΑΔΑ 3	-2,98056	1,11362	,063	-6,0642	,1031	
		ΟΜΑΔΑ 4	-6,69907*	1,26791	,000	-10,2099	-3,1882	
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	5,62222*	1,17385	,000	2,3718	8,8726	
		ΟΜΑΔΑ 2	2,98056	1,11362	,063	-,1031	6,0642	
		ΟΜΑΔΑ 4	-3,71852*	1,21235	,023	-7,0755	-,3615	
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	9,34074*	1,32113	,000	5,6825	12,9990	
		ΟΜΑΔΑ 2	6,69907*	1,26791	,000	3,1882	10,2099	
		ΟΜΑΔΑ 3	3,71852*	1,21235	,023	,3615	7,0755	
	GRIP_META_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-2,53333	1,04027	,115	-5,4139	,3472
			ΟΜΑΔΑ 3	-4,56667*	,99186	,000	-7,3131	-1,8202
			ΟΜΑΔΑ 4	-8,55185*	1,11630	,000	-11,6429	-5,4608
ΟΜΑΔΑ 2		ΟΜΑΔΑ 1	2,53333	1,04027	,115	-,3472	5,4139	
		ΟΜΑΔΑ 3	-2,03333	,94096	,219	-4,6389	,5722	
		ΟΜΑΔΑ 4	-6,01852*	1,07133	,000	-8,9850	-3,0520	
ΟΜΑΔΑ 3		ΟΜΑΔΑ 1	4,56667*	,99186	,000	1,8202	7,3131	
		ΟΜΑΔΑ 2	2,03333	,94096	,219	-,5722	4,6389	
		ΟΜΑΔΑ 4	-3,98519*	1,02439	,002	-6,8217	-1,1486	
ΟΜΑΔΑ 4		ΟΜΑΔΑ 1	8,55185*	1,11630	,000	5,4608	11,6429	
		ΟΜΑΔΑ 2	6,01852*	1,07133	,000	3,0520	8,9850	
		ΟΜΑΔΑ 3	3,98519*	1,02439	,002	1,1486	6,8217	
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.								

Πίνακας 5.10. Αρχικά δεδομένα: οστικοί και μυο-δυναμικοί δείκτες κάτω άκρων στις αρχικές και τελικές μετρήσει.

ΟΜΑΔΑ	BMC Κ		BMC ΜΚ		BA Κ		BA ΜΚ		BMD Κ		BMD ΜΚ		ΑΛΙΓΗ ΜΑΖΑ Κ		ΑΛΙΓΗ ΜΑΖΑ ΜΚ	
	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α	ΠΡΙ Ν	ΜΕΤ Α
4	423,2	452,0	417,3	466,1	340,0	351,0	330,0	356,0	1,25	1,29	1,27	1,31	6726	6876	6491	7008
4	350,6	386,1	353,1	388,6	307,0	339,0	328,0	351,0	1,14	1,14	1,08	1,11	5910	6287	5818	6087
4	483,1	505,2	495,8	510,0	354,0	374,0	369,0	374,0	1,36	1,35	1,34	1,36	7698	7812	8080	8063
4	430,2	497,7	464,5	534,7	328,0	399,0	344,0	407,0	1,31	1,25	1,35	1,31	7261	8557	7426	8718
4	433,3	471,9	422,6	466,7	369,0	376,0	362,0	381,0	1,17	1,26	1,17	1,23	7759	8014	7702	8220
4	398,2	460,8	397,1	463,5	315,0	345,0	309,0	345,0	1,26	1,34	1,29	1,34	5320	6177	5293	6219
4	283,4	316,9	277,1	307,8	255,0	272,0	259,0	271,0	1,11	1,16	1,07	1,14	5020	5385	5012	5180
4	347,1	417,4	342,1	415,1	280,0	334,0	276,0	328,0	1,24	1,25	1,24	1,27	5946	7043	5761	6786
4	370,8	394,5	379,7	405,9	307,0	333,0	317,0	334,0	1,21	1,18	1,20	1,22	5524	6151	5514	6181
3	325,7	419,0	329,5	411,7	307,0	373,0	318,0	360,0	1,06	1,12	1,04	1,14	6230	7577	6263	7291
3	262,8	302,6	271,4	311,4	289,0	308,0	279,0	312,0	,91	,98	,97	1,00	4758	5284	4595	5354
3	255,5	306,1	247,2	306,5	277,0	302,0	268,0	304,0	,92	1,01	,92	1,01	4824	5445	4820	5531
3	305,3	373,3	299,4	369,1	317,0	339,0	317,0	342,0	,96	1,10	,95	1,08	4760	5821	4677	5919
3	273,3	317,2	282,5	325,2	276,0	297,0	278,0	302,0	,99	1,07	1,02	1,08	3665	4457	3623	4367
3	205,2	236,7	200,4	228,5	228,0	252,0	235,0	250,0	,90	,94	,85	,91	4126	4458	4001	4335
3	217,9	272,6	214,8	262,6	239,0	275,0	240,0	271,0	,91	,99	,89	,97	4153	4691	4097	4671
3	205,6	237,2	197,4	230,2	200,0	234,0	194,0	221,0	1,03	1,01	1,02	1,04	3753	4279	3542	4150
3	267,4	309,3	271,9	305,2	273,0	290,0	272,0	299,0	,98	1,07	1,00	1,02	4300	4884	4304	4967
3	329,1	407,9	322,6	402,1	299,0	335,0	301,0	337,0	1,10	1,22	1,07	1,20	5231	6364	5085	6352
3	207,8	243,2	214,4	259,3	228,0	238,0	230,0	257,0	,91	1,02	,93	1,01	3694	4138	3715	4377
3	235,3	298,1	247,5	312,2	241,0	286,0	258,0	294,0	,98	1,04	,96	1,06	4248	5159	4493	5378
3	273,4	318,3	286,7	323,9	260,0	289,0	274,0	308,0	1,05	1,10	1,05	1,05	5078	5613	5078	5659
3	295,8	343,7	301,7	351,4	292,0	309,0	290,0	319,0	1,01	1,12	1,04	1,10	5331	5965	5473	6138
3	251,2	284,3	243,4	277,4	257,0	272,0	257,0	280,0	,98	1,05	,95	,99	4088	4515	4083	4544
2	218,9	253,3	213,8	244,5	245,0	269,0	239,0	262,0	,89	,94	,90	,93	3993	4241	3702	4148
2	229,3	265,4	244,6	272,5	237,0	265,0	243,0	265,0	,97	1,00	1,01	1,03	3802	4207	4004	4270
2	192,8	229,6	195,4	223,1	207,0	233,0	200,0	230,0	,93	,99	,98	,97	3461	4031	3541	3962
2	177,2	207,2	177,2	211,5	204,2	225,0	196,2	219,0	,87	,92	,90	,97	3472	3952	3452	3892

	3	4	1		0		0						6	5	1	4
2	211,3	256,3	196,5	236,1	223,0	280,0	208,0	263,0	,95	,92	,94	,90	4022	4290	3779	4084
2	190,2	213,2	198,3	225,1	215,0	236,0	218,0	239,0	,88	,90	,91	,94	3821	4101	3618	4048
2	210,9	250,0	199,3	236,2	234,0	257,0	224,0	250,0	,90	,97	,89	,94	4233	4844	4025	4546
2	136,4	156,3	141,9	162,8	178,0	181,0	177,0	184,0	,77	,86	,80	,88	3084	3299	3129	3306
2	288,3	332,9	267,5	325,1	259,0	291,0	250,0	290,0	1,11	1,14	1,07	1,12	4977	5617	4649	5403
2	233,7	271,1	229,7	276,1	244,0	250,0	233,0	260,0	,96	1,09	,99	1,06	4245	4734	4210	4846
2	197,5	230,2	212,5	248,0	216,0	243,0	231,0	258,0	,92	,95	,92	,96	3799	4091	3890	4305
2	189,6	225,9	185,6	223,8	205,0	231,0	201,0	232,0	,93	,98	,92	,97	4022	4390	3733	4364
1	259,0	298,4	261,8	299,8	280,0	304,0	274,0	304,0	,95	,98	,94	,99	4248	4586	4153	4747
1	169,4	213,8	165,1	213,9	187,0	227,0	196,0	231,0	,91	,94	,84	,93	3517	4030	3414	4103
1	157,6	190,5	154,2	188,2	185,0	209,0	184,0	201,0	,85	,91	,84	,94	3063	3275	3014	3212
1	190,6	232,3	191,4	232,3	219,0	251,0	210,0	230,0	,87	,93	,91	1,01	3050	3629	2893	3488
1	191,0	218,1	190,1	225,1	208,0	250,0	209,0	258,0	,92	,87	,91	,87	4044	4351	3919	4471
1	280,0	320,6	280,2	320,1	246,0	269,0	247,0	269,0	1,14	1,19	1,14	1,19	4892	4885	4753	4819
1	184,6	214,0	174,5	205,5	203,0	215,0	199,0	214,0	,91	1,00	,88	,96	3230	3642	3153	3479
1	188,0	209,7	188,3	215,8	215,0	235,0	215,0	237,0	,87	,89	,88	,91	3566	4047	3482	4044
1	125,4	152,8	130,4	157,4	167,0	191,0	170,0	195,0	,75	,80	,77	,81	2591	2932	2733	2869
1	163,5	195,2	164,3	193,4	176,0	195,0	189,0	200,0	,93	1,00	,87	,97	3137	3816	3348	3904

Πίνακας 5.11. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς το BMC του Κ και ΜΚ ποδιού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BMC_ΠΡΙΝ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-15,4400	19,4219	1,000	-69,220	38,340
		ΟΜΑΔΑ 3	-69,8433*	18,5180	,003	-121,120	-18,567
		ΟΜΑΔΑ 4	-200,1900*	20,8414	,000	-257,900	-142,480
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	15,4400	19,4219	1,000	-38,340	69,220
		ΟΜΑΔΑ 3	-54,4033*	17,5678	,021	-103,049	-5,758
		ΟΜΑΔΑ 4	-184,7500*	20,0018	,000	-240,135	-129,365
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	69,8433*	18,5180	,003	18,567	121,120
		ΟΜΑΔΑ 2	54,4033*	17,5678	,021	5,758	103,049
		ΟΜΑΔΑ 4	-130,3467*	19,1254	,000	-183,305	-77,388
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	200,1900*	20,8414	,000	142,480	257,900
		ΟΜΑΔΑ 2	184,7500*	20,0018	,000	129,365	240,135
		ΟΜΑΔΑ 3	130,3467*	19,1254	,000	77,388	183,305
BMC_ΠΡΙΝ_ΜΚ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-15,1533	20,0225	1,000	-70,596	40,289
		ΟΜΑΔΑ 3	-72,0233*	19,0907	,003	-124,886	-19,161
		ΟΜΑΔΑ 4	-204,3367*	21,4859	,000	-263,831	-144,842
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	15,1533	20,0225	1,000	-40,289	70,596
		ΟΜΑΔΑ 3	-56,8700*	18,1110	,019	-107,020	-6,720
		ΟΜΑΔΑ 4	-189,1833*	20,6203	,000	-246,281	-132,085
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	72,0233*	19,0907	,003	19,161	124,886
		ΟΜΑΔΑ 2	56,8700*	18,1110	,019	6,720	107,020
		ΟΜΑΔΑ 4	-132,3133*	19,7168	,000	-186,909	-77,717
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	204,3367*	21,4859	,000	144,842	263,831
		ΟΜΑΔΑ 2	189,1833*	20,6203	,000	132,085	246,281
		ΟΜΑΔΑ 3	132,3133*	19,7168	,000	77,717	186,909
BMC_ΜΕΤΑ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-16,4267	22,4942	1,000	-78,714	45,860
		ΟΜΑΔΑ 3	-86,7600*	21,4474	,001	-146,148	-27,372
		ΟΜΑΔΑ 4	-209,0711*	24,1383	,000	-275,910	-142,232

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	16,4267	22,4942	1,000	-45,860	78,714	
		ΟΜΑΔΑ 3	-70,3333*	20,3468	,008	-126,674	-13,993	
		ΟΜΑΔΑ 4	-192,6444*	23,1659	,000	-256,791	-128,498	
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	86,7600*	21,4474	,001	27,372	146,148	
		ΟΜΑΔΑ 2	70,3333*	20,3468	,008	13,993	126,674	
		ΟΜΑΔΑ 4	-122,3111*	22,1508	,000	-183,647	-60,975	
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	209,0711*	24,1383	,000	142,232	275,910	
		ΟΜΑΔΑ 2	192,6444*	23,1659	,000	128,498	256,791	
		ΟΜΑΔΑ 3	122,3111*	22,1508	,000	60,975	183,647	
	BMC_ΜΕΤΑ_ΜΚ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-15,2500	22,9360	1,000	-78,760	48,260
			ΟΜΑΔΑ 3	-86,6300*	21,8686	,002	-147,184	-26,076
			ΟΜΑΔΑ 4	-214,6722*	24,6123	,000	-282,824	-146,520
ΟΜΑΔΑ 2		ΟΜΑΔΑ 1	15,2500	22,9360	1,000	-48,260	78,760	
		ΟΜΑΔΑ 3	-71,3800*	20,7464	,008	-128,827	-13,933	
		ΟΜΑΔΑ 4	-199,4222*	23,6208	,000	-264,829	-134,016	
ΟΜΑΔΑ 3		ΟΜΑΔΑ 1	86,6300*	21,8686	,002	26,076	147,184	
		ΟΜΑΔΑ 2	71,3800*	20,7464	,008	13,933	128,827	
		ΟΜΑΔΑ 4	-128,0422*	22,5858	,000	-190,583	-65,502	
ΟΜΑΔΑ 4		ΟΜΑΔΑ 1	214,6722*	24,6123	,000	146,520	282,824	
		ΟΜΑΔΑ 2	199,4222*	23,6208	,000	134,016	264,829	
		ΟΜΑΔΑ 3	128,0422*	22,5858	,000	65,502	190,583	
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.								

Πίνακας 5.12. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την οστική επιφάνεια (BA) του Κ και ΜΚ ποδιού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BA_ΠΡΙΝ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-13,6500	13,5081	1,000	-51,054	23,754
		ΟΜΑΔΑ 3	-56,9333*	12,8795	,000	-92,597	-21,270
		ΟΜΑΔΑ 4	-108,6222*	14,4954	,000	-148,760	-68,484
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	13,6500	13,5081	1,000	-23,754	51,054
		ΟΜΑΔΑ 3	-43,2833*	12,2185	,006	-77,117	-9,450
		ΟΜΑΔΑ 4	-94,9722*	13,9114	,000	-133,493	-56,451
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	56,9333*	12,8795	,000	21,270	92,597
		ΟΜΑΔΑ 2	43,2833*	12,2185	,006	9,450	77,117
		ΟΜΑΔΑ 4	-51,6889*	13,3019	,002	-88,522	-14,856
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	108,6222*	14,4954	,000	68,484	148,760
		ΟΜΑΔΑ 2	94,9722*	13,9114	,000	56,451	133,493
		ΟΜΑΔΑ 3	51,6889*	13,3019	,002	14,856	88,522
BA_ΠΡΙΝ_ΜΚ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-9,0333	13,2702	1,000	-45,779	27,712
		ΟΜΑΔΑ 3	-58,1000*	12,6527	,000	-93,135	-23,065
		ΟΜΑΔΑ 4	-112,2556*	14,2401	,000	-151,687	-72,825
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	9,0333	13,2702	1,000	-27,712	45,779
		ΟΜΑΔΑ 3	-49,0667*	12,0034	,001	-82,304	-15,829
		ΟΜΑΔΑ 4	-103,2222*	13,6664	,000	-141,065	-65,380
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	58,1000*	12,6527	,000	23,065	93,135
		ΟΜΑΔΑ 2	49,0667*	12,0034	,001	15,829	82,304
		ΟΜΑΔΑ 4	-54,1556*	13,0676	,001	-90,340	-17,971
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	112,2556*	14,2401	,000	72,825	151,687
		ΟΜΑΔΑ 2	103,2222*	13,6664	,000	65,380	141,065
		ΟΜΑΔΑ 3	54,1556*	13,0676	,001	17,971	90,340
BA_META_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-12,1500	14,8726	1,000	-53,332	29,032
		ΟΜΑΔΑ 3	-58,6667*	14,1805	,001	-97,933	-19,401
		ΟΜΑΔΑ 4	-112,4000*	15,9596	,000	-156,592	-68,208

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	12,1500	14,8726	1,000	-29,032	53,332
		ΟΜΑΔΑ 3	-46,5167*	13,4528	,008	-83,768	-9,266
		ΟΜΑΔΑ 4	-100,2500*	15,3167	,000	-142,662	-57,838
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	58,6667*	14,1805	,001	19,401	97,933
		ΟΜΑΔΑ 2	46,5167*	13,4528	,008	9,266	83,768
		ΟΜΑΔΑ 4	-53,7333*	14,6455	,004	-94,287	-13,180
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	112,4000*	15,9596	,000	68,208	156,592
		ΟΜΑΔΑ 2	100,2500*	15,3167	,000	57,838	142,662
		ΟΜΑΔΑ 3	53,7333*	14,6455	,004	13,180	94,287
BA_META_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-12,1000	14,7826	1,000	-53,033	28,833
		ΟΜΑΔΑ 3	-63,1667*	14,0946	,000	-102,195	-24,138
		ΟΜΑΔΑ 4	-115,7667*	15,8630	,000	-159,691	-71,842
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	12,1000	14,7826	1,000	-28,833	53,033
		ΟΜΑΔΑ 3	-51,0667*	13,3713	,003	-88,092	-14,041
		ΟΜΑΔΑ 4	-103,6667*	15,2239	,000	-145,822	-61,511
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	63,1667*	14,0946	,000	24,138	102,195
		ΟΜΑΔΑ 2	51,0667*	13,3713	,003	14,041	88,092
		ΟΜΑΔΑ 4	-52,6000*	14,5569	,005	-92,908	-12,292
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	115,7667*	15,8630	,000	71,842	159,691
		ΟΜΑΔΑ 2	103,6667*	15,2239	,000	61,511	145,822
		ΟΜΑΔΑ 3	52,6000*	14,5569	,005	12,292	92,908
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

Παράρτημα 5.13. BMD κάτω άκρα.

Πίνακας 5.13.1. BMD κυρίαρχου και μη κυρίαρχου ποδιού πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑΔΑ	Πόδι	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	Κ	0,909 ± 0,10 (0,840 – 0,978)	0,952 ± 0,10 (0,877 – 1,026)	0,043 ± 0,036 (0,017 - 0,069)	2,16	0,005	0,43
	ΜΚ	0,896 ± 0,10 (0,827 – 0,965)	0,957 ± 0,10 (0,885 – 1,029)	0,061 ± 0,043 (0,030 - 0,092)	4,14	0,002	0,61
2η	Κ	0,923 ± 0,08 (0,872 – 0,974)	0,971 ± 0,08 (0,922 – 1,021)	0,05 ± 0,04 (0,02 - 0,07)	5,23	0,002	0,61
	ΜΚ	0,935 ± 0,07 (0,892 – 0,978)	0,973 ± 0,07 (0,930 – 1,016)	0,04 ± 0,04 (0,02 - 0,06)	4,03	0,003	0,55
3η	Κ	0,979 ± 0,06 (0,945 – 1,014)	1,057 ± 0,07 (1,019 – 1,095)	0,08 ± 0,04 (0,06 - 0,10)	7,91	<0,001	1,18
	ΜΚ	0,977 ± 0,06 (0,942 – 1,012)	1,044 ± 0,07 (1,005 – 1,083)	0,07 ± 0,04 (0,05 - 0,09)	6,89	<0,001	1,01
4η	Κ	1,230 ± 0,08 (1,166 – 1,290)	1,247 ± 0,07 (1,190 – 1,305)	0,02 ± 0,05 (-0,02 - 0,06)	1,57	0,282	0,25
	ΜΚ	1,222 ± 0,10 (1,143 – 1,302)	1,253 ± 0,09 (1,185 – 1,321)	0,03 ± 0,03 (0,01 - 0,05)	2,52	0,017	0,32
Σύνολο	Κ	0,998 ± 0,141 (0,956 – 1,040)	1,049 ± 0,133 (1,009 – 1,088)	0,05 ± 0,04 (0,04 - 0,06)	5,10	<0,001	0,37
	ΜΚ	0,996 ± 0,140 (0,955 – 1,038)	1,047 ± 0,134 (1,008 – 1,087)	0,05 ± 0,04 (0,04 - 0,06)	5,11	<0,001	0,37

^{#1} $F_{D_BMD_PRE} : F = 33,63, p = 0,000, \eta^2 = 0,706, \omega^2 = 0,680.$

^{#2} $F_{ND_BMD_PRE} : F = 31,17, p = 0,000, \eta^2 = 0,691, \omega^2 = 0,663.$

^{#3} $F_{D_BMD_POST} : F = 26,49, p = 0,000, \eta^2 = 0,654, \omega^2 = 0,624.$

^{#4} $F_{ND_BMD_POST} : F = 27,17, p = 0,000, \eta^2 = 0,660, \omega^2 = 0,631.$

* Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,005.$

Πίνακας 5.13.2. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς το BMD του Κ και ΜΚ ποδιού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BMD_ΠΡΙΝ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,01333	,03381	1,000	-,1070	,0803
		ΟΜΑΔΑ 3	-,06933	,03224	,224	-,1586	,0199
		ΟΜΑΔΑ 4	-,31778*	,03628	,000	-,4182	-,2173
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,01333	,03381	1,000	-,0803	,1070
		ΟΜΑΔΑ 3	-,05600	,03058	,445	-,1407	,0287
		ΟΜΑΔΑ 4	-,30444*	,03482	,000	-,4009	-,2080
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,06933	,03224	,224	-,0199	,1586
		ΟΜΑΔΑ 2	,05600	,03058	,445	-,0287	,1407
		ΟΜΑΔΑ 4	-,24844*	,03330	,000	-,3406	-,1562
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,31778*	,03628	,000	,2173	,4182
		ΟΜΑΔΑ 2	,30444*	,03482	,000	,2080	,4009
		ΟΜΑΔΑ 3	,24844*	,03330	,000	,1562	,3406
BMD_ΠΡΙΝ_ΜΚ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,03783	,03489	1,000	-,1345	,0588
		ΟΜΑΔΑ 3	-,07933	,03327	,130	-,1715	,0128
		ΟΜΑΔΑ 4	-,32533*	,03744	,000	-,4290	-,2216
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,03783	,03489	1,000	-,0588	,1345
		ΟΜΑΔΑ 3	-,04150	,03156	1,000	-,1289	,0459
		ΟΜΑΔΑ 4	-,28750*	,03594	,000	-,3870	-,1880
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,07933	,03327	,130	-,0128	,1715
		ΟΜΑΔΑ 2	,04150	,03156	1,000	-,0459	,1289
		ΟΜΑΔΑ 4	-,24600*	,03436	,000	-,3411	-,1509
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,32533*	,03744	,000	,2216	,4290
		ΟΜΑΔΑ 2	,28750*	,03594	,000	,1880	,3870
		ΟΜΑΔΑ 3	,24600*	,03436	,000	,1509	,3411
BMD_ΜΕΤΑ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,02067	,03494	1,000	-,1174	,0761
		ΟΜΑΔΑ 3	-,10500*	,03331	,018	-,1972	-,0128
		ΟΜΑΔΑ 4	-,29567*	,03749	,000	-,3995	-,1919

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,02067	,03494	1,000	-,0761	,1174
		ΟΜΑΔΑ 3	-,08433	,03160	,065	-,1718	,0032
		ΟΜΑΔΑ 4	-,27500*	,03598	,000	-,3746	-,1754
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,10500*	,03331	,018	,0128	,1972
		ΟΜΑΔΑ 2	,08433	,03160	,065	-,0032	,1718
		ΟΜΑΔΑ 4	-,19067*	,03440	,000	-,2859	-,0954
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,29567*	,03749	,000	,1919	,3995
		ΟΜΑΔΑ 2	,27500*	,03598	,000	,1754	,3746
		ΟΜΑΔΑ 3	,19067*	,03440	,000	,0954	,2859
BMD_METΑ_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,01450	,03451	1,000	-,1100	,0810
		ΟΜΑΔΑ 3	-,08600	,03290	,074	-,1771	,0051
		ΟΜΑΔΑ 4	-,29644*	,03703	,000	-,3990	-,1939
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,01450	,03451	1,000	-,0810	,1100
		ΟΜΑΔΑ 3	-,07150	,03121	,162	-,1579	,0149
		ΟΜΑΔΑ 4	-,28194*	,03554	,000	-,3803	-,1835
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,08600	,03290	,074	-,0051	,1771
		ΟΜΑΔΑ 2	,07150	,03121	,162	-,0149	,1579
		ΟΜΑΔΑ 4	-,21044*	,03398	,000	-,3045	-,1164
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,29644*	,03703	,000	,1939	,3990
		ΟΜΑΔΑ 2	,28194*	,03554	,000	,1835	,3803
		ΟΜΑΔΑ 3	,21044*	,03398	,000	,1164	,3045
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

Πίνακας 5.14. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την άλιπη σωματική μάζα του Κ και ΜΚ ποδιού πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
LEAN.MASS ΠΡΙΝ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-377,45000	313,65248	1,000	-1245,9587	491,0587
		ΟΜΑΔΑ 3	-1015,46667*	299,05590	,009	-1843,5572	-187,3761
		ΟΜΑΔΑ 4	-2817,75556*	336,57631	,000	-3749,7407	-1885,7704
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	377,45000	313,65248	1,000	-491,0587	1245,9587
		ΟΜΑΔΑ 3	-638,01667	283,70934	,179	-1423,6123	147,5790
		ΟΜΑΔΑ 4	-2440,30556*	323,01729	,000	-3334,7455	-1545,8656
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	1015,46667*	299,05590	,009	187,3761	1843,5572
		ΟΜΑΔΑ 2	638,01667	283,70934	,179	-147,5790	1423,6123
		ΟΜΑΔΑ 4	-1802,28889*	308,86361	,000	-2657,5371	-947,0407
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	2817,75556*	336,57631	,000	1885,7704	3749,7407
		ΟΜΑΔΑ 2	2440,30556*	323,01729	,000	1545,8656	3334,7455
		ΟΜΑΔΑ 3	1802,28889*	308,86361	,000	947,0407	2657,5371
LEAN.MASS ΠΡΙΝ_ΜΚ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-324,71667	318,33922	1,000	-1206,2030	556,7697
		ΟΜΑΔΑ 3	-1037,06667*	303,52454	,009	-1877,5309	-196,6024
		ΟΜΑΔΑ 4	-2857,91111*	341,60560	,000	-3803,8224	-1911,9998
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	324,71667	318,33922	1,000	-556,7697	1206,2030
		ΟΜΑΔΑ 3	-712,35000	287,94866	,105	-1509,6844	84,9844
		ΟΜΑΔΑ 4	-2533,19444*	327,84397	,000	-3440,9996	-1625,3893
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	1037,06667*	303,52454	,009	196,6024	1877,5309
		ΟΜΑΔΑ 2	712,35000	287,94866	,105	-84,9844	1509,6844
		ΟΜΑΔΑ 4	-1820,84444*	313,47879	,000	-2688,8722	-952,8167
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	2857,91111*	341,60560	,000	1911,9998	3803,8224
		ΟΜΑΔΑ 2	2533,19444*	327,84397	,000	1625,3893	3440,9996
		ΟΜΑΔΑ 3	1820,84444*	313,47879	,000	952,8167	2688,8722
LEAN.MASS ΜΕΤΑ_Κ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-397,36667	345,51922	1,000	-1354,1149	559,3815
		ΟΜΑΔΑ 3	-1324,03333*	329,43965	,001	-2236,2569	-411,8097
		ΟΜΑΔΑ 4	-3003,14444*	370,77210	,000	-4029,8182	-1976,4706

	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	397,36667	345,51922	1,000	-559,3815	1354,1149	
		ΟΜΑΔΑ 3	-926,66667*	312,53390	,030	-1792,0780	-61,2554	
		ΟΜΑΔΑ 4	-2605,77778*	355,83550	,000	-3591,0919	-1620,4637	
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	1324,03333*	329,43965	,001	411,8097	2236,2569	
		ΟΜΑΔΑ 2	926,66667*	312,53390	,030	61,2554	1792,0780	
		ΟΜΑΔΑ 4	-1679,11111*	340,24381	,000	-2621,2516	-736,9706	
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	3003,14444*	370,77210	,000	1976,4706	4029,8182	
		ΟΜΑΔΑ 2	2605,77778*	355,83550	,000	1620,4637	3591,0919	
		ΟΜΑΔΑ 3	1679,11111*	340,24381	,000	736,9706	2621,2516	
	LEAN.MASS META_MK	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-351,06667	356,98197	1,000	-1339,5554	637,4221
			ΟΜΑΔΑ 3	-1355,26667*	340,36895	,002	-2297,7537	-412,7797
			ΟΜΑΔΑ 4	-3026,62222*	383,07262	,000	-4087,3564	-1965,8881
ΟΜΑΔΑ 2		ΟΜΑΔΑ 1	351,06667	356,98197	1,000	-637,4221	1339,5554	
		ΟΜΑΔΑ 3	-1004,20000*	322,90234	,020	-1898,3217	-110,0783	
		ΟΜΑΔΑ 4	-2675,55556*	367,64049	,000	-3693,5579	-1657,5532	
ΟΜΑΔΑ 3		ΟΜΑΔΑ 1	1355,26667*	340,36895	,002	412,7797	2297,7537	
		ΟΜΑΔΑ 2	1004,20000*	322,90234	,020	110,0783	1898,3217	
		ΟΜΑΔΑ 4	-1671,35556*	351,53154	,000	-2644,7520	-697,9592	
ΟΜΑΔΑ 4		ΟΜΑΔΑ 1	3026,62222*	383,07262	,000	1965,8881	4087,3564	
		ΟΜΑΔΑ 2	2675,55556*	367,64049	,000	1657,5532	3693,5579	
		ΟΜΑΔΑ 3	1671,35556*	351,53154	,000	697,9592	2644,7520	
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.								

Πίνακας 5.15. Αρχικά δεδομένα: απόλυτες και ποσοστιαίες ασυμμετρίες στους οστικούς και μυο-δυναμικούς δείκτες άνω άκρων στις αρχικές και τελικές μετρήσεις

Ο Μ Α Δ Α	BMC ΠΡΙΝ		BMC ΜΕΤΑ		BA ΠΡΙΝ		BA ΜΕΤΑ		BMD ΠΡΙΝ		BMD ΜΕΤΑ		ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΠΡΙΝ		ΑΛΙΠΗ ΜΑΖΑ ΜΕΤΑ	
	Κ- ΜΚ	%Α	Κ- ΜΚ	%Α	Κ- ΜΚ	%Α	Κ-ΜΚ	%Α	Κ- ΜΚ	%Α	Κ- ΜΚ	%Α	Κ- ΜΚ	%Α	Κ- ΜΚ	%Α
4	18,7	18,5	17,9	16,6	17	12,3	10	6,8	,04	5,16	,07	8,90	223	12,5	107	5,2
4	10,2	10,7	18,4	20,1	5	3,8	13	9,8	,05	6,18	,07	9,43	21	1,3	242	13,6
4	19,8	16,5	29,5	26,1	0	,0	26	17,1	,13	16,48	,05	7,23	164	7,8	257	12,5
4	20,7	21,8	26,4	24,2	10	7,3	17	11,4	,09	13,22	,09	11,63	130	7,6	78	3,6
4	33,2	33,0	33,3	28,6	21	15,1	20	13,2	,11	15,49	,11	13,82	318	16,2	177	7,8
4	17,7	18,2	19,9	17,9	15	10,6	8	5,2	,05	7,11	,09	12,41	138	9,0	199	12,1
4	16,2	26,2	18,3	26,3	13	13,8	17	17,0	,07	10,44	,06	8,20	172	12,5	141	9,2
4	14,6	14,3	16,0	13,1	15	12,7	6	4,0	,01	1,39	,07	8,95	113	6,4	169	7,5
4	22,0	27,9	24,2	25,9	22	19,6	17	13,0	,05	6,95	,08	10,62	242	17,5	323	20,4
3	8,9	14,0	12,9	15,7	11	11,3	15	12,7	,01	2,14	,02	3,46	106	6,7	165	9,0
3	10,3	15,7	24,4	38,9	11	11,3	28	29,2	,02	3,55	,05	7,48	44	3,3	144	10,5
3	5,2	9,0	12,8	19,2	4	4,3	14	13,5	,03	4,56	,03	4,85	59	4,7	108	7,1
3	6,1	9,2	14,4	17,8	8	7,9	10	8,4	,01	,92	,06	9,01	23	1,7	86	5,0
3	5,0	7,3	13,4	15,6	7	7,0	6	4,8	,00	,15	,07	9,84	1	-,1	73	5,8
3	12,1	21,4	17,7	30,3	14	16,3	16	17,6	,03	4,10	,07	10,11	101	8,7	111	9,2
3	12,7	22,4	13,3	19,7	15	16,7	16	15,5	,03	5,10	,02	3,68	72	6,3	93	7,1
3	1,9	2,8	12,8	18,1	1	-1,1	14	14,4	,03	4,29	,02	3,29	10	,8	115	8,8
3	14,8	26,6	12,3	19,4	19	21,6	11	10,9	,03	3,97	,05	8,17	167	14,7	114	9,1
3	13,1	19,0	16,1	17,5	7	6,7	9	7,0	,08	11,61	,07	9,08	156	11,7	34	2,0
3	7,5	13,0	16,0	26,0	11	13,1	19	21,1	,00	-,15	,03	4,85	45	4,0	94	8,0
3	9,2	15,6	21,0	35,0	8	8,6	34	39,5	,04	5,50	,03	-4,52	68	5,6	228	18,1
3	19,6	32,3	18,5	26,3	13	13,7	10	9,5	,11	16,95	,10	15,59	153	11,2	108	6,9
3	15,5	25,5	23,0	35,4	18	20,9	25	27,5	,03	4,25	,04	6,01	186	13,1	238	15,3
3	13,6	25,4	18,3	32,9	13	15,1	17	19,5	,06	9,15	,08	12,09	115	10,4	90	8,3
2	18,7	48,4	15,7	33,4	19	28,4	16	20,5	,09	15,95	,06	10,30	213	20,3	117	10,3
2	15,2	28,4	15,7	27,2	16	19,3	17	19,1	,05	7,91	,04	6,79	142	13,2	146	13,4
2	9,1	18,8	7,6	13,8	10	13,0	4	4,5	,04	5,75	,05	8,64	133	14,3	56	5,3
2	2,8	6,3	7,7	15,7	2	2,7	5	6,0	,02	3,69	,05	9,00	54	5,6	84	8,3
2	5,8	11,3	4,3	7,0	8	9,8	5	5,2	,01	1,29	,01	1,73	88	7,7	41	3,2
2	5,3	11,1	3,0	5,2	3	4,0	1	-1,2	,04	6,38	,04	5,58	94	9,1	81	-6,5
2	12,4	28,5	16,4	33,9	10	12,7	14	16,3	,08	14,63	,09	15,63	138	12,8	129	11,0
2	3,3	7,4	7,6	15,5	0	,0	5	6,3	,04	7,22	,05	8,65	44	3,8	108	9,6
2	12,4	16,9	14,8	18,3	14	13,7	9	8,0	,02	2,93	,06	8,84	156	10,7	140	8,6
2	13,6	28,2	22,0	39,3	12	15,2	23	26,7	,07	11,51	,06	9,65	124	10,8	211	16,3
2	11,1	23,3	17,3	35,1	12	15,4	16	19,5	,05	7,41	,07	12,27	161	15,1	251	23,7
2	6,0	13,5	4,1	8,0	6	7,9	7	8,6	,03	5,47	,00	,32	132	12,5	95	8,2
1	2,3	3,5	5,1	7,0	1	-9	6	5,0	,03	4,23	,02	2,46	62	5,0	113	8,4
1	11,6	26,7	12,8	24,3	11	15,7	13	16,9	,07	10,68	,05	7,19	162	16,4	88	8,1
1	2,6	6,7	3,6	7,6	2	3,2	9	12,3	,02	3,42	,03	-4,64	8	-,8	40	-3,8
1	2,4	5,1	5,5	10,5	4	5,6	8	10,3	,00	-,15	,01	,75	8	,9	35	3,8
1	1,8	3,4	1,7	2,8	1	1,2	2	2,2	,01	2,19	,00	,62	11	-,9	6	-,5
1	5,9	8,5	5,6	7,7	7	7,0	7	6,7	,01	1,45	,00	,58	11	,7	39	-2,5
1	6,1	14,1	3,8	7,5	6	8,5	2	2,5	,03	5,22	,03	4,09	12	1,3	59	-6,1
1	6,4	13,1	1,5	2,5	8	10,7	1	1,2	,02	2,46	,00	,57	127	12,8	6	-,5
1	,3	,8	2,6	6,5	0	,0	6	9,5	,01	,81	,02	-2,37	16	2,0	62	7,7
1	9,3	27,2	7,7	19,2	13	22,8	8	12,9	,02	3,81	,04	6,06	76	7,7	168	16,8

Πίνακας 5.16. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την BMC ασυμμετρία πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BMC_ASYM_ΠΡΙΝ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-4,7717	2,1235	,180	-10,652	1,108
		ΟΜΑΔΑ 3	-5,4967	2,0247	,057	-11,103	,110
		ΟΜΑΔΑ 4	-14,3633*	2,2787	,000	-20,673	-8,054
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	4,7717	2,1235	,180	-1,108	10,652
		ΟΜΑΔΑ 3	-,7250	1,9208	1,000	-6,044	4,594
		ΟΜΑΔΑ 4	-9,5917*	2,1869	,000	-15,647	-3,536
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	5,4967	2,0247	,057	-,110	11,103
		ΟΜΑΔΑ 2	,7250	1,9208	1,000	-4,594	6,044
		ΟΜΑΔΑ 4	-8,8667*	2,0911	,001	-14,657	-3,077
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	14,3633*	2,2787	,000	8,054	20,673
		ΟΜΑΔΑ 2	9,5917*	2,1869	,000	3,536	15,647
		ΟΜΑΔΑ 3	8,8667*	2,0911	,001	3,077	14,657
BMC_ASYM_ΜΕΤΑ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-6,3600*	2,1336	,029	-12,268	-,452
		ΟΜΑΔΑ 3	-11,4700*	2,0343	,000	-17,103	-5,837
		ΟΜΑΔΑ 4	-17,6656*	2,2896	,000	-24,005	-11,326
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	6,3600*	2,1336	,029	,452	12,268
		ΟΜΑΔΑ 3	-5,1100	1,9299	,068	-10,454	,234
		ΟΜΑΔΑ 4	-11,3056*	2,1973	,000	-17,390	-5,221
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	11,4700*	2,0343	,000	5,837	17,103
		ΟΜΑΔΑ 2	5,1100	1,9299	,068	-,234	10,454
		ΟΜΑΔΑ 4	-6,1956*	2,1011	,031	-12,013	-,378
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	17,6656*	2,2896	,000	11,326	24,005
		ΟΜΑΔΑ 2	11,3056*	2,1973	,000	5,221	17,390
		ΟΜΑΔΑ 3	6,1956*	2,1011	,031	,378	12,013
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

Πίνακας 5.17. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την ΒΑ ασυμμετρία πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BA_ASYM_ΠΡΙΝ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-4,233	2,442	,542	-11,00	2,53
		ΟΜΑΔΑ 3	-5,433	2,328	,147	-11,88	1,01
		ΟΜΑΔΑ 4	-8,011*	2,621	,023	-15,27	-,75
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	4,233	2,442	,542	-2,53	11,00
		ΟΜΑΔΑ 3	-1,200	2,209	1,000	-7,32	4,92
		ΟΜΑΔΑ 4	-3,778	2,515	,843	-10,74	3,19
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	5,433	2,328	,147	-1,01	11,88
		ΟΜΑΔΑ 2	1,200	2,209	1,000	-4,92	7,32
		ΟΜΑΔΑ 4	-2,578	2,405	1,000	-9,24	4,08
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	8,011*	2,621	,023	,75	15,27
		ΟΜΑΔΑ 2	3,778	2,515	,843	-3,19	10,74
		ΟΜΑΔΑ 3	2,578	2,405	1,000	-4,08	9,24
BA_ASYM_MET A	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-3,800	2,804	1,000	-11,56	3,96
		ΟΜΑΔΑ 3	-10,067*	2,674	,003	-17,47	-2,66
		ΟΜΑΔΑ 4	-8,689*	3,009	,037	-17,02	-,36
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	3,800	2,804	1,000	-3,96	11,56
		ΟΜΑΔΑ 3	-6,267	2,536	,106	-13,29	,76
		ΟΜΑΔΑ 4	-4,889	2,888	,587	-12,89	3,11
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	10,067*	2,674	,003	2,66	17,47
		ΟΜΑΔΑ 2	6,267	2,536	,106	-,76	13,29
		ΟΜΑΔΑ 4	1,378	2,761	1,000	-6,27	9,02
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	8,689*	3,009	,037	,36	17,02
		ΟΜΑΔΑ 2	4,889	2,888	,587	-3,11	12,89
		ΟΜΑΔΑ 3	-1,378	2,761	1,000	-9,02	6,27
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

Παράρτημα 5.18. BMD ασυμμετρίες άνω άκρων.

Πίνακας 5.18.1. Απόλυτες και ποσοστιαίες ασυμμετρίες άνω άκρων ως προς BMD πριν και μετά το 9-μηνο ($M \pm SD$, 95%CI, Hedges' g).

ΟΜΑΔΑ	BMD	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ	Διαφορά (Δ)	%Δ	*P	Hedges g
1η	K-MK	0,022 ± 0,019 ^{#1} (0,009 – 0,035)	0,009 ± 0,023 ^{#2} (-0,008 – 0,026)	-0,013 ± 0,016 (-0,025 - -0,001)	59,09	0,033	-0,61
	%Ασυμ	3,41 ± 3,03 (1,24 – 5,58)	1,53 ± 3,60 (-1,04 – 4,10)				
2η	K-MK	0,043 ± 0,025 (0,027 – 0,059)	0,052 ± 0,027 (0,035 – 0,069)	0,008 ± 0,025 (-0,008 - 0,024)	19,25	0,276	0,32
	%Ασυμ	7,51 ± 4,48 (4,66 – 10,36)	8,12 ± 4,18 (5,46 – 10,77)				
3η	K-MK	0,034 ± 0,029 (0,018 – 0,050)	0,045 ± 0,030 (0,029 – 0,062)	0,011 ± 0,030 (0,005 -0,028)	33,33	0,168	0,38
	%Ασυμ	5,07 ± 4,51 (2,58 – 7,57)	6,87 ± 4,69 (4,27 – 9,46)				
4η	K-MK	0,066 ± 0,040 (0,035 – 0,096)	0,072 ± 0,018 (0,058 – 0,086)	0,007 ± 0,042 (-0,025 -0,039)	10,17	0,643	0,22
	%Ασυμ	9,16 ± 5,08 (5,26 – 13,06)	10,13 ± 2,15 (8,48 – 11,78)				
Σύνολο	K-MK	0,040 ± 0,031 (0,031 – 0,049)	0,044 ± 0,033 (0,035 – 0,054)	0,004 ± 0,030 (-0,004 – 0,013)	10,87	0,328	0,14
	%Ασυμ	6,15 ± 4,69 (4,75 – 7,54)	6,67 ± 4,83 (5,24 – 8,11)				

^{#1} $F_{ABS_ASYM_PRE}$: $F = 3,984$, $p = 0,013850$, $\eta^2 = 0,227$, $\omega^2 = 0,061$

^{#2} $F_{ABS_ASYM_POST}$: $F = 10,078$, $p = 0,000040$, $\eta^2 = 0,417$, $\omega^2 = 0,165$.

* Διόρθωση Bonferroni: για κάθε σύγκριση $\alpha = 0,01$.

Πίνακας 5.18.2. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την BMD ασυμμετρία πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
BMD_ASYM_Π PIN	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,021333	,012256	,534	-,05527	,01260
		ΟΜΑΔΑ 3	-,012000	,011685	1,000	-,04436	,02036
		ΟΜΑΔΑ 4	-,043556*	,013151	,011	-,07997	-,00714
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,021333	,012256	,534	-,01260	,05527
		ΟΜΑΔΑ 3	,009333	,011086	1,000	-,02136	,04003
		ΟΜΑΔΑ 4	-,022222	,012621	,513	-,05717	,01273
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,012000	,011685	1,000	-,02036	,04436
		ΟΜΑΔΑ 2	-,009333	,011086	1,000	-,04003	,02136
		ΟΜΑΔΑ 4	-,031556	,012068	,074	-,06497	,00186
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,043556*	,013151	,011	,00714	,07997
		ΟΜΑΔΑ 2	,022222	,012621	,513	-,01273	,05717
		ΟΜΑΔΑ 3	,031556	,012068	,074	-,00186	,06497
BMD_ASYM_M ETA	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-,042667*	,011053	,002	-,07327	-,01206
		ΟΜΑΔΑ 3	-,036333*	,010538	,008	-,06551	-,00715
		ΟΜΑΔΑ 4	-,063222*	,011860	,000	-,09606	-,03038
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	,042667*	,011053	,002	,01206	,07327
		ΟΜΑΔΑ 3	,006333	,009997	1,000	-,02135	,03402
		ΟΜΑΔΑ 4	-,020556	,011383	,469	-,05207	,01096
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	,036333*	,010538	,008	,00715	,06551
		ΟΜΑΔΑ 2	-,006333	,009997	1,000	-,03402	,02135
		ΟΜΑΔΑ 4	-,026889	,010884	,106	-,05703	,00325
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	,063222*	,011860	,000	,03038	,09606
		ΟΜΑΔΑ 2	,020556	,011383	,469	-,01096	,05207
		ΟΜΑΔΑ 3	,026889	,010884	,106	-,00325	,05703
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							

Πίνακας 5.19. Μετα-ANOVA συγκρίσεις με διόρθωση Bonferroni ως προς την ασυμμετρία της άλιπης σωματικής μάζας πριν και μετά το 9-μηνο.

Multiple Comparisons Bonferroni							
Dependent Variable	ΟΜΑΔΑ	ΟΜΑΔΑ	Mean Dif.	SE	p	95% CI	
						Lower Bound	Upper Bound
L.MASS_ASYM ΠΡΙΝ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-77,750*	26,751	,035	-151,82	-3,68
		ΟΜΑΔΑ 3	-41,433	25,506	,671	-112,06	29,19
		ΟΜΑΔΑ 4	-123,500*	28,706	,001	-202,99	-44,01
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	77,750*	26,751	,035	3,68	151,82
		ΟΜΑΔΑ 3	36,317	24,197	,845	-30,69	103,32
		ΟΜΑΔΑ 4	-45,750	27,550	,625	-122,04	30,54
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	41,433	25,506	,671	-29,19	112,06
		ΟΜΑΔΑ 2	-36,317	24,197	,845	-103,32	30,69
		ΟΜΑΔΑ 4	-82,067*	26,343	,020	-155,01	-9,12
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	123,500*	28,706	,001	44,01	202,99
		ΟΜΑΔΑ 2	45,750	27,550	,625	-30,54	122,04
		ΟΜΑΔΑ 3	82,067*	26,343	,020	9,12	155,01
L.MASS_ASYM ΜΕΤΑ	ΟΜΑΔΑ 1	ΟΜΑΔΑ 2	-76,483	30,795	,102	-161,76	8,79
		ΟΜΑΔΑ 3	-88,467*	29,362	,026	-169,77	-7,16
		ΟΜΑΔΑ 4	-156,511*	33,046	,000	-248,02	-65,01
	ΟΜΑΔΑ 2	ΟΜΑΔΑ 1	76,483	30,795	,102	-8,79	161,76
		ΟΜΑΔΑ 3	-11,983	27,856	1,000	-89,12	65,15
		ΟΜΑΔΑ 4	-80,028	31,715	,093	-167,85	7,79
	ΟΜΑΔΑ 3	ΟΜΑΔΑ 1	88,467*	29,362	,026	7,16	169,77
		ΟΜΑΔΑ 2	11,983	27,856	1,000	-65,15	89,12
		ΟΜΑΔΑ 4	-68,044	30,325	,181	-152,02	15,93
	ΟΜΑΔΑ 4	ΟΜΑΔΑ 1	156,511*	33,046	,000	65,01	248,02
		ΟΜΑΔΑ 2	80,028	31,715	,093	-7,79	167,85
		ΟΜΑΔΑ 3	68,044	30,325	,181	-15,93	152,02
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.							