

**ΔΗΜΟΚΡΕΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Φυσιολογία της Άσκησης & Προπονητική»**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία  
με τίτλο:

**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΝΕΑΡΩΝ ΚΑΙ  
ΜΕΣΗΛΙΚΩΝ ΑΘΛΗΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ**

ΤΟΥ  
**Ρόζου Θεόφилου (ΑΕΜ:13055)**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

- |   |   |
|---|---|
| Επιβλέπων Καθηγητής :                                 | Χατζηνικολάου Αθανάσιος,<br>Αναπληρωτής Καθηγητής,<br>Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ. |
| 2 <sup>ο</sup> Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής: | Σμήλιος Ηλίας,<br>Αναπληρωτής Καθηγητής,<br>Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.           |
| 3 <sup>ο</sup> Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής: | Αυλωνίτη Αλεξάνδρα,<br>Αναπληρώτρια Καθηγήτρια,<br>Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Σ.Ε.Φ.Α.Α.-Δ.Π.Θ.    |

**Κομοτηνή, 2023**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Ρόζος Θεόφιλος:** Σύγκριση δεικτών βιοηλεκτρικής εμπέδησης μεταξύ νεαρών και μεσήλικων αθλητών αντοχής

(Υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Η βιοηλεκτρική εμπέδηση αποτελεί μέθοδο αξιολόγησης της σύστασης σώματος, τη στιγμή που δείκτες όπως η βιοηλεκτρική αξονική ανάλυση και η γωνία φάσης παρέχουν πληροφορίες της κατάστασης της κυτταρικής μεμβράνης που επηρεάζονται από την ηλικία και την αγωγιμότητα των ιστών. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση και η σύγκριση δεικτών βιοεμπέδησης σε αθλητές αντοχής διαφορετικών ηλικιών. Στη μελέτη συμμετείχαν αθλητές αντοχής χωρισμένοι σε 2 ηλικιακές ομάδες (Νέοι ενήλικες N=8, ηλικία: 20,62±1,76, Ύψος: 177,7±7,73 cm, Βάρος: 69,72±9,4 kg; Μεσήλικες N=11, ηλικία: 46,09±2,07, Ύψος: 177,53±7,06 cm, Βάρος: 74,24±8,05kg). Προϋπόθεση για τη συμμετοχή στην μελέτη ήταν η ενασχόληση με άθλημα αντοχής για περισσότερα από πέντε χρόνια. Οι αθλητές αξιολογήθηκαν με τη συσκευή MA-801, ως προς την ωμική και την χωρητική αντίσταση (Rz/Xc) και για τον δείκτη Γωνία Φάσης σε όλο το σώμα, στον κορμό και στα άκρα. Για την στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην Rz όπου ήταν 7,9% υψηλότερη στο σύνολο και κατά 12,04% και 11,81% στο δεξί και αριστερό χέρι αντίστοιχα, στους νέους αθλητές. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν ως και προς την Xc αντίσταση όπου οι νέοι αθλητές παρουσίασαν αυξημένη αντίσταση κατά 7,97% συνολικά, 17,4% και 15% στο δεξί και το αριστερό χέρι αντίστοιχα. Στον δείκτη γωνία φάσης οι νέοι παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες τιμές μόνο στο δεξί χέρι (5,1%), ωστόσο παρουσίασαν υψηλότερες τιμές για όλα τα υπόλοιπα άκρα (συνολικό: 0,01%, αριστερό χέρι: 3,2%, δεξί πόδι: 1,5%, αριστερό πόδι: 1,7%). Η φύση της αξιολόγησης της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, που βασίζεται στην αγωγιμότητά των ιστών και το γεγονός πως οι μεσήλικες αθλητές αντοχής έχουν αυξημένη άλιπη μάζα σώματος, μπορεί να αιτιολογήσει τα αποτελέσματά.

**Λέξεις κλειδιά:** αντοχή, βιοηλεκτρική εμπέδηση, αντίσταση

## ABSTRACT

**Rozos Theofilos:** Differences in bioelectrical impedance parameters between young and middle-aged endurance athletes

(Under the supervision of Associate Professor Chatzinikolaou Athanasios)

Bioelectrical impedance is used as a body composition evaluation tool, while at the same time bioimpedance markers such as BIVA and Phase Angle provide sufficient on structural and functional integrity of the cellular membrane. These markers are affected due to their nature by the different conductivity of the various human tissues. The aim of this study was to evaluate and compare these markers between endurance athletes of different age. The sample consisted of endurance athletes separated in two age groups (Young adults, n=8, age: 20.62±1.76, Height: 177.7±7.73 cm, Weight: 69.72±9.4kg, Middle Aged, n=11, age: 46.09±2.07, Height: 177.53±7.06 cm, Weight: 74.24±8.05kg). In order to be included, athletes had to be active endurance runners for more than 5 years. Athletes were assessed using a BIA device MA-801, Resistance/Reactance (Rz/Xc) and Phase Angle were evaluated in total and for trunk and each separate extremity. Statistical analysis was carried out using One Way Analysis of Variance. Our data analysis showed statistically significant differences in resistance. Specifically, younger athletes exhibited higher resistance values in total (7.9%), in their right (12.04%) and their left arm (11.81%). Reactance values followed a similar pattern, with younger athletes exhibiting higher values in total (7.97%), in their right (17.4%) and left arm (15%). Regarding PA, younger athletes again exhibited higher values, but only in their right arm (p=0.0037, 5.1%). Although statistically non-significant PA in younger athletes was higher in every anatomical area (total: 0.01%, Left arm: 3.2%, right leg: 1.5%, right arm: 1.7%). BIA evaluation relies on total tissue water content and tissue conductivity. The fact that middle aged endurance athletes possess higher total and fat free mass could explain why younger athletes despite being overall leaner, exhibit higher values.

**Key words:** endurance, bioelectrical impedance, resistance

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |           |
|--|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....  | 2         |
| ABSTRACT.....  | 3         |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....                          | 4         |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....                              | 6         |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....                               | 7         |
| <br>   |           |
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>                              | <b>8</b>  |
| 1.1. Βιοηλεκτρική εμπέδηση.....                      | 9         |
| 1.2. Σκοπός της έρευνας.....                         | 14        |
| 1.3. Ερευνητικές υποθέσεις.....                      | 14        |
| 1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί.....               | 14        |
| 1.5. Ορισμοί και συντομογραφίες.....                 | 14        |
| <br>   |           |
| <b>2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....</b>                          | <b>16</b> |
| 2.1. Δείγμα.....                                     | 16        |
| 2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....                    | 16        |
| 2.3. Αξιολόγηση βιοηλεκτρικής εμπέδησης.....         | 16        |
| 2.4. Στατιστική ανάλυση.....                         | 17        |
| <br>   |           |
| <b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>                         | <b>18</b> |
| 3.1. Σωματικό Βάρος (kg).....                        | 18        |
| 3.2. Ύψος (cm).....                                  | 19        |
| 3.3. Δείκτης μάζας σώματος (kg/m <sup>2</sup> )..... | 20        |
| 3.4. Γωνία φάσης (μοίρες).....                       | 21        |
| 3.5. Γωνία φάσης δεξιού χεριού (μοίρες).....         | 22        |
| 3.6. Γωνία φάσης αριστερού χεριού (μοίρες).....      | 23        |
| 3.7. Γωνία φάσης δεξιού ποδιού (μοίρες).....         | 24        |
| 3.8. Γωνία φάσης αριστερού ποδιού (μοίρες).....      | 25        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.9. Λιπώδης μάζα (kg).....                   | 26        |
| 3.10. Λιπώδης μάζα (%).....                   | 27        |
| 3.11. Άλιπη μάζα (kg).....                    | 28        |
| 3.12. Άλιπη μάζα δεξιού χεριού (kg).....      | 29        |
| 3.13. Άλιπη μάζα αριστερού χεριού (kg).....   | 30        |
| 3.14. Άλιπη μάζα δεξιού ποδιού (kg).....      | 31        |
| 3.15. Άλιπη μάζα αριστερού ποδιού (kg).....   | 32        |
| 3.16. Άλιπη μάζα κορμού (kg).....             | 33        |
| 3.17. Λιπώδης μάζα δεξιού χεριού (kg).....    | 34        |
| 3.18. Λιπώδης μάζα αριστερού χεριού (kg)..... | 35        |
| 3.19. Λιπώδης μάζα δεξιού ποδιού (kg).....    | 36        |
| 3.20. Λιπώδης μάζα αριστερού ποδιού (kg)..... | 37        |
| 3.21. Λιπώδης μάζα κορμού (kg).....           | 38        |
| 3.22. Σπλαχνικό λίπος (cm <sup>2</sup> )..... | 39        |
| 3.23. Υποδόριο λίπος (cm <sup>2</sup> ).....  | 40        |
| 3.24. Ολικό περιεχόμενο νερού (L).....        | 41        |
| <br>  |           |
| <b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>                       | <b>42</b> |
| <br>  |           |
| <b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>                   | <b>45</b> |
| <br>  |           |
| <b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>                   | <b>46</b> |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Σχήμα 1.</b>  | Σωματικό Βάρος (kg).....                        | 18 |
| <b>Σχήμα 2.</b>  | Ύψος (cm).....                                  | 19 |
| <b>Σχήμα 3.</b>  | Δείκτης μάζας σώματος (kg/m <sup>2</sup> )..... | 20 |
| <b>Σχήμα 4.</b>  | Γωνία φάσης (μοίρες).....                       | 21 |
| <b>Σχήμα 5.</b>  | Γωνία φάσης δεξιού χεριού (μοίρες).....         | 22 |
| <b>Σχήμα 6.</b>  | Γωνία φάσης αριστερού χεριού (μοίρες).....      | 23 |
| <b>Σχήμα 7.</b>  | Γωνία φάσης δεξιού ποδιού (μοίρες).....         | 24 |
| <b>Σχήμα 8.</b>  | Γωνία φάσης αριστερού ποδιού (μοίρες).....      | 25 |
| <b>Σχήμα 9.</b>  | Λιπώδης μάζα (kg).....                          | 26 |
| <b>Σχήμα 10.</b> | Λιπώδης μάζα (%).....                           | 27 |
| <b>Σχήμα 11.</b> | Άλιπη μάζα (kg).....                            | 28 |
| <b>Σχήμα 12.</b> | Άλιπη μάζα δεξιού χεριού (kg).....              | 29 |
| <b>Σχήμα 13.</b> | Άλιπη μάζα αριστερού χεριού (kg).....           | 30 |
| <b>Σχήμα 14.</b> | Άλιπη μάζα δεξιού ποδιού (kg).....              | 31 |
| <b>Σχήμα 15.</b> | Άλιπη μάζα αριστερού ποδιού (kg).....           | 32 |
| <b>Σχήμα 16.</b> | Άλιπη μάζα κορμού (kg).....                     | 33 |
| <b>Σχήμα 17.</b> | Λιπώδης μάζα δεξιού χεριού (kg).....            | 34 |
| <b>Σχήμα 18.</b> | Λιπώδης μάζα αριστερού χεριού (kg).....         | 35 |
| <b>Σχήμα 19.</b> | Λιπώδης μάζα δεξιού ποδιού (kg).....            | 36 |
| <b>Σχήμα 20.</b> | Λιπώδης μάζα αριστερού ποδιού (kg).....         | 37 |
| <b>Σχήμα 21.</b> | Λιπώδης μάζα κορμού (kg).....                   | 38 |
| <b>Σχήμα 22.</b> | Σπλαχνικό λίπος (cm <sup>2</sup> ).....         | 39 |
| <b>Σχήμα 23.</b> | Υποδόριο λίπος (cm <sup>2</sup> ).....          | 40 |
| <b>Σχήμα 24.</b> | Ολικό περιεχόμενο νερού (L).....                | 41 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 1.** Ενδεικτικές τιμές Γωνίας Φάσης σε αθλητές διαφόρων αθλημάτων..... 17

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σώμα αποτελείται από νερό, πρωτεΐνες, μέταλλα και λίπος. Ένα μοντέλο δύο συστατικών για τη σύνθεση του σώματος χωρίζει το σώμα σε λιπώδη και άλιπη μάζα. Η πλήρης κατανόηση της σύστασης του σώματος με την κατάλληλη μέτρησή της, προσδίδει εξατομικευμένες πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας του ανθρώπου. Η συνολική ποσότητα του σωματικού λίπους αποτελείται από το απαραίτητο λίπος και το αποθηκευτικό λίπος. Το απαραίτητο λίπος αποτελεί παράμετρο για τη φυσιολογική λειτουργία του σώματος και περιλαμβάνει το λίπος που βρίσκεται αποθηκευμένο στα ζωτικά όργανα. Το Σωματικό λίπος (αποθηκευτικό λίπος), αναφέρεται σε όλο το λίπος στο σώμα, όπως το λίπος γύρω από τα όργανα ή την κοιλιά (σπλαχνικό) και το λίπος κάτω από το δέρμα (υποδόριο). Το σπλαχνικό λίπος (κοιλιακό), είναι μη απαραίτητο και η περίσσεια του μπορεί να αυξήσει την ευαισθησία σε χρόνιες ασθένειες και επιπλοκές της υγείας (Bigaard et al., 2004; Jensen, 2008).

Η μάζα χωρίς λίπος καλύπτει όλα τα όργανα στο σώμα που δεν είναι λίπος, συμπεριλαμβανομένων των μυών, των οστών, του νερού (τόσο ενδοκυττάριου όσο και εξωκυττάριου), των μετάλλων, των πρωτεϊνών, των οργάνων και άλλων ιστών. Η άλιπη σωματική μάζα αντιπροσωπεύει το βάρος των μυών, των οστών, των συνδέσμων, των τενόντων και των εσωτερικών οργάνων. Η άλιπη σωματική μάζα διαφέρει από τη μάζα χωρίς λίπος. Δεδομένου ότι υπάρχει κάποιο απαραίτητο λίπος στο μυελό των οστών και των εσωτερικών οργάνων, η άλιπη σωματική μάζα περιλαμβάνει ένα μικρό ποσοστό απαραίτητου λίπους. Ωστόσο, με το μοντέλο σύνθεσης σώματος δύο συστατικών, αυτές οι πηγές ουσιαστικού λίπους υπολογίζονται και αφαιρούνται από το συνολικό σωματικό βάρος για να προκύψει η μάζα χωρίς λίπος (Withers et al., 1998).

Ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ), μια άλλη συχνά χρησιμοποιούμενη παράμετρος υγείας, παράγει μια τιμή με βάση το ύψος και το βάρος και κατηγοριοποιεί τους ανθρώπους σε γενικές γραμμές ως λιποβαρείς, φυσιολογικούς, υπέρβαρους ή παχύσαρκους. Η εξίσωση ωστόσο είναι ατελής και μπορεί να είναι παραπλανητική. Είναι απολύτως πιθανό να υπάρχει δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ) στο «υγιές εύρος» αλλά να εξακολουθεί να διατρέχει ο



κίνδυνος για ασθένειες και χρόνιες παθήσεις λόγω του τρόπου με τον οποίο κατανέμεται η μάζα στο ανθρώπινο σώμα (Winter et al., 2014).

### **1.1. Βιοηλεκτρική Εμπέδηση**

Η ανάλυση βιοηλεκτρικής σύνθετης αντίστασης (BIA) είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη, μη επεμβατική μέθοδος πεδίου για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος, η οποία μετρά τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του ανθρώπινου σώματος είτε στη συχνότητα των 50 kHz (BIA μονής συχνότητας) είτε σε πολλές συχνότητες στην περιοχή 1–1000 kHz. Η βιοηλεκτρική εμπέδηση και ιδιαίτερα η γωνία φάσης χρησιμοποιούνται ως δείκτες σύστασης σώματος και ποιότητας του μυϊκού ιστού. Παράγοντες που επηρεάζουν την αξιολόγηση είναι η ενυδάτωση των κυττάρων και η κατάσταση της κυτταρικής μεμβράνης. Ακόμη ένας παράγοντας που επηρεάζει τους δείκτες βιοηλεκτρικής εμπέδησης είναι η γήρανση, καθώς με το πέρασμα των ετών αλλοιώνεται η ποιότητα του μυϊκού ιστού. (Kushner et al., 1996; Schoeler, 2000).

Χρησιμοποιώντας τη βιοηλεκτρική εμπέδηση, το συνολικό σωματικό νερό (TBW) και η μάζα χωρίς λίπος (FFM) μπορούν να εκτιμηθούν μέσω προγνωστικών εξισώσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν μεταβλητές της βιοηλεκτρικής εμπέδησης και σχεδόν πάντα μεταβλητές όπως η ηλικία, το ανάστημα και το βάρος. Επίσης, οι άμεσα μετρούμενες μεταβλητές της βιοηλεκτρικής εμπέδησης, όπως η γωνία φάσης PA στα 50 kHz, ή ο λόγος σύνθετης αντίστασης (IR), η αναλογία μεταξύ Z σε υψηλότερες συχνότητες και Z σε χαμηλότερες συχνότητες), έχουν κερδίσει την προσοχή επειδή θεωρούνται δείκτες κατανομής νερού (αναλογία μεταξύ εξωκυτταρικού νερού-ECW και ενδοκυτταρικού νερού-ICW), της σωματικής κυτταρικής μάζας (BCM) και της κυτταρικής ακεραιότητας. Η PA και η IR έχουν αποδειχθεί ότι σχετίζονται σημαντικά με τη μυϊκή δύναμη και τη σωματική δραστηριότητα, και ποικίλλουν μεταξύ του φύλου και της γήρανσης, σύμφωνα με όσα είναι γνωστά για τις φυσιολογικές αλλαγές στο BCM και στο ECW/ICW (Kyle et al., 2004).

Η γωνία φάσης (PA) είναι μια μεταβλητή που προκύπτει από τη βιοηλεκτρική εμπέδηση (BIA) κι έχει κερδίσει την προσοχή τα τελευταία χρόνια επειδή θεωρητικά είναι ένας δείκτης της αναλογίας μεταξύ του εξωκυτταρικού και του ενδοκυτταρικού νερού, της

μάζας των κυττάρων του σώματος και της κυτταρικής ακεραιότητας.(Kushner, 1992). Όπως αναφέρθηκε, η γωνία φάσης είναι ένας δείκτης που βασίζεται στην αντίδραση και την ωμική αντίσταση που λαμβάνονται από την ανάλυση βιοηλεκτρικής σύνθετης αντίστασης (BIA). Αν και η βιολογική του σημασία δεν είναι ακόμη σαφής, η γωνία φάσης φαίνεται να έχει σημαντικό προγνωστικό χαρακτήρα. Όσον αφορά τις διαφορές μεταξύ των φύλων, όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία η γωνία φάσης είναι σημαντικά μικρότερη στις γυναίκες από ότι στους άνδρες και ήταν χαμηλότερη σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Η γωνία φάσης αυξάνεται με την αύξηση του ΔΜΣ ενώ συσχετίζεται σημαντικά αντιστρόφως με το ποσοστό λίπους στους άνδρες. Η γωνία φάσης μπορεί να προβλεφθεί σημαντικά από το φύλο, την ηλικία, το BMI και το ποσοστό FM σε μοντέλα πολλαπλής αναδρομής. Φαίνεται πως η γωνία φάσης παρουσιάζει υψηλή μεταβλητότητα σε κατηγορίες φύλου, ηλικίας, ΔΜΣ και ποσοστού λίπους. Αυτές οι τιμές αναφοράς μπορούν να χρησιμεύσουν ως βάση για αξιολογήσεις γωνίας φάσης σε κλινικό περιβάλλον (Barbosa-Silva et al., 2005).

Όσον αφορά στη γωνία φάσης στους ηλικιωμένους, σε μελέτη όπου εξετάστηκαν 113 υγιείς ηλικιωμένοι (67 γυναίκες και 46 άνδρες) πραγματοποιώντας σωματικές εξετάσεις, και χρησιμοποιώντας το - Senior Fitness Test κι αξιολογήθηκε η φυσική τους κατάσταση (κάθισμα σε καρέκλα, κάμψη του βραχίονα, 6min walk test, sit and reach test), η γωνία φάσης συσχετίστηκε θετικά το κάθισμα στην καρέκλα, την κάμψη του βραχίονα και το τεστ βάδισης 6 λεπτών και σχετίστηκε αρνητικά με το sit-and-reach. Ακόμη και μετά από προσαρμογή για πιθανές μεταβλητές όπως η ηλικία, το φύλο και ο άπαχος μαλακός ιστός της σκωληκοειδούς, το PhA έδειξε συσχέτιση με την κάμψη του βραχίονα και το 8-foot and go . Διαπιστώνεται, λοιπόν, πως οι υψηλότερες τιμές του PhA σχετίζονται με την καλύτερη φυσική λειτουργία. Ανεξάρτητα από το φύλο, την ηλικία και τους σκελετικούς μύς, το PhA προβλέπει τη δύναμη του σώματος, την ευκινησία και τη δυναμική ισορροπία σε υγιείς ηλικιωμένους ενήλικες (Matias et al., 2020).

Στην αθλητική επιστήμη, η αξιολόγηση της σύστασης του σώματος έχει διαφορετικές εφαρμογές, όπως η αναγνώριση των χαρακτηριστικών του ατόμου που είναι κρίσιμα για την απόδοση, η αξιολόγηση των επιπτώσεων των προπονητικών προγραμμάτων, η διαχείριση στρατηγικών προπόνησης αντιστάσεων σε αθλήματα κατηγορίας βάρους, κλπ. Από αυτή την

άποψη, η ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης έχει χρησιμοποιηθεί σε αθλητές ως μια γρήγορη και βιώσιμη τεχνική για την εκτίμηση του συνολικού περιεχομένου σε νερό και τα ποσοστά της άλιπης μάζας. Αν και τα πρώτα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, Πράγματι, εξακολουθεί να υπάρχει περιορισμένη έρευνα και είναι αβέβαιο με ποια ακρίβεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί το BIA σε αθλητές για μεμονωμένες μετρήσεις, ή και για την παρακολούθηση αλλαγών στη σύσταση του σώματος (di Vincenzo et al., 2019a).

Συγκεκριμένα, οι υψηλές τιμές γωνίας φάσης σχετίζονται με άτομα που έχουν υψηλή μυϊκή μάζα και υψηλότερη περιεκτικότητα σε ενδοκυτταρικά από τα εξωκυτταρικά υγρά. (Marini et al., 2020). Στο πλαίσιο του αθλητισμού, οι αλλαγές στη γωνία φάσης σχετίζονται με σωματικές προσαρμογές που επιτυγχάνονται μετά από προπόνηση ή διατροφικές παρεμβάσεις. Επιπλέον, πρόσφατα ευρήματα τόνισαν τη θετική συσχέτιση της γωνίας φάσης με τα αποτελέσματα των τεστ μυϊκής δύναμης και ισχύος ειδικά σε αθλητές. Μεταξύ των κατηγοριών αθλημάτων, οι αθλητές και των δύο φύλων που ασχολούνται με αθλήματα αντοχής διατήρησαν χαμηλότερη γωνία φάσης σε σύγκριση με εκείνους που ασχολούνται με αθλήματα ταχύτητας/δύναμης και ομαδικά αθλήματα. Η διαφορά στις γωνίες φάσης σε αυτές τις αθλητικές μεθόδους οφείλεται πιθανώς στη χαμηλότερη μυϊκή μάζα που παρουσιάζεται σε αθλητές αντοχής σε σύγκριση με αθλητές αθλημάτων όπου η δύναμη και η ισχύς είναι απαραίτητες (di Vincenzo et al., 2019b).

Στους αθλητές, η γωνία φάσης συνδέεται θετικά με το συνολικό νερό του σώματος και το ενδοκυτταρικό νερό, μετρούμενο με τεχνικές αραίωσης (Marini et al., 2020). Η υψηλότερη γωνία φάσης στους σωματικά ενεργούς ανθρώπους φαίνεται να αντανακλά τις φυσιολογικές κυτταρικές προσαρμογές που οδηγούν σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ενδοκυτταρικό νερό. Μια υπόθεση θα μπορούσε να είναι ότι οι σωματικά δραστήριοι άνθρωποι καταναλώνουν μεγαλύτερη ποσότητα υδατανθράκων για να βελτιώσουν την απόδοση και κατά συνέπεια έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε ενδοκυτταρικό νερό για αποθήκευση γλυκογόνου. Η σωματική δραστηριότητα έχει επίσης συσχετιστεί με τροποποιήσεις στη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης όπως για παράδειγμα η δραστηριότητα της διαμεμβρανικής αντλίας Na/K-ATPase (Pirkmajer & Chibalin, 2016).

Αρκετές μελέτες επικεντρώθηκαν σε συγκεκριμένα αθλήματα και έδειξαν ότι οι ελίτ αθλητές έχουν υψηλότερη γωνία φάσης από τους λιγότερο προπονημένους. Για παράδειγμα, η γωνία φάσης φαίνεται πως είναι υψηλότερη στους κορυφαίους ποδοσφαιριστές, (Micheli et al., 2014) στους επαγγελματίες ποδηλάτες και στους χορευτές μπαλέτου (Marra et al., 2019) από ότι στους λιγότερο προπονημένους. Καμία μελέτη για αυτό το θέμα δεν διεξήχθη ειδικά σε δρομείς, αλλά, λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα στοιχεία, μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι ελίτ δρομείς, έχουν επίσης υψηλότερη γωνία φάσης. Ωστόσο, το αν ο τύπος του αθλήματος επηρεάζει τη γωνία φάσης είναι αμφιλεγόμενο (di Vincenzo et al., 2019b). Μπορεί να υποστηριχθεί ότι για ένα δεδομένο άθλημα θα πρέπει να συλλέγονται πολύ περισσότερα δεδομένα με συστηματικό τρόπο και για μια κατάλληλη χρονική περίοδο, προκειμένου να προσδιοριστούν οι αλλαγές και οι τάσεις. Αυτό είναι ακόμη πιο κρίσιμο στην περίπτωση των μελετών παρέμβασης (Genton et al., 2020).

Παρά το γεγονός πως οι μελέτες που διερευνούν τη διακύμανση της γωνίας φάσης σε διαφορετικά αθλήματα και τη σύγκριση μεταξύ αυτών είναι σχετικά περιορισμένες, στον πίνακα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες ανάλογες μελέτες. Αξίζει να σημειωθεί πως η γωνία φάσης αποτελεί μια σχετικά νέα ερευνητική μεταβλητή και το μέγεθος του δείγματος είναι αρκετά μικρό στις περισσότερες μελέτες που χρησιμοποίησαν αθλητές υψηλού επιπέδου.

Οι μεγαλύτεροι σε ηλικία αθλητές που έχουν προπονηθεί σε αντοχή έχουν μεγαλύτερα αποθέματα λιπιδίων και χαμηλότερα αποθέματα υδατανθράκων, σε σύγκριση με νεότερους αθλητές με παρόμοιες προπονητικές προσαρμογές. Οι πρωτεΐνες που εμπλέκονται στην αποθήκευση ενδομυϊκών τριακυλογλυκερολών (intramyocellular triglycerides) είναι αυξημένες σε μυς που ασκούνται. Απαιτούνται πρόσθετες μελέτες για να διερευνηθεί εάν αυτοί, ή άλλοι μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι για την αυξημένη αποθήκευση IMTG, αλλάζουν σε αθλητές αντοχής, μεγαλύτερων ηλικιών (Dube et al., 2016).

Η άσκηση αντοχής έχει αποδειχθεί πως έχει πολλαπλά οφέλη για την υγεία, συμπεριλαμβανομένων βελτιώσεων στην καρδιαγγειακή υγεία, τη μεταβολική λειτουργία και τη γνωστική λειτουργία. Ωστόσο, δεν είναι πλήρως κατανοητό πώς επηρεάζει η ηλικία αυτά τα οφέλη και εάν υπάρχουν διαφορές στη σύνθεση του σώματος και την κυτταρική υγεία

μεταξύ αθλητών αντοχής διαφορετικών ηλικιών. Με την εξέταση της γωνίας φάσης σε νεότερους και μεγαλύτερους αθλητές αντοχής, η μελέτη αυτή μπορεί να παράσχει πληροφορίες σχετικά με τους κυτταρικούς μηχανισμούς που κρύβονται πίσω από τα οφέλη της άσκησης αντοχής και να συμβάλει στην ανάπτυξη προγραμμάτων που προσαρμόζονται στις συγκεκριμένες ανάγκες των αθλητών σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Επιπλέον, η μελέτη μπορεί να έχει ευρύτερες επιπτώσεις στην κατανόηση των επιπτώσεων της γήρανσης στην κυτταρική υγεία και μπορεί να συντελέσει στην ανάπτυξη παρεμβάσεων που στοχεύουν στη διατήρηση ή τη βελτίωση της κυτταρικής υγείας σε ηλικιωμένους ανθρώπους.

Ενδεικτικές μελέτες που αφορούν στη διερεύνηση της γωνίας φάσης σε αθλητές διαφόρων αθλημάτων αναφέρονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Ενδεικτικές τιμές Γωνίας Φάσης σε αθλητές διαφόρων αθλημάτων.

| Μελέτη                      | Δείγμα                              | Γωνία φάσης |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------|
| Marfell-Jones et al. (2006) | 13 ελίτ άνδρες κωπηλάτες            | 6,9 ± 0,8   |
| Ottaviani et al. (2016)     | 22 ελίτ αθλητές ράγκμπι             | 6,8 ± 0,7   |
| García et al. (2020)        | 28 ελίτ αθλητές πετοσφαίρισης       | 6,8 ± 0,5   |
| Kaya et al. (2021)          | 38 άνδρες παλαιστής                 | 6,1 ± 0,5   |
| Carlos-Vivas et al. (2021)  | 28 άνδρες αθλητές τσε κβο ντο       | 6,7 ± 0,5   |
| Porovic et al. (2020)       | 50 άνδρες ποδοσφαιριστές            | 6,84 ± 0,6  |
| Atasever et al. (2017)      | 27 άνδρες καλαθοσφαιριστές          | 6,3 ± 0,6   |
| Paracosta et al. (2010)     | 26 άνδρες δρομείς αντοχής           | 7,1 ± 1,1   |
| Lamas et al. (2019)         | 35 άνδρες αθλητές ζιου ζίτσου       | 6,9 ± 0,8   |
| Matias et al. (2020)        | 12 άνδρες αθλητές ποδοσφαίρου σάλας | 6,9 ± 0,4   |

## 1.2. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της προπόνησης αντοχής πάνω στους δείκτες σώματος, αλλά και στη γωνία φάσης( $\rho H A$ ).

## 1.3. Ερευνητικές υποθέσεις

H1- Θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις παραμέτρους βιοηλεκτρικής εμπέδησης μεταξύ των ομάδων διαφορετικής ηλικίας.

H0- Δε θα υπάρξουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις παραμέτρους βιοηλεκτρικής εμπέδησης μεταξύ των ομάδων διαφορετικής ηλικίας.

## 1.4. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί

Καθώς το αθλητικό ιστορικό αλλά και οι προπονητικές συνήθειες των εξεταζόμενων λήφθηκε με τη μορφή συνέντευξης, ο ερευνητής βασίστηκε στην ειλικρίνεια και την προθυμία αυτών.

## 1.5. Ορισμοί και συντομογραφίες

*Αντοχή*: η ικανότητα διατήρησης μιας συγκεκριμένης απόδοσης για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο διάστημα.

*Δύναμη*: η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να υπερνικά ή να αντιστέκεται σε εξωτερικές δυνάμεις.

*Ισχύς*: το έργο που παράγεται από έναν μυ ή μία ομάδα μυών στην μονάδα του χρόνου.

*Ταχύτητα*: είναι μία από τις ικανότητες φυσικής κατάστασης στον αθλητισμό, η οποία μπορεί να οριστεί ως η ικανότητα ενός ατόμου να διανύει μια συγκεκριμένη απόσταση σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρόνο.

*Ποσοστό σωματικού λίπους*: είναι το σύνολο των λιπιδίων στους ιστούς του ανθρώπινου σώματος.

*Βιοηλεκτρική εμπέδηση* : μέθοδος αξιολόγησης της σύστασης σώματος

*Γωνία φάσης*: κατάσταση της κυτταρικής μεμβράνης.

*Ωμική αντίσταση (R):* η αντίσταση στο ρεύμα που διαρρέει τον ιστό που περιέχει νερό και ηλεκτρολύτες.

*Χωρητική αντίδραση (Xc):* η αντίσταση η οποία σχετίζεται με το χωρητικό συστατικό των ιστών

*FFM=άλυτη μάζα*

*TBW=συνολικό σωματικό νερό*

*IR =impedance ratio: σύνθετης αντίστασης*

*IMTG: ενδομυοκυτταρικά τριγλυκερίδια*

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 2.1. Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν αθλητές αντοχής χωρισμένοι σε δύο ομάδες δραστηριότητας (αθλητές αντοχής και μη δραστήριοι) δύο ηλικιακών κατηγοριών νέων ενηλίκων και μεσήλικων (Νέοι ενήλικες αθλητές αντοχής N=8 (2 ποδηλάτες και 6 δρομείς), ηλικία:  $20,62 \pm 1,76$ , Ύψος:  $177,7 \pm 7,73$  cm, Βάρος:  $69,72 \pm 9,4$  kg, ποσοστό σωματικού λίπους:  $17 \pm 3,7\%$ ; Μεσήλικες αθλητές αντοχής N=11 (6 ποδηλάτες και 5 δρομείς), ηλικία:  $46,09 \pm 2,07$ , Ύψος:  $177,53 \pm 7,06$  cm, Βάρος:  $74,24 \pm 8,05$ kg, ποσοστό σωματικού λίπους:  $19,13 \pm 5,2\%$ , Νέοι ενήλικες N=10, ηλικία:  $20,6 \pm 1,63$ , Ύψος:  $177,7 \pm 7,73$  cm, Βάρος:  $73,36 \pm 8,87$  kg, ποσοστό σωματικού λίπους:  $17,86 \pm 4,4\%$ ; Μεσήλικες N=10, ηλικία:  $44,73 \pm 3,4$ , Ύψος:  $178,5 \pm 7,08$  cm, Βάρος:  $81,2 \pm 9,13$ kg, ποσοστό σωματικού λίπους:  $22,6 \pm 5,77\%$ ). Προϋπόθεση για τη συμμετοχή στην μελέτη ήταν η ενασχόληση με άθλημα αντοχής για περισσότερα από πέντε χρόνια.

### 2.2. Πειραματικός Σχεδιασμός

Οι εθελοντές της μελέτης, αφού ενημερώθηκαν προφορικά και εγγράφως για τις συνθήκες μέτρησης και τους πιθανούς κινδύνους από τη συμμετοχή τους στη μελέτη, δήλωσαν ενυπόγραφα τη συγκατάθεσή τους. Ο διαχωρισμός στην ομάδα ελέγχου και την αθλητική ομάδα έγινε με καταγραφή της αθλητικής τους δραστηριότητας, η οποία έγινε με τη μορφή συνέντευξης. Οι δύο ομάδες χωρίστηκαν περαιτέρω σε δύο υποομάδες με βάση τη χρονολογική τους ηλικία. Εξαρτημένη παράμετρος της ΜΔΕ ήταν η σύσταση σώματος και η γωνία φάσης. Για τις ανάγκες της αξιολόγησης είναι εθελοντές προσέρχονταν μετά από ολονύχτια νηστεία και αποχή από οποιαδήποτε μορφή προπόνησης και άσκηση για 48 ώρες, και αξιολογούνταν με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (MA 801, Charder, Taiwan).

### 2.3. Αξιολόγηση βιοηλεκτρικής εμπέδησης

Για τον υπολογισμό της λιπώδους και άλιπης μάζας, της γωνίας φάσης και της ενυδάτωσης χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA) MA-801 (Charder, Taiwan), που για τον προσδιορισμό των παραμέτρων σύστασης λειτουργεί με πέντε



συχνότητες ρεύματος ενώ για τον προσδιορισμό της γωνίας φάσης λαμβάνεται υπόψη η αγωγιμότητα του ρεύματος στη συχνότητα των 50Hz. Πριν την μέτρηση οι εξεταζόμενοι έλαβαν την οδηγία να τηρήσουν τριώρη νηστεία και μέχρι πριν δύο μέρες δεν πραγματοποίησαν προπόνηση ή άσκηση οποιασδήποτε μορφής. Στην συνέχεια, εισήχθησαν τα στοιχεία τους (ονοματεπώνυμο, βάρος, ύψος, ημερομηνία γέννησης, φύλο) και με τις οδηγίες του μηχανήματος στάθηκαν όρθιοι χωρίς υποδήματα σε όρθια θέση με τα χέρια σε απαγωγή 60° για 60 δευτερόλεπτα. Τέλος τυπώθηκε η αντίστοιχη καρτέλα με τα αποτελέσματα για τον εκάστοτε εξεταζόμενο.

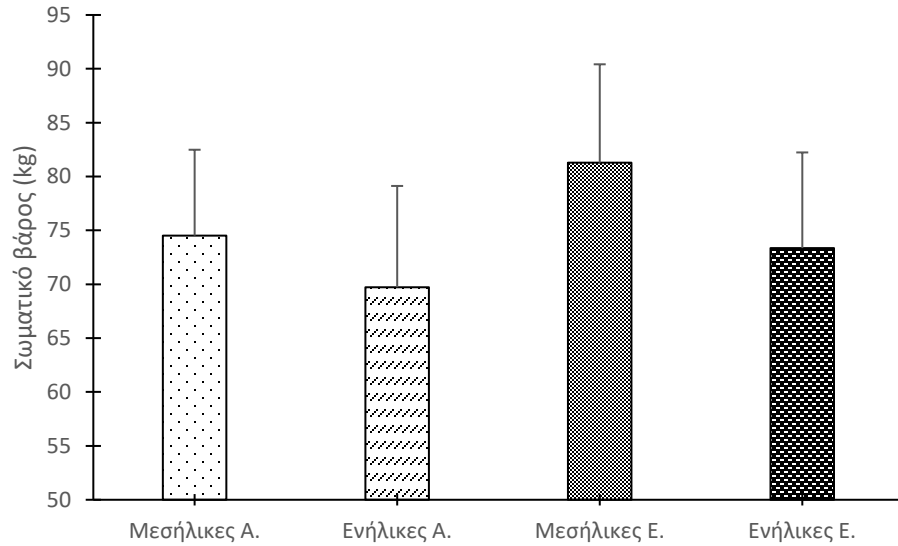
#### **2.4. Στατιστική ανάλυση**

Τα δεδομένα της έρευνας παρουσιάζονται ως μέσες τιμές  $\pm$  τυπική απόκλιση. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα) με τέσσερα επίπεδα (μεσήλικες αθλητές αντοχής, μεσήλικες μη αθλητές, νέοι ενήλικες αθλητές αντοχής, νέοι ενήλικες μη αθλητές). Για την εύρεση επιμέρους διαφορών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0,05.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1. Σωματικό Βάρος (kg)

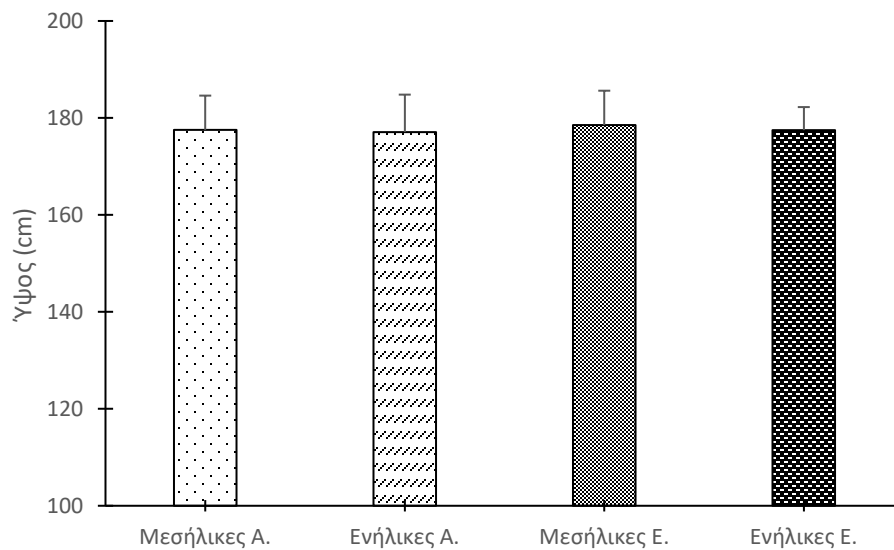
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς το σωματικό βάρος [ $F(3, 35) = 2,784$ ;  $p = 0,055$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



**Σχήμα 1.** Σύγκριση των ομάδων ως προς το σωματικό βάρος. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.2. Ύψος (cm)

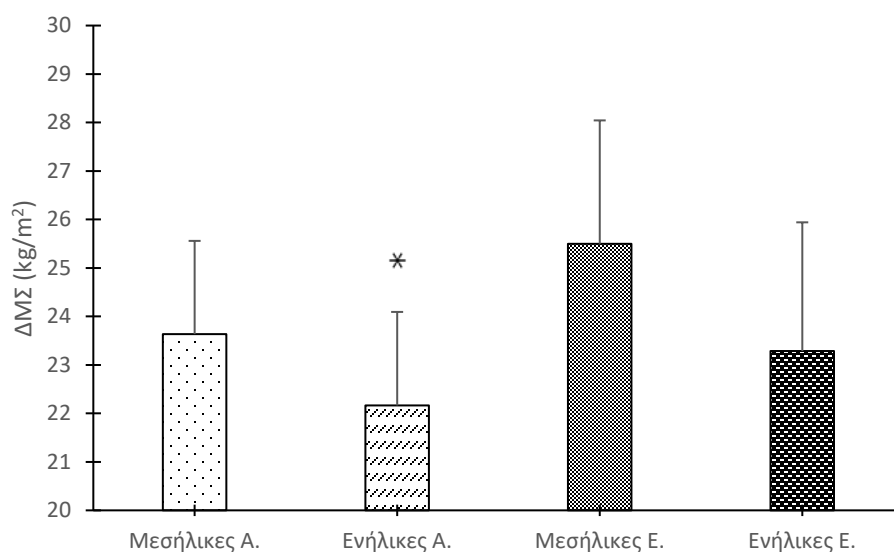
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς το ύψος [ $F(3, 35) = 0,80$ ;  $p = 0,97$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.



**Σχήμα 2.** Σύγκριση των ομάδων ως προς το ύψος. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.3. Δείκτης μάζας σώματος (kg/m<sup>2</sup>)

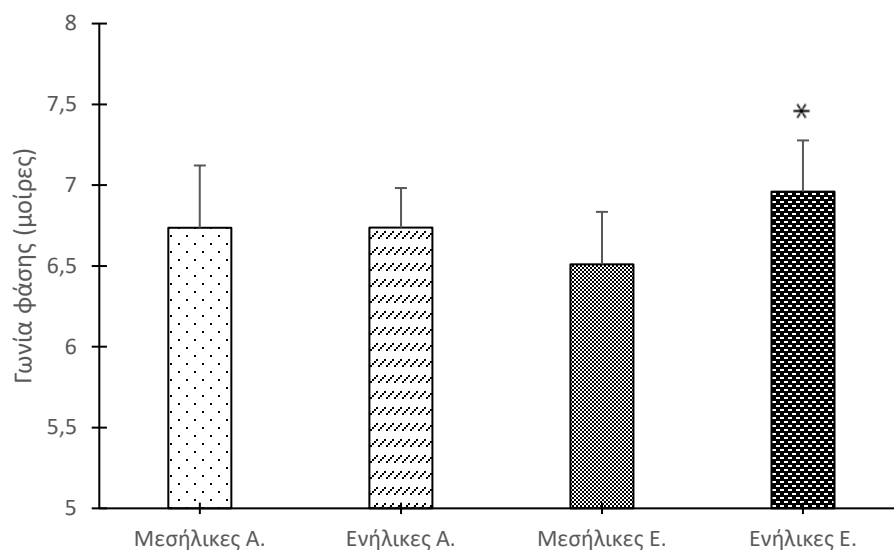
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς το δείκτη μάζας σώματος [F(3, 35)= 3,342; p < 0,05]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Ενήλικες Α.” και της ομάδας “Μεσήλικες Ε.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.



**Σχήμα 3.** Σύγκριση των ομάδων ως προς το δείκτη μάζας σώματος. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου. \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.4. Γωνία φάσης (μοίρες)

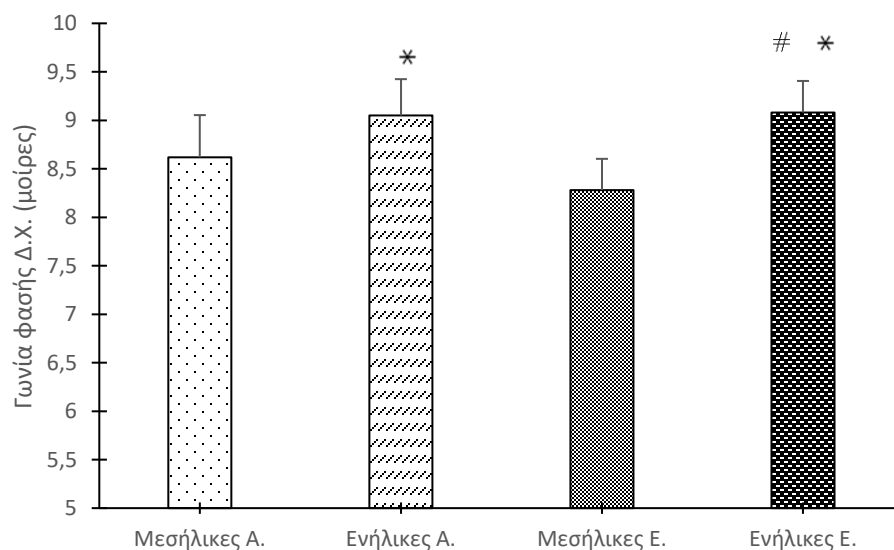
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης [ $F(3, 35)=3,144$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Ενήλικες Ε.” και της ομάδας “Μεσήλικες Ε.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.



**Σχήμα 4.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου. \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.5. Γωνία φάσης δεξιού χεριού (μοίρες)

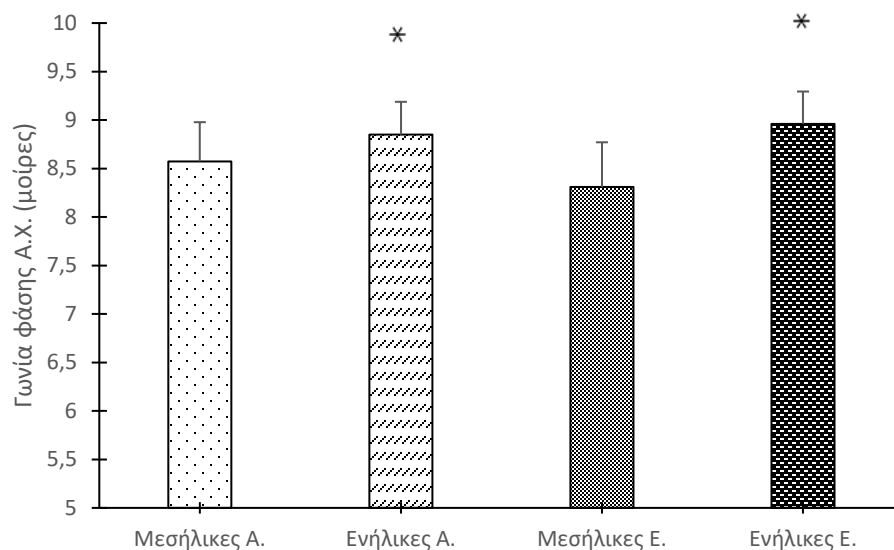
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του δεξιού χεριού [ $F(3, 35) = 10,286$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Α.” και της ομάδας “Ενήλικες Ε.”. Διαπιστώθηκε επίσης σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και των ομάδων “Ενήλικες Α.” και “Ενήλικες Ε.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.



**Σχήμα 5.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του δεξιού χεριού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου. \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”, # σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Α.”.

### 3.6. Γωνία φάσης αριστερού χεριού (μοίρες)

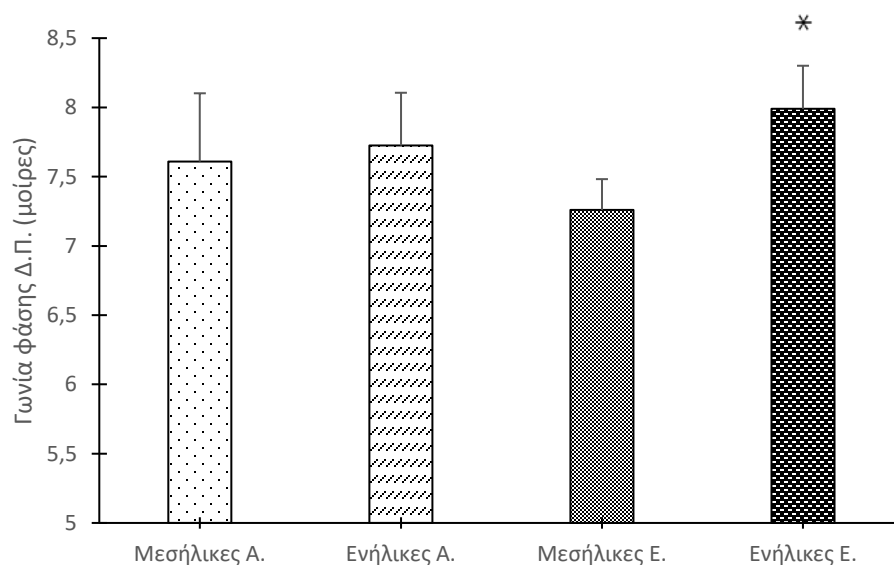
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του αριστερού χεριού [ $F(3, 35) = 5,441$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και των ομάδων “Ενήλικες Ε.” και “Ενήλικες Α.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



**Σχήμα 6.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του αριστερού χεριού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου. \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.7. Γωνία φάσης δεξιού ποδιού (μοίρες)

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του δεξιού ποδιού [ $F(3, 35) = 6,713$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και της ομάδας “Ενήλικες Ε.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.

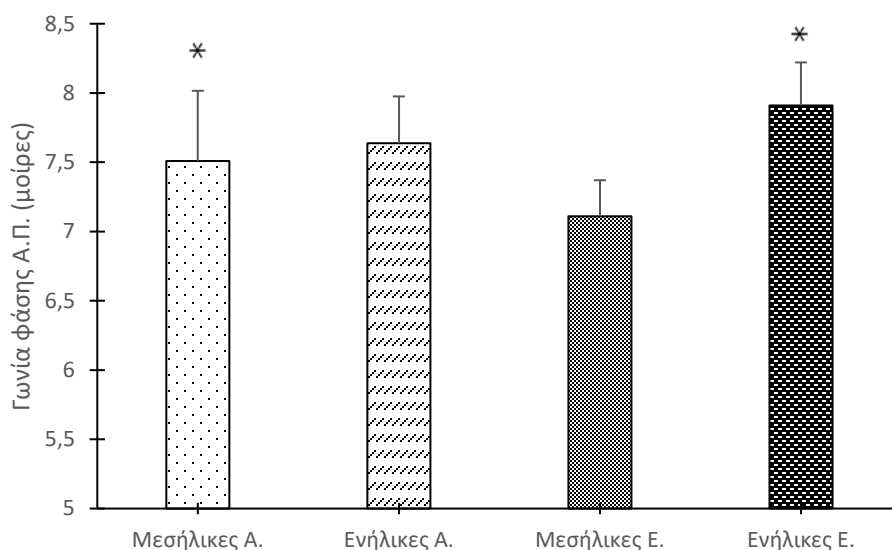


**Σχήμα 7.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του δεξιού ποδιού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου. \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”



### 3.8. Γωνία φάσης αριστερού ποδιού (μοίρες)

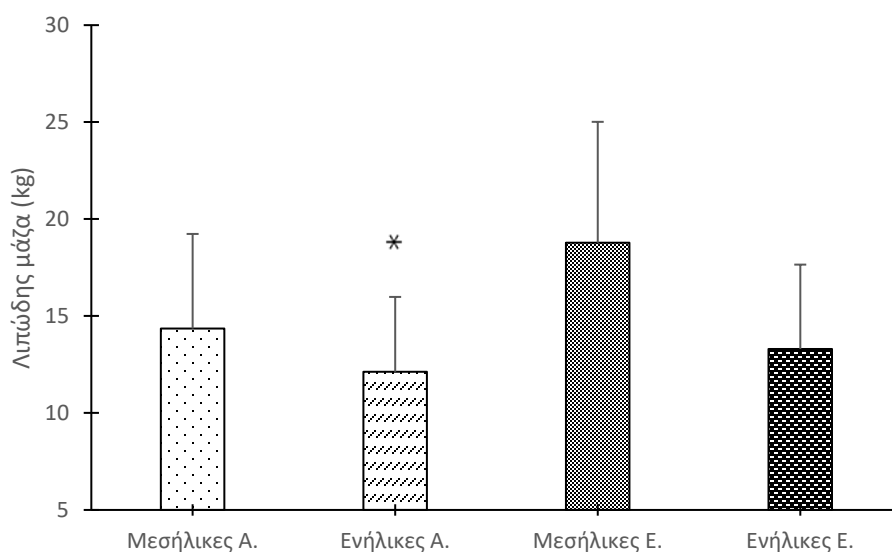
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του αριστερού ποδιού [ $F(3, 35) = 7,954$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και των ομάδων “Ενήλικες Ε.” και “Ενήλικες Α.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 8.



**Σχήμα 8.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη γωνία φάσης του αριστερού ποδιού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου. \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.9. Λιπώδης μάζα (kg)

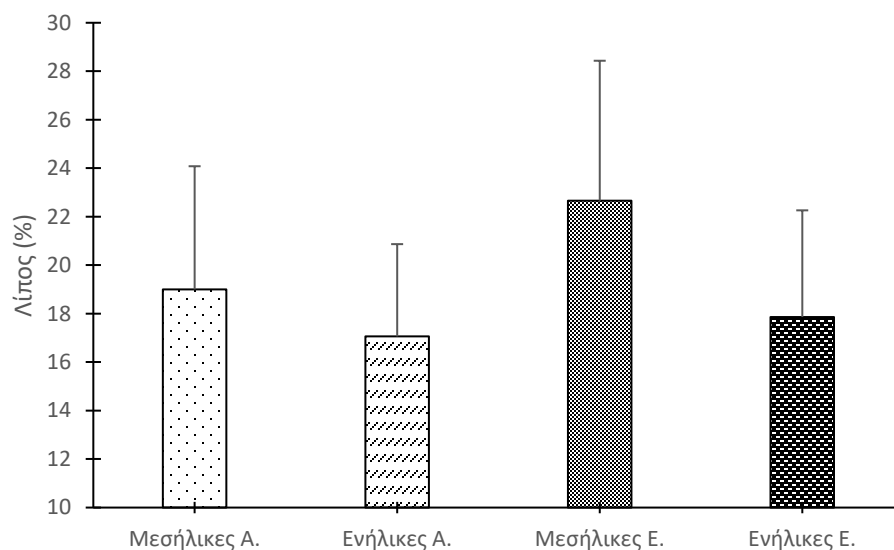
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα [ $F(3, 35)=3,206$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και της ομάδας “Ενήλικες Α.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 9.



**Σχήμα 9.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου. \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.10. Λιπώδης μάζα (%)

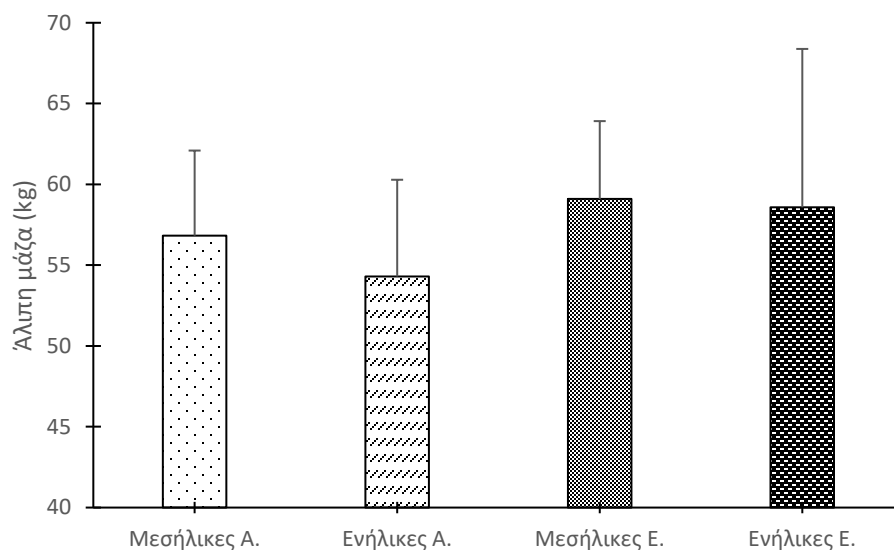
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς το ποσοστό λιπώδους μάζας [ $F(3, 35) = 2,442$ ;  $p = 0,08$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 10.



**Σχήμα 10.** Σύγκριση των ομάδων ως προς το ποσοστό λιπώδους μάζας. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.11. Άλιπη μάζα (kg)

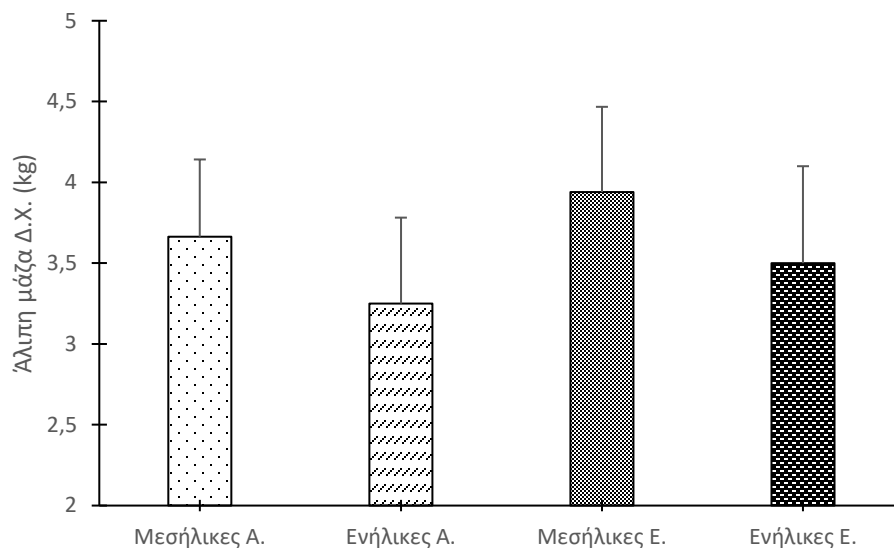
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα [ $F(3, 35) = 0,897$ ;  $p = 0,08$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 11.



**Σχήμα 11.** Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.12. Άλιπη μάζα δεξιού χεριού (kg)

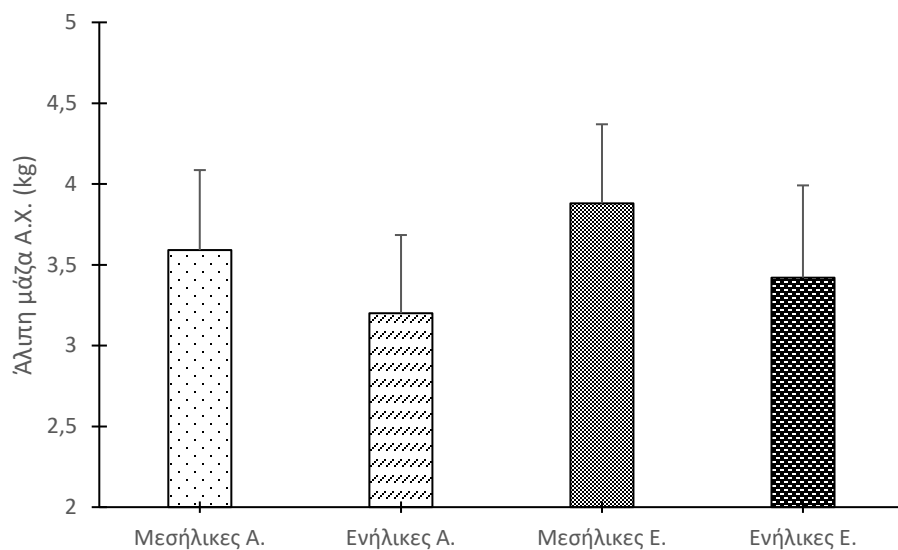
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού [ $F(3, 35) = 2,655$ ;  $p = 0,64$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 12.



**Σχήμα 12.** Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού χεριού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.13. Άλιπη μάζα αριστερού χεριού (kg)

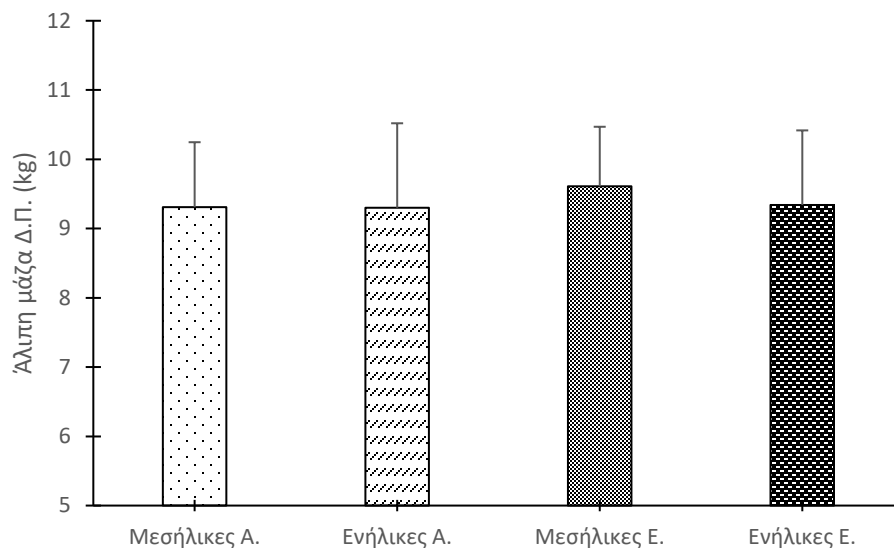
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του αριστερού χεριού [ $F(3, 35) = 2,863$ ;  $p = 0,51$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 13.



**Σχήμα 13.** Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του αριστερού χεριού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.14. Άλιπη μάζα δεξιού ποδιού (kg)

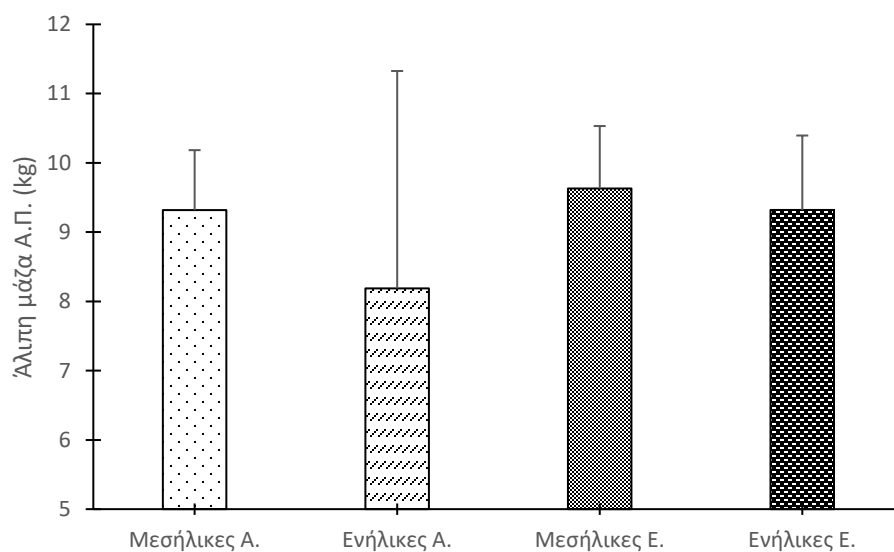
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού [ $F(3, 35) = 0,207$ ;  $p = 0,897$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 14.



**Σχήμα 14.** Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του δεξιού ποδιού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.15. Άλιπη μάζα αριστερού ποδιού (kg)

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του αριστερού ποδιού [ $F(3, 35) = 1,276$ ;  $p = 0,298$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 15.

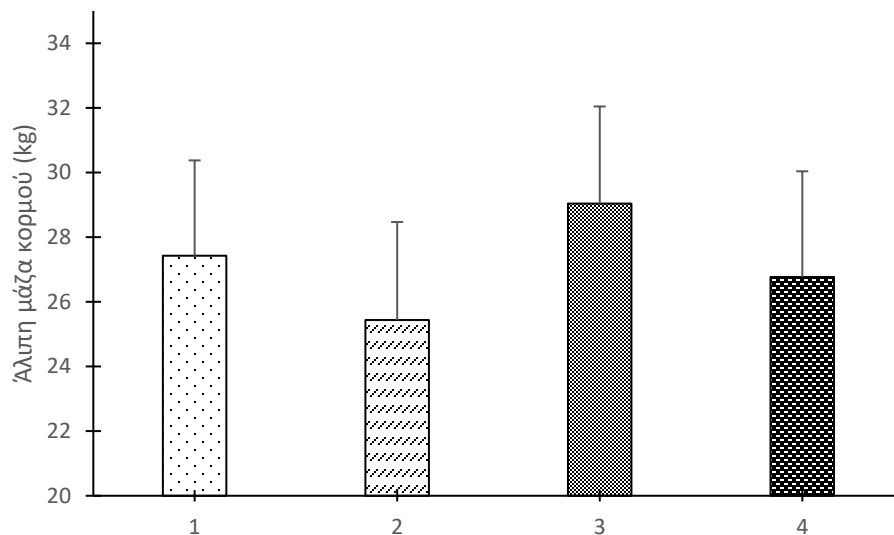


**Σχήμα 15.** Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του αριστερού ποδιού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου



### 3.16. Άλιπη μάζα κορμού (kg)

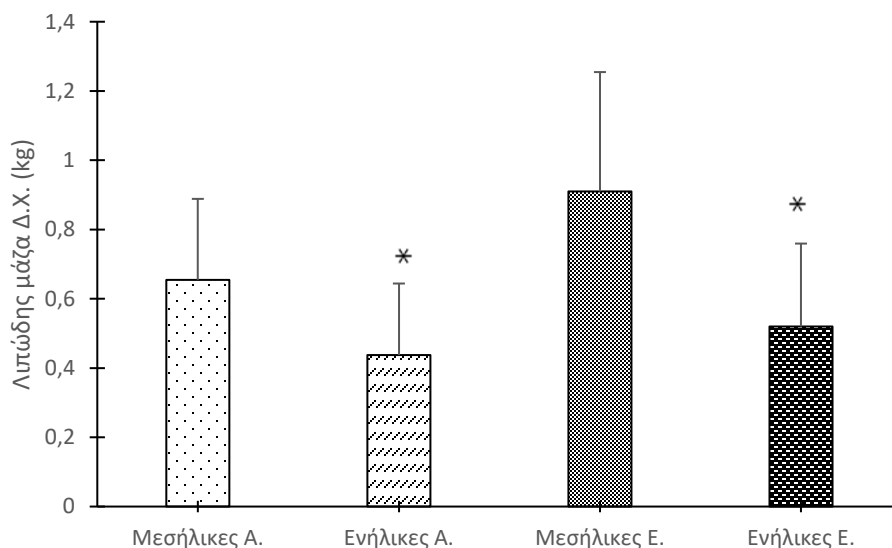
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του κορμού [ $F(3, 35) = 2,163$ ;  $p = 0,110$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 16.



**Σχήμα 16.** Σύγκριση των ομάδων ως προς την άλιπη μάζα του κορμού. Α:ομάδα αθλητών;  
Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.17. Λιπώδης μάζα δεξιού χεριού (kg)

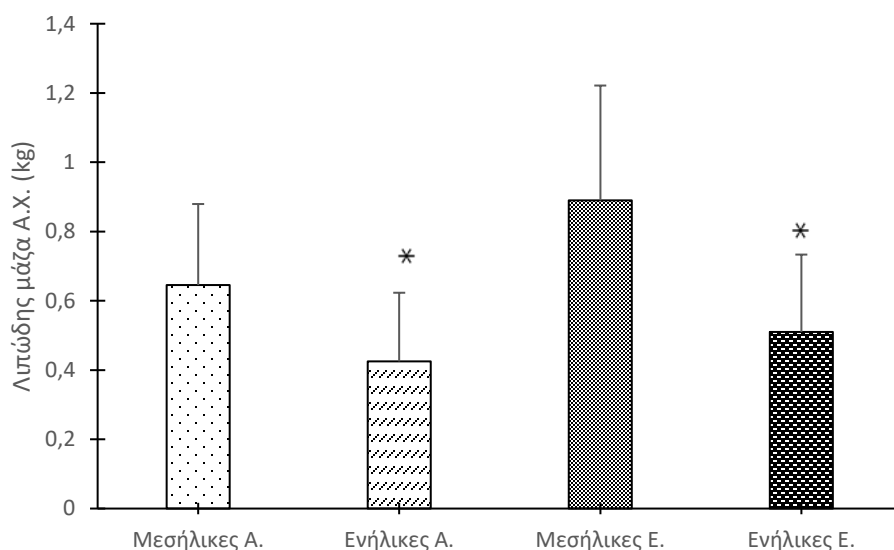
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του δεξιού χεριού [ $F(3, 35) = 5,775$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και των ομάδων “Ενήλικες Α.” και “Ενήλικες Ε.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 17.



**Σχήμα 17.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του δεξιού χεριού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.18. Λιπώδης μάζα αριστερού χεριού (kg)

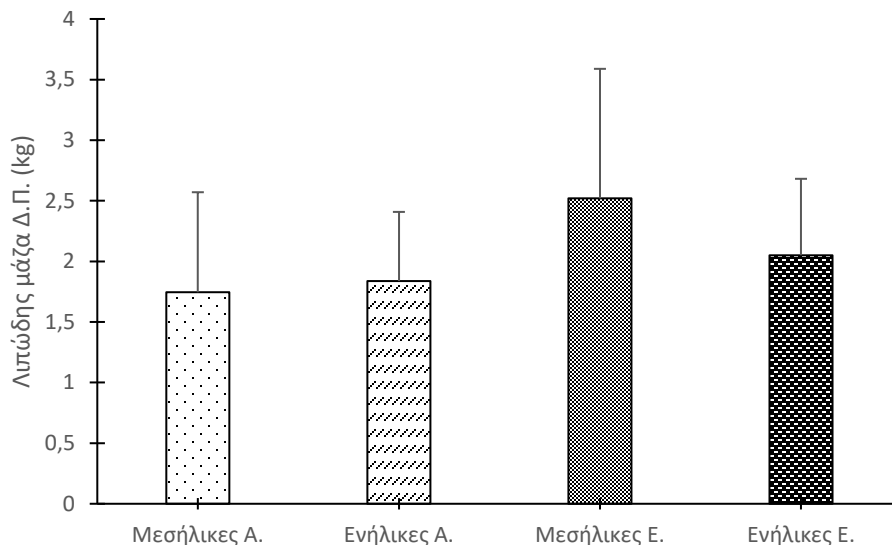
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του αριστερού χεριού [ $F(3, 35) = 5,981$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και των ομάδων “Ενήλικες Α.” και “Ενήλικες Ε.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 18.



**Σχήμα 18.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του αριστερού χεριού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.19. Λιπώδης μάζα δεξιού ποδιού (kg)

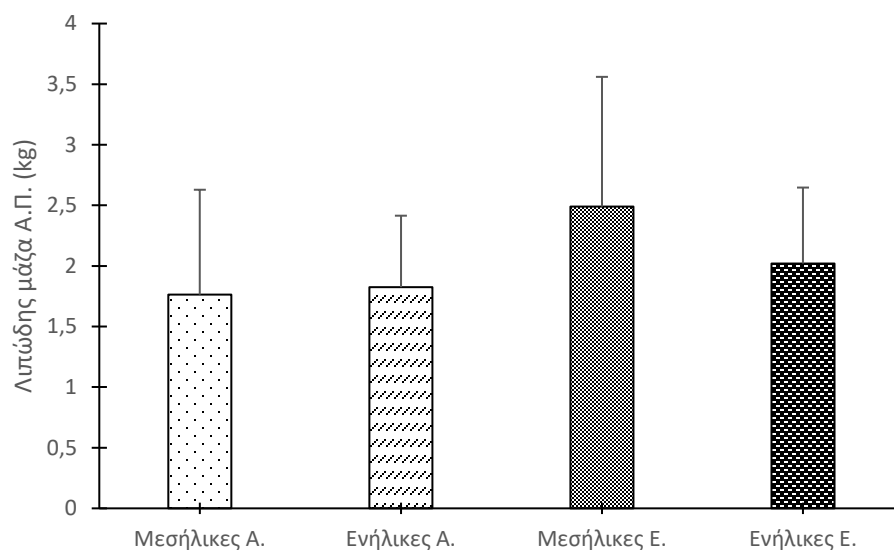
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του δεξιού ποδιού [ $F(3, 35) = 1,824$ ;  $p = 0,161$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 19.



**Σχήμα 19.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του δεξιού ποδιού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.20. Λιπώδης μάζα αριστερού ποδιού (kg)

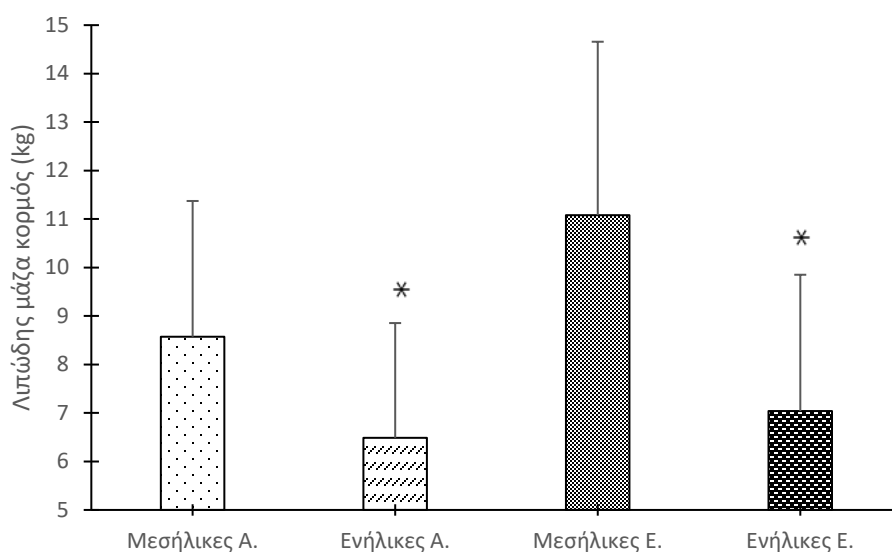
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του αριστερού ποδιού [ $F(3, 35) = 1,587$ ;  $p = 0,210$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 20.



**Σχήμα 20.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του αριστερού ποδιού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.21. Λιπώδης μάζα κορμού (kg)

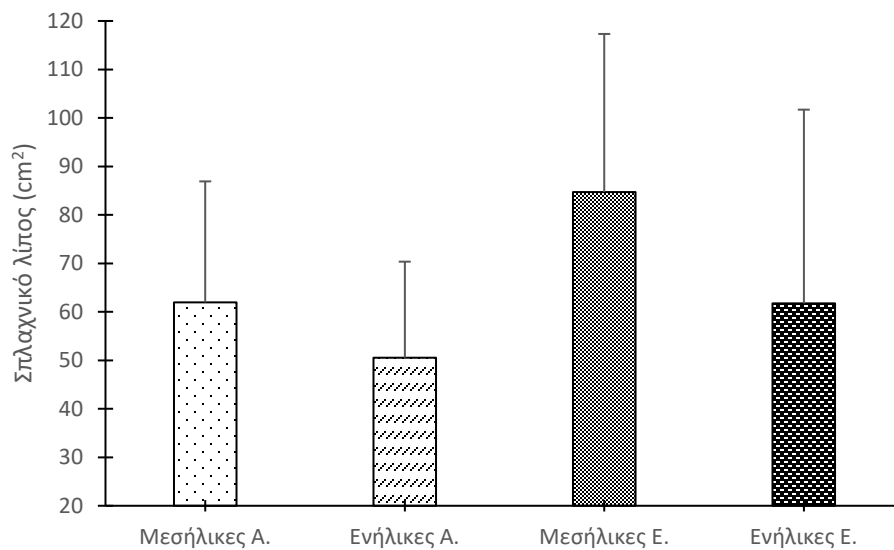
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του κορμού [ $F(3, 35) = 4,602$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και των ομάδων “Ενήλικες Α.” και “Ενήλικες Ε.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 21.



**Σχήμα 21.** Σύγκριση των ομάδων ως προς τη λιπώδη μάζα του κορμού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”

### 3.22. Σπλαχνικό λίπος (cm<sup>2</sup>)

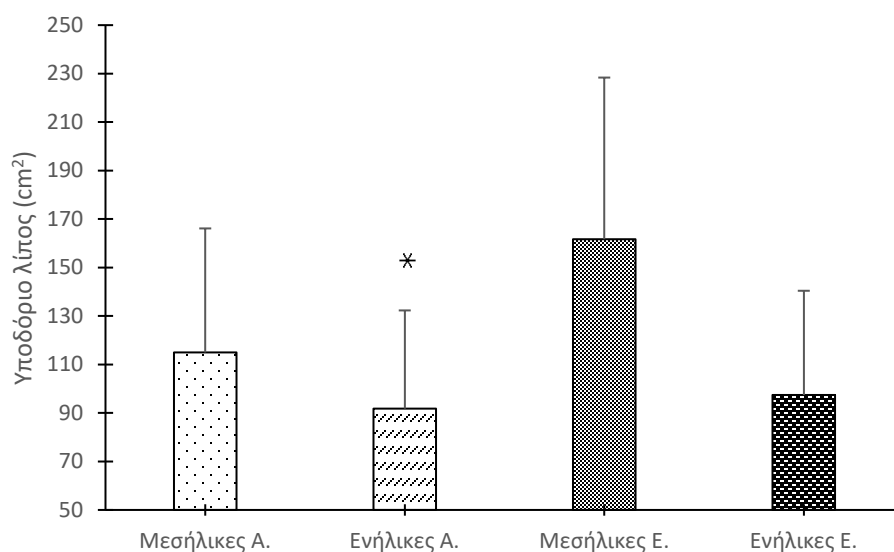
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς το σπλαχνικό λίπος [ $F(3, 35) = 2,041$ ;  $p < 0,126$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 22.



**Σχήμα 22.** Σύγκριση των ομάδων ως προς το σπλαχνικό λίπος. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

### 3.23. Υποδόριο λίπος (cm<sup>2</sup>)

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως προς το υποδόριο λίπος [ $F(3, 35) = 3,574$ ;  $p < 0,05$ ]. Από την εφαρμογή της δοκιμασίας πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας “Μεσήλικες Ε.” και της ομάδας “Ενήλικες Α.”. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 23.

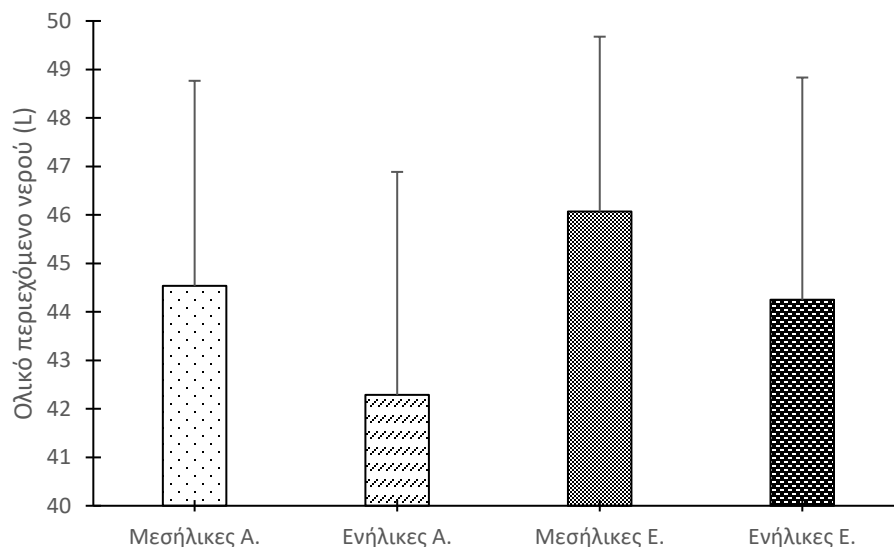


**Σχήμα 23.** Σύγκριση των ομάδων ως προς υποδόριο λίπος. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου \* σημαντική διαφορά με την ομάδα “Μεσήλικες Ε.”



### 3.24. Ολικό περιεχόμενο νερού (L)

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (ομάδα με 4 επίπεδα) δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ομάδων ως ολικό περιεχόμενο νερού [ $F(3, 35) = 1,180$ ;  $p < 0,331$ ]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 24.



**Σχήμα 24.** Σύγκριση των ομάδων ως προς ολικό περιεχόμενο νερού. Α:ομάδα αθλητών; Ε:ομάδα ελέγχου

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της μελέτης ήταν η σύγκριση μεταξύ δεικτών που προκύπτουν από τη βιοηλεκτρική εμπέδηση και δεικτών σύστασης σώματος μεταξύ αθλητών αντοχής διαφορετικής ηλικίας. Η κύρια υπόθεση ήταν πως η έκθεση σε προπονητικά ερεθίσματα αντοχής παρατεταμένου χρόνου θα προκαλούσε διαφορές φυσιολογικού χαρακτήρα συγκριτικά με τους μη αθλητές, ενώ στους αθλητές μεγαλύτερης ηλικίας και πολυετούς αθλητικού ιστορικού αυτές οι μεταβολές θα ήταν πιο έκδηλες, τόσο συγκριτικά με τους συνομήλικούς τους μη αθλητές αλλά και με τους αθλητές μικρότερης ηλικίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, οι αθλητές παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές γωνίας φάσης συγκριτικά με τους μη αθλητές της αντίστοιχης ηλικίας στο σύνολο του σώματος και στα άνω άκρα, ενώ οι διαφορές ήταν πολύ μικρότερες για κάτω άκρα. Η λιπώδης κι η άλιπη μάζα παρουσίασαν διαφορετικό πρότυπο, με την ομάδα ελέγχου μεγαλύτερης ηλικίας να παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές για κάθε περιοχή, ενώ για το ποσοστό λίπους παρατηρήθηκε το ακριβώς αντίθετο.

Η γωνία φάσης παρουσίασε υψηλότερες τιμές στην ομάδα των νεαρών ενηλίκων, τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην ομάδα αντοχής. Η βιολογική γήρανση είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν το δείκτη γωνία φάσης (Bosy-Westphal et al., 2006). Κάτι τέτοιο μπορεί να οφείλεται σε μια πλειάδα παραγόντων, με την επικρατέστερη θεωρία να κάνει λόγο για μειωμένη ρευστότητα της κυτταρικής μεμβράνης (Zs.-Nagy, 1978), ενώ παρατηρούνται και μεταβολές που σχετίζονται με την επιγενετική έκφραση των ενζύμων της κυτταρικής μεμβράνης. Η συσσώρευση μεταλλάξεων σε συγκεκριμένους γενετικούς τόπους (πχ. το μιτοχονδριακό DNA), φαίνεται πως διαδραματίζει επίσης έναν σημαντικό ρόλο (Freitas & de Magalhães, 2011). Η γωνία φάσης ακολουθεί μια αυξητική τάση κατά τις τρεις πρώτες δεκαετίες της ζωής του ανθρώπου, σταθεροποιείται περίπου μέχρι την ηλικία των 50 ετών και μετέπειτα ακολουθεί καθοδική πορεία (Mattiello et al., 2020). Σύμφωνα με τα δεδομένα της παρούσας μελέτης, η ηλικία φαίνεται πως είναι σημαντικός παράγοντας ως προς τη γωνία φάσης, αφού τόσο η ομάδα αθλητών αντοχής, όσο κι η ομάδα ελέγχου παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές όχι μόνο από τις αντίστοιχες της ομάδας μεγαλύτερης

ηλικίας (0,1% και 15,5% αντίστοιχα), αλλά και η ομάδα ελέγχου των νεαρών παρουσιάζει τη συνολικά υψηλότερη γωνία (6,95°). Τα αποτελέσματα ακολούθησαν παρόμοιο πρότυπο για όλες τις ανατομικές περιοχές που αναλύθηκαν (άνω και κάτω άκρα), με τους νεαρούς τόσο της ομάδας ελέγχου όσο και της ομάδας αντοχής, να παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές και την ομάδα ελέγχου της μεγαλύτερης ηλικίας τις μικρότερες.

Ως προς την επίδραση της άσκησης στη γωνία φάσης, τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο ξεκάθαρα. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ όλων των τιμών της γωνίας φάσης για την ομάδα ελέγχου και την ομάδα αντοχής στην ομάδα μεγαλύτερης ηλικίας. Φαίνεται δηλαδή πως η συμμετοχή σε δραστηριότητες αντοχής και συγκεκριμένα η έντονη αερόβια άσκηση, μπορεί να περιορίσει σε σημαντικό βαθμό τη φυσιολογική επιδείνωση που παρατηρείται στη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης με την πάροδο των ετών. Ωστόσο, η άσκηση αυτού του τύπου έχει συνδεθεί άρρηκτα με την πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού (Moflehi et al., 2012). Δεδομένου πως οι αθλητές αυτού του είδους ακολουθούν πολύ αυστηρά δομημένα προγράμματα με συχνότητα που πολλές φορές ξεπερνά τις 5 προπονήσεις εβδομαδιαία, είναι λογικό να βρίσκονται σε μια λειτουργική κατάσταση μυϊκής καταστροφής, κάτι που θα μπορούσε να εμφανίσει τις μειωμένες τιμές της ομάδας αντοχής νεαρής ηλικίας ως προς την αντίστοιχη ομάδα ελέγχου. Κάτι τέτοιο φαίνεται να ενισχύεται από το γεγονός, πως η διαφορά μεταξύ των ομάδων άσκησης και ομάδων ελέγχου είναι ως προς τη γωνία φάσης των κάτω άκρων είναι διαφορετική από αυτήν που παρατηρείται στα άνω άκρα. Κάτι τέτοιο μπορεί να οφείλεται στην πιο στοχευμένη μυϊκή καταστροφή που παρατηρείται στα κάτω άκρα. (Armstrong, 1986; Marcora & Bosio, 2007). Επιπροσθέτως, η χρόνια άσκηση αντοχής έχει συνδεθεί με αυξημένη αποθήκευση μυϊκών τριακυλογλυκερολών, κυρίως στους μυς που σχετίζονται με την εκάστοτε άσκηση (κάτω άκρα στην προκειμένη) (Devries et al., 2013). Κάτι τέτοιο όπως είναι αναμενόμενο, επηρεάζει την αγωγιμότητα του ιστού και συν επακολούθως, παραμέτρους της βιοηλεκτρικής εμπέδησης όπως η γωνία φάσης.

Ως προς τις παραμέτρους σύστασης σώματος, πρωταρχικός στόχος ήταν η σύγκριση και η αξιολόγηση ατόμων με παρόμοια σωματομετρικά χαρακτηριστικά. Όντως, οι ομάδες δε διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους ως προς το συνολικό σωματικό βάρος και το ΔΜΣ παρά

μόνο μεταξύ των νεαρών αθλητών αντοχής και της ομάδας ελέγχου μεγαλύτερης ηλικίας κάτι που μπορεί πολύ εύκολα να αποδοθεί στις αυξημένες ενεργειακές που χαρακτηρίζουν την αερόβια άσκηση αντοχής (Drenowatz et al., 2015; Guiney & Machado, 2013; Muscella et al., 2020). Τόσο το συνολικό ποσοστό λίπους, όσο και η λιπώδης μάζα των άκρων είναι σημαντικά υψηλότερα στην ομάδα ελέγχου μεγάλης ηλικίας τόσο ως προς την ομάδα αντοχής αντίστοιχης ηλικίας αλλά και τις δύο ομάδες (ελέγχου και αντοχής) της νεαρής ηλικίας. Ενδιαφέρον παρουσιάζει πως η άλιπη μάζα είναι σημαντικά υψηλότερη στην ίδια ομάδα, κάτι που έρχεται σε μερική αντίθεση με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Willis et al., 2012). Ωστόσο, κάτι τέτοιο μπορεί να αιτιολογηθεί μέσω της υψηλότερης συνολικής μάζας και του μεγαλύτερου ΔΜΣ που παρατηρήθηκαν στην ομάδα ελέγχου μεγαλύτερης ηλικίας.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου βιοηλεκτρικής εμπέδησης είναι πως το ρεύμα διέρχεται με διαφορετική ταχύτητα από ιστούς διαφορετικής περιεκτικότητας σε νερό. Η άλιπη μυϊκή μάζα μπορεί να συγκρατήσει περισσότερο νερό συγκριτικά με ίδια ποσότητα λιπώδους ιστού. Παράγοντες που επηρεάζουν τη γωνία φάση και τους δείκτες εμπέδησης είναι η ενδομυϊκή εναπόθεση λιπιδίων (Horowitz & Klein, 2000), η γήρανση (Gonzalez et al., 2016) και η προπονητική κατάσταση (Marini et al., 2020). Στα αποτελέσματα της μελέτης διαπιστώθηκε πως οι αθλητές αντοχής παρουσίασαν φυσιολογικές τιμές εμπέδησης και γωνία φάσης που αντιστοιχεί σε αθλητές της κάθε ηλικιακής ομάδας (Bosy-Westphal et al., 2006). Περαιτέρω, οι νεαροί αθλητές παρουσίασαν υψηλότερες τιμές αντίστασης και παρόμοιες τιμές στη γωνία φάσης. Τα ευρήματα αυτά μπορούν να αποδοθούν στο ότι οι νεαρότεροι αθλητές πραγματοποιούν περισσότερη προπόνηση και πιο έντονη γεγονός που επηρεάζει τη δομή της κυτταρικής μεμβράνης (Coffey & Hawley, 2007). Ακόμη οι μεγαλύτεροι σε ηλικία ενδεχομένως να έχουν χαμηλότερες τιμές στη γωνία φάσης λόγω της μεγαλύτερης αναλογίας ενδομυϊκών λιπιδίων προς την αποθήκευση υδατανθράκων λόγω της χρόνιας προπόνησης αντοχής και της γήρανσης (Sardinha, 2018).

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Armstrong, R. B. (1986). Muscle Damage and Endurance Events. *Sports Medicine*, 3(5), 370–381. <https://doi.org/10.2165/00007256-198603050-00006>
2. Atasever, A., Ertas, H., & Kaya, O. (2021). Investigation of phase angle and body composition in elite male boxers. *International Journal of Academic Research and Development*, 3(2), 104-108. doi: 10.46744/ijard.v3i2.63 (n=24, phase angle=5.5±0.5° for boxers)
3. Barbosa-Silva, M. C. G., Barros, A. J. D., Wang, J., Heymsfield, S. B., & Pierson Jr, R. N. (2005). Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(1), 49–52. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.1.49>
4. Bigaard, J., Frederiksen, K., Tjønneland, A., Thomsen, B. L., Overvad, K., Heitmann, B. L., & Sørensen, T. I. A. (2004). Body Fat and Fat-Free Mass and All-Cause Mortality. *Obesity Research*, 12(7), 1042–1049. <https://doi.org/10.1038/oby.2004.131>.
5. Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R.-P., Later, W., Wiese, S., & Müller, M. J. (2006). Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 30(4), 309–316. <https://doi.org/10.1177/0148607106030004309>
6. Carlos-Vivas, J., Villa-González, E., Garrido-Chamorro, R. P., García-Ramos, A., & Calderón-Montero, F. J. (2021). Body composition, phase angle, and hydration status in male and female taekwondo athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2305. doi: 10.3390/ijerph18052305
7. Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The Molecular Bases of Training Adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737–763. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737090-00001>
8. Devries, M. C., Samjoo, I. A., Hamadeh, M. J., McCready, C., Raha, S., Watt, M. J., Steinberg, G. R., & Tarnopolsky, M. A. (2013). Endurance Training Modulates Intramyocellular Lipid Compartmentalization and Morphology in Skeletal Muscle of Lean and Obese Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 98(12), 4852–4862. <https://doi.org/10.1210/jc.2013-2044>
9. di Vincenzo, O., Marra, M., & Scalfi, L. (2019a). Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0319-2>

10. Drenowatz, C., Grieve, G. L., & DeMello, M. M. (2015). Change in energy expenditure and physical activity in response to aerobic and resistance exercise programs. *SpringerPlus*, 4(1), 798. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1594-2>
11. Dube, J., Broskey, Ni. T., Despines, A. A., Stefanovic-Racic, M., Toledo, F. G. S., Goodpaster, B. H., & Amati, F. (2016). Muscle Characteristics and Substrate Energetics in Lifelong Endurance Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(3). [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2016/03000/Muscle\\_Characteristics\\_and\\_Substrate\\_Energetics\\_in.17.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2016/03000/Muscle_Characteristics_and_Substrate_Energetics_in.17.aspx)
12. Freitas, A. A., & de Magalhães, J. P. (2011). A review and appraisal of the DNA damage theory of ageing. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 728(1), 12–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2011.05.001>
13. García, A., Sanchez-Oliver, A. J., Peinado, A. B., García-Ramos, A., & Calderón, F. J. (2020). Body composition and nutritional profile of male and female volleyball players. *Journal of Human Sport & Exercise*, 15(1), 137-147. doi: 10.14198/jhse.2020.151.14
14. Genton, L., Mareschal, J., Norman, K., Karsegard, V. L., Delsoglio, M., Pichard, C., Graf, C., & Herrmann, F. R. (2020). Association of phase angle and running performance. *Clinical Nutrition ESPEN*, 37, 65–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.03.020>
15. Gonzalez, M. C., Barbosa-Silva, T. G., Bielemann, R. M., Gallagher, D., & Heymsfield, S. B. (2016). Phase angle and its determinants in healthy subjects: influence of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(3), 712–716. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.116772>
16. Guiney, H., & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(1), 73–86. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0345-4>
17. Horowitz, J. F., & Klein, S. (2000). Lipid metabolism during endurance exercise. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2), 558S-563S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.2.558S>
18. Jensen, M. D. (2008). Role of Body Fat Distribution and the Metabolic Complications of Obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 93(11\_supplement\_1), s57–s63. <https://doi.org/10.1210/jc.2008-1585>
19. Kaya, Ö., Özkan, A., & Ertas, H. (2021). Evaluation of the body composition and the phase angle in elite young wrestlers. *Journal of Education and Training Studies*, 9(3), 99-106. doi: 10.11114/jets.v9i3.5539

20. Kushner, R. F. (1992). Bioelectrical Impedance Analysis: A Review of Principles and Applications. *Journal of the American College of Nutrition*, 11(2), 199–209. <https://doi.org/10.1080/07315724.1992.12098245>
21. Kushner, R. F., Gudivaka, R., & Schoeller, D. A. (1996). Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 423S–427S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.423S>
22. Kyle, U. G., Bosaeus, I., de Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J.-C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226–1243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
23. Marcora, S. M., & Bosio, A. (2007). Effect of exercise-induced muscle damage on endurance running performance in humans. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(6), 662–671. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00627.x>
24. Marini, E., Campa, F., Buffa, R., Stagi, S., Matias, C. N., Toselli, S., Sardinha, L. B., & Silva, A. M. (2020). Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clinical Nutrition*, 39(2), 447–454. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.02.016>
25. Marfell-Jones, M. J., Stewart, A. D., & de Ridder, J. H. (2006). International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, South Africa: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.
26. Marra, M., Sammarco, R., de Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., Donini, L. M., Santarpia, L., Cataldi, M., Pisanisi, F., & Contaldo, F. (2019). Assessment of Body Composition in Health and Disease Using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): A Critical Overview. *Contrast Media & Molecular Imaging*, 2019, 3548284. <https://doi.org/10.1155/2019/3548284>
27. Matias, C. N., Nunes, C. L., Francisco, S., Tomeleri, C. M., Cyrino, E. S., Sardinha, L. B., & Silva, A. M. (2020). Phase angle predicts physical function in older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 90, 104151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104151>
28. Matias, C. N., Santos, D. A., Monteiro, C. P., Silva, A. M., Martins, F., & Fields, D. A. (2019). Body composition and cardio-metabolic health in male football (soccer) players from 5 European countries. *PLoS ONE*, 14(2), e0211912. doi: 10.1371/journal.pone.0211912 (n=120, phase angle=6.2±0.7° for football players)



29. Mattiello, R., Amaral, M. A., Mundstock, E., & Ziegelmann, P. K. (2020). Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. *Clinical Nutrition*, 39(5), 1411–1417. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.07.004>
30. Micheli, M., Pagani, L., Marella, M., Gulisano, M., Piccoli, A., Angelini, F., Burtscher, M., & Gatterer, H. (2014). Bioimpedance and Impedance Vector Patterns as Predictors of League Level in Male Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9, 532–539. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0119>
31. Moflehi, D., Kok, L.-Y., Tengku-Kamalden, T.-F., & Amri, S. (2012). Effect of single-session aerobic exercise with varying intensities on lipid peroxidation and muscle-damage markers in sedentary males. *Global Journal of Health Science*, 4(4), 48–54. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v4n4p48>
32. Muscella, A., Stefàno, E., Lunetti, P., Capobianco, L., & Marsigliante, S. (2020). The Regulation of Fat Metabolism During Aerobic Exercise. *Biomolecules*, 10, 1699. <https://doi.org/10.3390/biom10121699>
33. Ottaviani, A. C., Souza-Junior, T. P., Cunha, P. M., Costa, E. C., & Silva, A. M. (2016). Body composition and phase angle by bioelectrical impedance vector analysis in male elite rugby union athletes. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 14(1), 15-19. doi: 10.1016/j.jesf.2016.04.002
34. Papacosta, E., Nassis, G. P., Gleeson, M., & Bishop, N. C. (2013). Elite football players exhibit unique characteristics of the muscle fibre type composition. *Journal of Sports Sciences*, 31(1), 74-78. doi: 10.1080/02640414.2012.717653 (n=12, phase angle=5.5±0.5° for football players)
35. Pirkmajer, S., & Chibalin, A. v. (2016). NO turns on Na,K-ATPase in skeletal muscle. *Acta Physiologica*, 216(4), 386–391. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/apha.12652>
36. Popovic, S., Djelic, M., Stojanovic, M., & Sindik, J. (2017). Body composition and phase angle differences between Serbian elite male water polo players and non-athletic controls. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1181. doi: 10.3390/ijerph14101181 (n=40, phase angle=7.8±0.8° for water polo players, 5.9±0.6° for controls)
37. Sardinha, L. B. (2018). Physiology of exercise and phase angle: another look at BIA. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72(9), 1323–1327. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0215-x>

38. Schoeler, D. A. (2000). Bioelectrical Impedance Analysis What Does It Measure? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 904(1), 159–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06441.x>
39. Willis, L. H., Slentz, C. A., Bateman, L. A., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W., Houmard, J. A., & Kraus, W. E. (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *Journal of Applied Physiology*, 113(12), 1831–1837. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01370.2011>
40. Winter, J. E., MacInnis, R. J., Wattanapenpaiboon, N., & Nowson, C. A. (2014). BMI and all-cause mortality in older adults: a meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 99(4), 875–890. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.068122>
41. Withers, R. T., LaForgia, J., Pillans, R. K., Shipp, N. J., Chatterton, B. E., Schultz, C. G., & Leaney, F. (1998). Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 85(1), 238–245. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.1.238>
42. Zs.-Nagy, I. (1978). A membrane hypothesis of aging. *Journal of Theoretical Biology*, 75(2), 189–195. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-5193\(78\)90230-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-5193(78)90230-8)