



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

«Διαφορές στις πελματικές πιέσεις και την ποδική καμάρα αθλητών»

Νικολάκαρος Βασίλειος

Εποπτεύουσα καθηγήτρια  
Άννα Χρηστάκου

Αίγιο  
2009

## Πρόλογος-Ευχαριστίες

Θεωρώ πολύ σημαντικό στο σημείο αυτό, να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες προς όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της πτυχιακής ερευνητικής αυτής εργασίας.

Προς την Σύμβουλο Καθηγήτρια μου Δρ. Άννα Χρηστάκου, Καθηγήτρια στο Α.Τ.Ε.Ι Πατρών, Παράρτημα Αιγίου και του ΤΕΦΑΑ Πανεπιστημίου Αθηνών, επιθυμώ να εκφράσω τις πιο θερμές ευχαριστίες μου με βαθιά εκτίμηση, αναγνώριση και αγάπη για τη βοήθεια και συμπαράσταση που μου παρείχε, χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Όλα τα τελευταία χρόνια των σπουδών μου, από την φοίτηση μου στο ΤΕΦΑΑ έως και την ολοκλήρωση των σπουδών μου στην Φυσικοθεραπεία, με καθοδήγησε με σύνεση και φαντασία, θέτοντας με συνεχώς μπροστά σε νέες προκλήσεις.

Εκφράζω τις θερμές ευχαριστίες μου προς τον κ. Νικόλαο Ρούσσο, Επιμελητής ΉΑ Φυσίατρος στο τμήμα Φυσικής Ιατρικής και αποκατάστασης του Γενικού Νοσοκομείου «Ασκληπιείο» Βούλας, ο οποίος ως υπεύθυνος του χώρου όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις άλλα και της χρήσης του πελματογράφου, υποστήριξε την προσπάθεια μου ηθικά και επιστημονικά προσφέροντας μου πολύτιμη βοήθεια. Επίσης, ευχαριστώ θερμά την κ. Βασιλική Μάνη, ειδικευόμενη ιατρός στο τμήμα Φυσικής Ιατρικής και αποκατάστασης του Γενικού Νοσοκομείου «Ασκληπιείο» Βούλας για την πολύτιμη βοήθεια στην καταγραφή των μετρήσεων.

Εκφράζω τις θερμές ευχαριστίες μου και το σεβασμό μου : στον δάσκαλο και συνάδελφο μου, κ. Νίκο Ηλιάδη, Ομοσπονδιακό προπονητή της Εθνικής Ομάδας του Τζούντο, τον κ. Χρήστο Κόλλια, τεχνικός σύμβουλος της Ελληνικής Ομοσπονδίας του Τζούντο, την κ. Λία Νικολάου, Ομοσπονδιακή προπονήτρια της Εθνικής ομάδας της Πάλης, γιατί χωρίς τη συμπαράσταση και βοήθεια τους στην ανεύρεση του δείγματος δεν θα ήταν δυνατόν να ολοκληρωθεί η μελέτη αυτή.

Εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου σε όλους τους δοκιμαζόμενους, που η προθυμία τους να συμμετέχουν στην εργασία και η αφοσίωση τους στις υποχρεώσεις αυτής ήταν αξιέπαινη. Χωρίς την δική τους συμμετοχή η πραγματοποίηση της εργασίας αυτής θα ήταν αδύνατη. Τους ευχαριστώ πολύ.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη στην οικογένεια μου που με αγάπη και κατανόηση υποστήριξαν την προσπάθεια μου όχι μόνο για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, αλλά και για όλα αυτά τα δέκα χρόνια μελέτης και σπουδών στο ΤΕΦΑΑ και την Φυσικοθεραπεία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

**Εισαγωγή:** Η αξονική διαφοροποίηση του άκρου πόδα και η διαφοροποίηση των στηρικτικών σημείων στήριξης της ποδικής καμάρας συμβάλλει στην αλλαγή της κινηματικής συμπεριφοράς και τοποθέτησή της στο χώρο. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση της επίδρασης της χρήσης του υποδήματος στα βιομηχανικά στοιχεία του άκρου πόδα (δείκτης ποδικής καμάρας, επιφάνεια επαφής πέλματος, κατανομή πελματικών φορτίων), κατά την διάρκεια της προπόνησης αθλητών υψηλού αγωνιστικού επιπέδου.

**Μέθοδος:** Η ηλικία των 30 δοκιμαζόμενων, προερχόμενοι από το τζούντο και την πάλη, ήταν τα 22.1 έτη ( $SD = 4.16$ ) με προπονητική και αγωνιστική εμπειρία τα 10.76 έτη ( $SD= 3.95$ ) και 7.23 έτη, αντίστοιχα ( $SD= 3.90$ ). Ο δείκτης μάζας σώματος τους κυμαινόταν από 20.20 έως 29.16 ( $M=24.70$ ,  $SD=2.46$ ). Οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν στην (α) καταγραφή του αποτυπώματος της γυμνής ποδικής καμάρας με την μέθοδο της πλανογραφίας και (β) στην εκτέλεση τριών στατικών πελματογραφήματων με την ηλεκτρονική συσκευή Modular Eletrinic Baropodmeter 120, Physical Support Italy. Η αξιολόγηση του αποτυπώματος έγινε με την μέθοδο περιγραφής του Staheli, ενώ για την ανάλυση των πελματικών πιέσεων χρησιμοποιήθηκε το software Physisal Gat 2.65. Η στατιστική επεξεργασία περιλάμβανε μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις, καθώς και έλεγχος  $t$ -test για την εξέταση των διαφορών μεταξύ των αθλητών της πάλης και του τζούντο.

**Αποτελέσματα:** Οι αθλητές της πάλης εμφανίζουν έναν χαμηλότερο δείκτη ποδικής καμάρας ( $P.I=0.79$ ) από αυτούς του τζούντο ( $P.I=0.87$ ), ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στο ποσοστό (%) φόρτισης του πρόσθιου τμήματος του πόδα (forefoot). Σημαντική διαφορά αναφέρεται στην επιφάνεια επαφής του πέλματος με το έδαφος ( $p < 0.05$ ) και των πελματικών πιέσεων ( $p < 0.01$ ) που αναπτύσσονται σε επιμέρους τμήματα του πέλματος.

**Συμπεράσματα:** Οι ξυπόλυτοι αθλητές του τζούντο, με μακροχρόνια προπονητική εμπειρία και σε συνδυασμό με την μικρή ηλικία έναρξης του αθλήματος, πιθανόν εμφανίζουν μια τάση αποπλάτυνσης της ποδικής καμάρας και του πρόσθιου πόδα Αυτό συντελεί σε μια μεγαλύτερη πελματική επιφάνεια επαφής με το έδαφος και κατά αυτόν τον τρόπο δικαιολογείται η μειωμένη πελματική πίεση των επιμέρους τμημάτων του πέλματος, αφού τα πελματικά φορτία διανέμονται σε μεγαλύτερη, πλατύτερη περιοχή πέλματος. Σε σύγκριση με τους αθλητές της πάλης μια πιθανή ερμηνεία των αποτελεσμάτων φαίνεται να είναι η χρήση ή μη του υποδήματος κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων. Τέλος, τα αποτελέσματα αυτά κρίνονται ιδιαίτερα ενδιαφέροντα διότι μπορούν να συμβάλουν στην τυχόν πρόληψη τραυματισμών του κάτω άκρου.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	8
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Α" .....	8
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Β".....	8
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>9</b>
1.1 Ορισμός του προβλήματος .....	11
1.2 Σημασία της έρευνας .....	11
1.3 Ερευνητικές ερωτήσεις .....	13
1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας .....	13
1.5 Διευκρίνιση όρων .....	14
<b>2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....</b>	<b>16</b>
2.1 Εξέταση της Ποδική καμάρα.....	17
2.2 Κατανομή φορτίων και στατικές παραμορφώσεις.....	20
2.3 Αρχιτεκτονική ισορροπία του ποδιού.....	22
2.4 Εμφάνιση αθλητικού τραυματισμού εξαιτίας της μορφολογίας της ποδικής καμάρας.....	23
2.5 Εξέταση των πελματικών πιέσεων σε αθλητές.....	26
2.6 Σχέση σωματικού βάρους και επιμήκης ποδική καμάρα (ΕΠΚ).....	28
2.7 Σχέση μεταξύ υποδήματος και πελματικών αλλαγών .....	28
2.8.Είδη πελματογράφων (αισθητήρες διαμόρφωσης).....	30
2.9 Ανακεφαλαίωση βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	32
<b>3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....</b>	<b>33</b>
3.1 Δείγμα.....	34
3.2 Μέσα συλλογής δεδομένων.....	34
3.2.1 Απλός τύπος πελματογράφου (πλαντογράφος).....	35
3.2.2 Ηλεκτρονικός πελματογράφος.....	35
3.2.3 Αναστημόμετρο.....	39
3.2.4 Μέτρηση του σωματικού βάρους.....	39
3.2.5 Έντυπο πληροφόρησης χαρακτηριστικών δείγματος.....	39
3.3 Διαδικασία της έρευνας.....	39
3.4 Στατιστικές αναλύσεις.....	43
<b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>44</b>
4.1 Περιγραφική στατιστική χαρακτηριστικών του δείγματος .....	45
4.2 Σύγκριση μεταβλητών μεταξύ ομάδων έρευνας.....	47

<b>5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	50
5.1 Σκοπός της μελέτης.....	51
5.2 Σύγκριση μεταξύ αθλητών του τζούντο και της πάλης ως προς τον δείκτη της ποδική καμάρας (α΄ ερευνητικό ερώτημα).....	51
5.3 Σύγκριση μεταξύ αθλητών του τζούντο και της πάλης ως προς τα πελματικά φορτία της πρόσθιας και οπίσθιας επιφάνειας φόρτισης και της συνολική επιφάνεια πέλματος (β΄ και γ΄ ερευνητικό ερώτημα).....	55
5.4 Σύγκριση μεταξύ αθλητών του τζούντο και της πάλης ως προς την μέση πίεση τμημάτων του πέλματος (δ΄ ερευνητικό ερώτημα).....	57
5.5 Η επίδραση του υποδήματος στην μορφολογία του πέλματος.....	59
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	60
6.1 Ερευνητικά συμπεράσματα.....	61
6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	62
<b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	63
<b>8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	

<b>Σχήμα 5.1.</b> Μέσες τιμές ( <i>M</i> ) και τυπικές αποκλίσεις ( <i>SD</i> ) του δείκτη της επιμήκης ποδικής καμάρας στην πάλη και το τζούντο.....	52
<b>Σχήμα 5.2.</b> Ποσοστά αθλητών τζούντο και πάλης με τάση κοιλοποδίας (χαμηλός ΔΠΚ), τάση πλατυποδίας (υψηλός ΔΠΚ) και φυσιολογικές τιμές εγκάρσια ποδική καμάρα.....	53
<b>Σχήμα 5.3.</b> Μέσες τιμές ( <i>M</i> ) και τυπικές αποκλίσεις ( <i>SD</i> ) του δεξιού πρόσθιου τμήματος ( <i>forefoot</i> ) του πέλματος και του συνολικού δεξιού πέλματος στο τζούντο και στην πάλη (τιμές σε $cm^2$ ).....	56
<b>Σχήμα 5.4.</b> Μέσες τιμές ( <i>M</i> ) της πίεσης σε επιμέρους τμήματα της πελματιαίας επιφάνειας μεταξύ τζούντο και πάλης (μοβ= παλαιστές ,μπλε= αθλητές τζούντο.....)	58

<b>Εικόνα 2.1:</b> (α) Απεικόνιση των τριών στηρικτικών σημείων στήριξης της ποδικής καμάρας, (β) Οβελιαία απεικόνιση της ποδικής καμάρας.....	18
<b>Εικόνα 2.2:</b> Οστικές δοκίδες των οστών του άκρου πόδα.....	19
<b>Εικόνα 2.3:</b> Άξονες συστροφής της βλαιοπλατυποδία.....	22
<b>Εικόνα 3.1:</b> Απλός τύπου πελματογράφος (πλαντογράφος).....	35
<b>Εικόνα 3.2:</b> Στατική καταγραφή πελματικών πιέσεων.....	36
<b>Εικόνα 3.3.:</b> (α): «τεχνικό δέρμα». Λάστιχο όπου μεταβιβάζεται η πελματική πίεση στους αισθητήρες. (β): χιλιάδες ανθεκτικοί αισθητήρες που καλύπτουν την ψηφιακή Πλατφόρμα. Οι αισθητήρες καλύπτονται από το «τεχνικό δέρμα».....	37
<b>Εικόνα 3.4.:</b> Τμηματική διαίρεση του πέλματος μέσω της λειτουργίας «center of gravity geometry static» του πελματογράφου.....	38
<b>Εικόνα 3.5:</b> Χρωματική κλίμακα εφαρμογής φορτίου.....	38
<b>Εικόνα 3.6:</b> Πελματικό αποτύπωμα (footprint). Μέθοδος υπολογισμού του δείκτη της ποδικής καμάρας (P.I).....	41
<b>Εικόνα 3.7:</b> Διαδικασία καταγραφής πελματικών πιέσεων με το στατικό πελματογράφημα.....	42

<b>Πίνακας 4.1.</b> Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις δημογραφικών χαρακτηριστικών της ομάδας του τζούντο και της ομάδας της πάλης.....	45
<b>Πίνακας 4.2.</b> Απλή συχνοτική κατανομή των μεταβλητών «παράπονα για ενόχληση/πόνος στο πέλμα» και «δραστηριότητα εμφάνισης του πόνου» στο σύνολο του δείγματος.....	46
<b>Πίνακας 4.3.</b> Απλή συχνοτική κατανομή πέλματος με ενόχληση/πόνος και κυριαρχίας κάτω άκρου στην ομάδα του τζούντο και στην ομάδα της πάλης.....	46
<b>Πίνακας 4.4.</b> Έλεγχος κανονικότητας των μεταβλητών στους αθλητές τζούντο και πάλης.....	47
<b>Πίνακας 4.5.</b> Περιγραφική στατιστική και διαφορές στις φορτίσεις, στην επιφάνεια πέλματος και στο δείκτη ποδικής καμάρας μεταξύ της ομάδας τζούντο και ομάδας της πάλης.....	48
<b>Πίνακας 4.6.</b> Περιγραφική στατιστική και διαφορές πελματικών πιέσεων και δείκτη ποδικής καμάρας στην ομάδα του τζούντο και στην ομάδα της πάλης.....	49

#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Α"

**A1:** Έντυπο ενημέρωσης-συναίνεσης υποψηφίου εθελοντή.

**A2:** Ατομική καρτέλα αθλητή.

#### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ "Β"

**B1:** Σχηματική απεικόνιση της ανάλυσης του πλαντογραφήματος με το υπολογισμό του Δείκτη Καμάρας.

**B2:** Μέση στατική ανάλυση τριών πελματογραφημάτων.

**B3:** Γεωμετρική στατική ανάλυση πελματικών πιέσεων και επιφάνειας επαφής πέλματος.

**B4:** Ανάλυση στατικού πελματογραφήματος – Αναφορά πελματικών πιέσεων.



# **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο αριθμός των ατόμων που ασχολούνται με τον αθλητισμό έχει αυξηθεί σημαντικά. Ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός αθλητικών δραστηριοτήτων επιφέρει αύξηση επιβαρύνσεων και φορτίων στον άκρο πόδα και στο πέλμα, τα οποία πιθανόν οδηγούν σε αύξηση τραυματισμών. Τα αίτια των αθλητικών τραυματισμών του άκρου πόδα και πέλματος πιθανόν είναι η έλλειψη φυσικής κατάστασης, η κακή τεχνική, οι συνθήκες περιβάλλοντος, οι βιολογικές μυοσκελετικές παραμορφώσεις (Cowan, Jones & Rabinson, 1993; Ford, Manson & Evans, 2006). Αυτή, η εμφάνιση συμπτωμάτων πόνου για έναν αθλητή έχει σαν συνέπεια τη μειωμένη αθλητική απόδοση.

Ο άκρος πόδας αποτελεί ένα από τα λειτουργικά τμήματα του κάτω άκρου του ανθρώπινου σώματος. Η σχέση μεταξύ της μορφολογίας του άκρου πόδα και της εμφάνισης τραυματισμών παραμένει αμφισβητούμενη (Williams & McClay, 2000; Cowan et al., 1993). Ο χρόνος έναρξης της προπόνησης των αθλητών είναι η μικρή ηλικία, με αποτέλεσμα αυτές οι προπονητικές επιβαρύνσεις να δημιουργούν ανάλογες προσαρμογές σε ένα ανώριμο μυοσκελετικό σύστημα, δηλαδή ανάλογες βιολογικές παραμορφώσεις σε όλα τα υλικά του σώματος (Aydog, Tetik, Demirel & Dora, 2005). Η επαναλαμβανόμενη υπερφόρτωση δημιουργεί ανάλογες προσαρμογές στα μαλακά μόρια, για παράδειγμα, στους αθλητές του τζούντο υπάρχει άμεση σχέση του μη συγκεκριμένου πόνου χαμηλά στην οπίσθια επιφάνεια του κορμού με ανατομικές αλλαγές και παρεκκλίσεις στην οσφυϊκή περιοχή εξαιτίας συνεχών και επαναλαμβανόμενων ρίψεων του αντιπάλου (οι ρίψεις επιτυγχάνονταν μέσω της πυέλου) (Okada, Nakazato & Iwaik, 2007). Η εξειδίκευση στην προπόνηση και οι επαναλαμβανόμενες κινήσεις κατά τη διάρκεια της προπόνησης επιδρούν τόσο στην ποδική καμάρα όσο και στις εδαφικές πιέσεις που δέχεται ο αθλητικός άκρος πόδας (Aydog et al., 2005; Gurney, Kersting & Rosenbaum, 2009; Squadrone & Gallozzi, 2009). Έρευνα έδειξε μια αυξανόμενη τάση για πλατυποδία σε δρομείς και αθλητές του αλπικού σκι και μια μη φυσιολογική εγκάρσια αψίδα του άκρου πόδα σε αθλητές ποδοσφαίρου και αντισφαίρισης (Aydog et al., 2005).

Η φυσική και μορφολογική κατάσταση του άκρου πόδα έχει μελετηθεί τα τελευταία χρόνια (Williams et al., 2000). Αναλυτικές πληροφορίες με υψηλή ακρίβεια καταγράφονται με τη χρήση εξειδικευμένων ηλεκτρικών συστημάτων, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα ανάλυσης των πελματικών πιέσεων σε όρθια στάση και σε βηματισμό. Σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις, όπως στο διαβητικό πόδι ή στη ρευματοειδή αρθρίτιδα, οι πιέσεις κατανομής στο πέλμα έχουν μελετηθεί σε αντίθεση με τον αθλητικό άκρο πόδα, που η βιβλιογραφία είναι σημαντικά περιορισμένη.

Παρόλο που η μέγιστη πίεση στο πέλμα εμφανίζεται φυσιολογικά σε μια ιδιαίτερη περιοχή της πτέρνας, δεν συνεπάγεται ότι το μέγεθος αυτού του φορτίου παρατηρείται σε ολόκληρο το πέλμα. Η δράση των τενόντων και η δομή των συνδέσμων προκαλεί δυνάμεις που ενεργούν σε συγκεκριμένες περιοχές του άκρου πόδα, που όμως επηρεάζουν ευρύτερα την μορφολογία του πέλματος σε αντίθεση με την πίεση που επιδρά σε ένα μόνο σημείο. Συνεπώς, το πέλμα απαιτείται να λαμβάνεται ως το σύνολο μιας ευρύτερης κινηματικής και κινητικής αλυσίδας του κάτω άκρου κατά την κλινική εξέταση (Hayafune, Hayafune & Jacob, 1999).

Η μορφολογία του πέλματος μπορεί να διαφοροποιηθεί από εσωτερικούς (εμβιομηχανικές παρεκκλίσεις, παθήσεις όπως διαβήτης, ρευματοειδή αρθρίτιδα, κ.ά) και εξωτερικούς παράγοντες με κυριότερο, το υπόδημα. Το είδος κατασκευής του υποδήματος έχει άμεση επίπτωση στα χαρακτηριστικά της κατανομής και της διανομής των φορτίων στο πέλμα (Nyska, McCabe & Linqek, 1996). Η αύξηση του ύψους της πτέρνας σε ένα υπόδημα συμβάλλει σε απόκλιση του προτύπου της πρόσθιας φόρτισης, και αποτελεί αυτή η αύξηση αποτελεί παράγοντα υπερφόρτωσης της πρώτης φάλαγγας των μεταταρσίων (Corrigan, Moore & Stephens, 1993; Rosenbaum & Becker, 1997). Οι Hennig και Milani (1995) μελέτησαν δεκαεννέα μοντέλα παπουτσιών για δρομείς και διαπίστωσαν ότι σε υποδήματα με παρόμοια χαρακτηριστικά υπήρξε διαφορά στην κατανομή και διανομή πίεσης στο πέλμα.

### **1.1. Ορισμός του προβλήματος**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εξέταση των διαφορών της ποδικής καμάρας και των φορτίων διανομής πίεσης στο πέλμα μεταξύ αθλητών της πάλης και του τζούντο. Τα δύο αυτά αθλήματα διαφέρουν ως προς τη χρήση του αθλητικού υποδήματος. Οι αθλητές της πάλης φορούν αθλητικό υπόδημα εν αντιθέση με τους αθλητές του τζούντο. Συγκεκριμένα, θα πραγματοποιηθούν συγκρίσεις μεταξύ των δύο διαφορετικών αθλημάτων ως προς τις μορφολογικές αποκλίσεις της ποδικής καμάρας και των εδαφικών πιέσεων του πέλματος κατά τη φυσιολογική όρθια θέση.

### **1.2. Σημασία της έρευνας**

Στο φυσιολογικό κύκλο της βάρδισης, το κάτω άκρο λειτουργεί ως μέσο για τη μεταφορά δυνάμεων από τον κορμό προς το έδαφος, αλλά και για την απορρόφηση των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους προς το κορμό. Η σημαντικότερη ανατομική δομή για την

ομοιόμορφη κατανομή των δυνάμεων αυτών είναι η ποδική καμάρα (Ogon, Aleksiev & Pope, 1999). Η αρχιτεκτονική αυτή κατασκευή διατηρεί το σχήμα της μέσω παθητικών και δυναμικών σταθεροποιών στοιχείων, όπως το γεωμετρικό σχήμα των οστών και οι συνδεσμικές κατασκευές, με σημαντικότερες την πελματιαία απονεύρωση και τον πελματιαίο περνοσκαφοειδή σύνδεσμο (Σασσάνης., Τεντζεράκης & Μπλήρη, 2005).

Οι μετρήσεις πιέσεων του πέλματος έχουν μεγάλη χρηστική σημασία κατά την διαδικασία της ορθοστάτισης και της βάρδισης για την αξιολόγηση της λειτουργίας του κάτω άκρου (Gurnry, Kersting & Rosenbaum 2008). Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, η δράση είναι ίση με την αντίδραση. Κατά τη βάρδιση, οι δυνάμεις αντίδρασης μεταφέρονται από το έδαφος στο σώμα. Οι μετρήσεις αυτών των δυνάμεων επαφής πιθανόν είναι χρήσιμες για την αξιολόγηση των εξωτερικών φορτίων πίεσης, τα οποία υπάρχουν κατά την ορθοστάτιση, τη βάρδιση, αλλά και στην εκτέλεση δύσκολων και σύνθετων κινήσεων του αθλητισμού. Τα φορτία αυτά μελετώνται με τη βοήθεια ενός αντικειμενικού οργάνου μέτρησης, του πελματογράφου. Κλινικά κρίνεται απαραίτητη η σύγκριση φορτίων του πέλματος μεταξύ τραυματισμένων και μη τραυματισμένων αθλητών και μη αθλητών, (Rosenbaum et. al., 1997)

Ως εκ τούτου, ο άκρος πόδας συμβάλλει στην κατανόηση του μηχανισμού τόσο της όρθιας θέσης όσο και της βάρδισης. Αλλαγή στη μορφολογία και λειτουργία του άκρου πόδα έχει δυσμενείς επιπτώσεις στη φυσιολογική λειτουργία του αστραγάλου, του γόνατος, του ισχίου ακόμα και της οπίσθιας επιφάνειας του κορμού. Η αλλαγή αυτή πιθανόν οδηγεί σε τραυματισμό, ιδιαίτερα, σε αθλητές που τα επαναλαμβανόμενα καθημερινά φορτία είναι ικανά να τροποποιήσουν τη μορφολογία των ιστών. Η διατήρηση της σωστής ποδικής καμάρας θα επιτρέψει τη φυσιολογική φόρτιση και μορφολογία του πέλματος (Rosenbaum et al., 1997)

Περιορισμένη έρευνα έχει πραγματοποιηθεί στη σχέση πέλματος – φόρτισης στον αθλητισμό, συγκεκριμένα, σχετικά με τη μελέτη της ποδικής καμάρας και των εδαφικών πιέσεων που αναπτύσσονται στο πέλμα των αθλητών (Aydog et al., 2005, Gurnry et. al., 2009). Έρευνες έδειξαν την άμεση επίδραση των εδαφικών φορτίσεων στη μορφολογία του πέλματος των αθλητών (Kulthanan, Techakampuch & Bed, 2004: Squadroe et. al., 2009). Όμως, αυτές χρησιμοποιούν κυρίως δείγματα δρομέων αθλητών. Ως εκ τούτου, απαιτείται η πραγματοποίηση ερευνών με χρήση διαφορετικών αθλητικών δειγμάτων, για παράδειγμα αθλημάτων πολεμικών τεχνών, όπως τζούντο και πάλη. Ο αθλητής του τζούντο εξαιτίας της παρατεταμένης χαμηλής αμυντικής στάσης κάμπτει τα γόνατα περίπου στις 30°, έχοντας το ένα κάτω άκρο μπροστά, καθώς επίσης κάμπτει και τον κορμό του. Αυτό οδηγεί σε μια

μετατόπιση του κέντρου βάρους του χαμηλότερα και μπροστά, με αποτέλεσμα να στηρίζεται στα μετατόρσια και όχι σε ολόκληρο το πέλμα. Αυτό του δίνει την δυνατότητα της γρήγορης μετακίνησης μέσα στον αγωνιστικό χώρο (Harrington, 2002). Παρόμοια κατάσταση υπάρχει και στους αθλητές της πάλης. Τα δύο αυτά αθλήματα έχουν παρόμοιο προπονητικό και αγωνιστικό προφίλ, με μια όμως σημαντική διαφορά, αυτής της χρήσης του αθλητικού υποδήματος. Η τυχόν μορφολογική διαφοροποίηση του άκρου πόδα από τη χρήση ή μη του υποδήματος θα συνεπάγεται αύξηση της γνώσης της πρόληψης τραυματισμών του άκρου πόδα από τους προπονητές, τους φυσικοθεραπευτές και τους αθλίατρος.

### **1.3. Ερευνητικά ερωτήματα**

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης διατυπώθηκαν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

1. Η ποδική καμάρα των αθλητών της πάλης ή των αθλητών του τζούντο είναι υψηλότερη στην όρθια θέση;
2. Το ποσοστό (%) φόρτισης του πρόσθιου και οπίσθιου πέλματος των αθλητών του τζούντο ή των αθλητών της πάλης είναι μεγαλύτερη στην όρθια θέση;
3. Η συνολική επιφάνεια επαφής και στήριξης του πέλματος είναι μεγαλύτερη στους αθλητές του τζούντο ή στους αθλητές της πάλης;
4. Η μέση πίεση σε επιμέρους τμήματα του πέλματος (1<sup>ο</sup>-2<sup>ο</sup> μετατόρσιο, 3<sup>ο</sup>-5<sup>ο</sup> μετατόρσιο, ισθμός, καμάρα, έσω πτέρνα, έξω πτέρνα) είναι μεγαλύτερη στους αθλητές του τζούντο ή στους αθλητές της πάλης;

### **1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας**

Οι οριοθετήσεις και οι περιορισμοί της έρευνας είναι:

1. Τα ευρήματα της έρευνας αναφέρονται μόνο σε αθλητές του τζούντο και της πάλης, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα γενίκευσης σε αθλητές άλλων πολεμικών τεχνών.
2. Το δείγμα περιλαμβάνει άτομα υψηλού αγωνιστικού επιπέδου με προπονητική εμπειρία τουλάχιστον πέντε ετών.
3. Το δείγμα προέρχεται από τις εθνικές ομάδες του τζούντο και της πάλης.
4. Το δείγμα αποτελείται μόνο από άντρες αθλητές, ηλικίας 15 έως 31 ετών.

## 1.5. Διευκρίνιση όρων

### **Μονάδες μέτρησης πελματικών πιέσεων:**

(α) Δύναμη επιφάνειας επαφής είναι το ολικό φορτίο που εφαρμόζεται στην πελματιαία επιφάνεια του άκρου πόδα υπό την αντίσταση της επιφάνειας που υποστηρίζει τον άκρο πόδα (μονάδα μέτρησης είναι το Newton) (Rosenbaum et al., 1997)

(β) Πίεση είναι το ποσό της δύναμης που εφαρμόζεται σε συγκεκριμένη επιφάνεια επαφής ( $\text{Nm}^{-2}$  ή Pascal). Πίεση= δύναμη/ επιφάνεια ( $\text{cm}^2$ )( $1\text{Ncm}^{-2}= 10\text{kPa}$ ) (Rosenbaum et al., 1997)

**Οπίσθιο τμήμα του πέλματος (Rearfoot):** Περιλαμβάνει τον αστράγαλο, την πτέρνα και τους γύρω μαλακούς ιστούς (Buchanan & Davis, 2005).

**Πελματογράφημα:** Μία μέθοδος καταγραφής και μελέτης των πιέσεων και δυνάμεων που ασκούνται στην πελματιαία επιφάνεια του άκρου πόδα με χιλιάδες αισθητήρες κατανομής πιέσεων, από το υπερκείμενο βάρος του σώματος (Rosenbaum et al., 1997).

**Πελματογράφημα δυναμικό:** Κατανομή των δυνάμεων στην πελματιαία επιφάνεια του άκρου δυνάμεων και πιέσεων που δημιουργούνται σ' αυτή κατά τη βάδιση (Rosenbaum et al., 1997.)

**Πελματογράφημα στατικό:** Κατανομή των δυνάμεων αυτών κατά την φυσιολογική όρθια στάση (Rosenbaum et al., 1997).

**Πλαντογραφία:** Η διαδικασία καταγραφής του αποτυπώματος της επιφάνειας των πελμάτων από στατική ή δυναμική θέση με την ισομερή μεταφορά του ΣΒ στα πόδια, κατά την οποία η πελματιαία επιφάνεια καλύπτεται με τυπογραφικό μελάνι και το σχήμα της αποτυπώνεται πάνω σε χάρτινο υλικό υψηλής απορροφητικότητας, που είναι τοποθετημένο σε ειδικά κατασκευασμένη επιφάνεια στήριξης (Cavanagh & Rodgers, 1987).

**Πλατυποδία:** Είναι η ελάττωση ή/και η εξάλειψη της ποδικής καμάρας με σύγχρονη βλαιοποδία της πτέρνης, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του πέλματος με όλο το βάρος του σώματος. Η κίνηση μπορεί να προκαλέσει την πίεση ή τον ερεθισμό κατά μήκος των πελμάτων, κόπωση στη βάδιση, πόνο στις πτέρνες και στις ποδικές καμάρες, πόνο χαμηλά οπίσθια από το γόνατο και σε μια γενικότερη καταπόνηση του ασθενή, (Karanji, 2000).

**Ποδική καμάρα:** Αρχιτεκτονική δομή, η οποία εμπλέκει στοιχεία του άκρου πόδα, όπως αρθρώσεις, σύνδεσμοι, μύες, σε ένα σύστημα. Η αλλαγή της καμπυλότητας και της ελαστικότητάς της μπορεί να την προσαρμόζει σε ανωμαλίες του εδάφους και να μεταφέρει στο έδαφος δυνάμεις, οι οποίες ασκούνται από το βάρος του σώματος. Ενεργεί σαν ένας απορροφητής κραδασμών (Karanji, 2000).

**Πρόσθιο τμήμα του πέλματος (Forefoot):** Περιλαμβάνει τα πέντε δάκτυλα, τις μεσοφαλαγγικές και μεταταρσοφαλαγγικές αρθρώσεις και τους γύρω μαλακούς ιστούς (Buchanan & Davis, 2005).

**Στατική ισορροπία:** Ικανότητα διατήρησης του κέντρου βάρους του σώματος μέσα τη βάση στήριξης που οριοθετείται από την επιφάνεια στήριξης κατά την όρθια στάση. Η πληροφόρηση του σωματοαισθητικού, του οπτικού και αιθουσαίου συστήματος συμβάλλουν στη διατήρηση αυτής (Vande, Sherman, Luciano & Τσακόπουλος, 2001).

**Υπερβολική Ανύψωση Ποδικής Καμάρας (Κοιλοποδία:)** Είναι μια ψηλά σχηματισμένη αψίδα του ποδιού. Αυτός ο τύπος ποδιού έχει την ποδική καμάρα αρκετά παραπάνω από το φυσιολογικό καμάρα. Επειδή η αψίδα δεν μπορεί να ισιώσει δεν είναι αποτελεσματική η απορρόφηση της ταλάντωσης του διασκελισμού. Κατά συνέπεια, το βάρος του σώματος κατά τη διάρκεια της βάδισης πέφτει μόνο στη πτέρνα και μπροστά στις βάσεις του μεταταρσίου (Karapji, 2000).

## **2.ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ**



Στο κεφάλαιο της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας περιγράφονται εκείνα τα εμβιομηχανικά στοιχεία που καθιστούν τον άκρο πόδα σημαντικό για τη λειτουργική ανθρώπινη κίνηση. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στη σπουδαιότητα της ποδικής καμάρας και των πελματικών φορτίων, καθώς και των αλλαγών που εμφανίζονται από τη χρήση διαφορετικού τύπου υποδήματος στο χώρο του αθλητισμού. Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι η πλήρης αναφορά των ερευνητικών αποτελεσμάτων σχετικά με την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του πέλματος και να διαπιστωθούν τυχόν περιορισμούς των ερευνών αυτών.

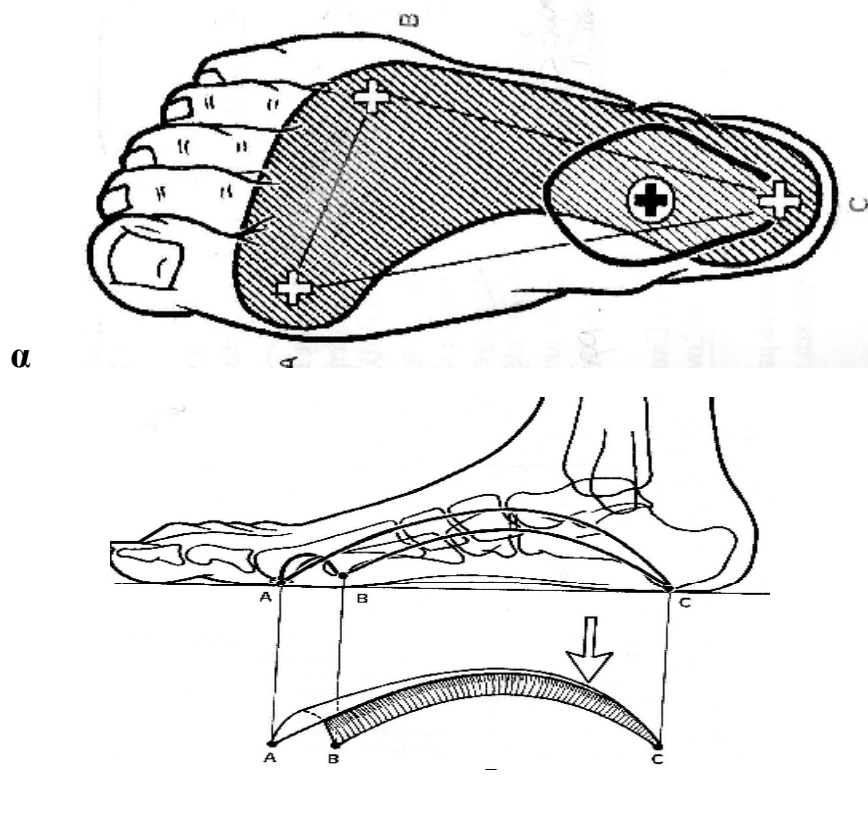
## **2.1 Εξέταση της ποδικής καμάρας**

Οι αρθρώσεις του άκρου πόδα είναι πολλές και περίπλοκες και διακρίνονται σε δυο κύριες ομάδες, στις μεσοτάρσιες και τις ταρσομετατάρσιες. Αυτές οι αρθρώσεις έχουν διπλή λειτουργία: (α) προσανατολίζουν τον άκρο πόδα στο χώρο. Η ποδοκνημική ελέγχει τις κινήσεις του άκρου πόδα στο οβελιαίο επίπεδο, με τέτοιο τρόπο ώστε το πέλμα να μπορεί να εφάπτεται στο έδαφος σε οποιαδήποτε θέση τη κνήμης και σε οποιαδήποτε κλίση του εδάφους., (β) μεταβάλλουν το σχήμα και την καμπυλότητα των καμάρων του άκρου πόδα ώστε να μπορεί να εφάπτεται στις ανωμαλίες του εδάφους. Συνεπώς, αυτές οι αρθρώσεις (η υπαστραγαλική, η μεσοτάρσια, η ταρσομετατάρσια, η σκαφοκυβοειδής, η σκαφοσφηνοειδή) έχουν σημαντικό ρόλο στον άκρο πόδα (Karanji, 2000).

Η ποδική καμάρα έχει εξίσου πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργικότητα του άκρου πόδα. Η ποδική καμάρα είναι μια αρχιτεκτονική δομή, η οποία εμπλέκει όλα τα στοιχεία του άκρου πόδα -αρθρώσεις, συνδέσμους, μύες- σε ένα σύστημα. Εξαιτίας των αλλαγών της καμπυλότητας και της ελαστικότητας της καμάρας, αυτή μπορεί να προσαρμόζεται από μόνη της στις ανωμαλίες του εδάφους και να μεταφέρει στο έδαφος τις δυνάμεις, οι οποίες ασκούνται από το βάρος του σώματος και τις κινήσεις της. Αυτό επιτυγχάνεται με το καλύτερο μηχανικό πλεονέκτημα κάτω από τις πιο ποικίλες συνθήκες. Η ποδική καμάρα ενεργεί σαν ένας απορροφητής των κραδασμών, γεγονός ουσιώδες για την ελαστικότητα της βάδισης. Κάθε παθολογική κατάσταση, η οποία αυξάνει ή μειώνει τις καμπυλότητές της, εμπλέκεται σοβαρά στην υποστήριξη του σώματος στο έδαφος και ιδιαίτερα στις έντονες λειτουργικές δραστηριότητες, όπως τρέξιμο, γρήγορο βάδισμα αλλά και στη διατήρηση της όρθιας θέσης.

Το πέλμα διακρίνεται στις εξής καμάρες, (α) έσω-έξω ποδική καμάρα, (β) εγκάρσια ποδική καμάρα και (γ) στη φαλαγγική (Karanji,2000). Η εγκάρσια ποδική καμάρα περιλαμβάνει τρία τόξα και τρία σημεία στήριξης, κατά τέτοιον τρόπο που η δομή του είναι

συγκρίσιμη με αυτή του ισόπλευρου τριγώνου. Τα σημεία στήριξης βρίσκονται μέσα στη ζώνη επαφής με το έδαφος (διαγραμμισμένο) (Εικόνα 2.1α) και αποτελούνται από την κεφαλή του πρώτου μεταταρσίου (A), την κεφαλή του πέμπτου μεταταρσίου (B) και το οπίσθιο έσω και έξω φύμα της πτέρνας (C). Κάθε σημείο στήριξης στηρίζει δύο γειτονικά τόξα (Karanjι,2000).

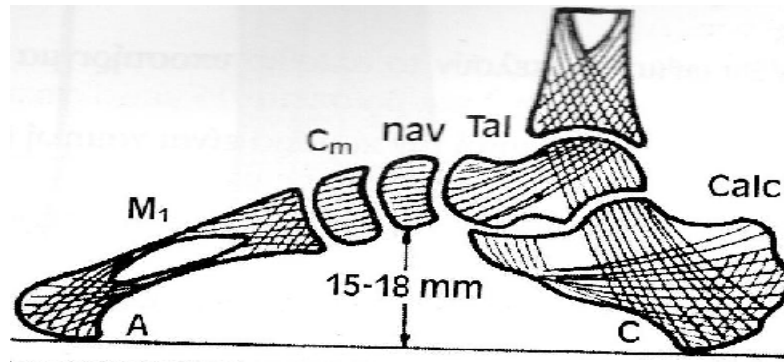


**Εικόνα 2.1:** (α) Απεικόνιση των τριών στηρικτικών σημείων στήριξης της ποδικής καμάρας, (β) Οβελιαία απεικόνιση της ποδικής καμάρας. (Πηγή: Karanjι, 2000 )

Μεταξύ των δυο πρόσθιων σημείων στήριξης A και B βρίσκεται η πρόσθια καμάρα, το πιο βραχύ και το πιο χαμηλό σημείο στήριξης. Η έξω ποδική καμάρα βρίσκεται ανάμεσα στα δύο έξω σημεία στήριξης B και C και είναι ενδιάμεσου μήκους και ύψους. Ανάμεσα στα δυο έσω σημεία στήριξης C και A βρίσκεται η έσω ποδική καμάρα, το μακρύτερο και υψηλότερο σημείο καθώς και το πιο σημαντικό από τα τρία κατά την στατική υποστήριξη του σώματος, αλλά και κατά την κίνηση.

Το σχήμα της ποδικής καμάρας (Εικόνα 2.1β) προσομοιάζει σε αυτό ενός ιστίου φουσκωμένου από τον άνεμο. Η κορυφή του εμφανώς παρεκτοπίζεται προς τα οπίσθια και το βάρος του σώματος εφαρμόζεται στην οπίσθια πλευρά του (βέλος) σε ένα συγκεκριμένο σημείο, στο μαύρο σταυρός (Εικόνα 2.1α) ευρισκόμενο στο κέντρο του έσω χείλους του άκρου πόδα (Karanjι,2000).

Ανάμεσα στο πρόσθιο (A) και στο οπίσθιο (C) σημείο στήριξης, η έσω ποδική καμάρα περιλαμβάνει πέντε οστά (1<sup>ο</sup> μετατάρσιο, έσω σφηνοειδές, σκαφοειδές, αστράγαλο και πτέρνα). Η μετάδοση των μηχανικών δυνάμεων αντικατοπτρίζεται στη διεύθυνση των οστικών δοκίδων (Εικόνα 2.2).



**Εικόνα 2.2:** Οστικές δοκίδες των οστών του άκρου πόδα

Η κοιλότητα της καμάρας αυτής, ύψους 15-18mm, διατηρείται μόνο με τη βοήθεια μυών και συνδέσμων. Οι σύνδεσμοι, κυρίως ο πελματιαίος πτερνοσκαφοειδής και ο αστραγαλοπτερνικός, αντιστέκονται σε ισχυρές και βραχείας διάρκειας δυνάμεις, ενώ οι μύες αντιστέκονται σε παρατεταμένες φορτίσεις. Οι μύες αυτοί δρουν σαν σφιγκτήρες της καμάρας αφού συνδέουν δύο σημεία που βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις κατά μήκος της καμάρας.

Ο οπίσθιος κνημιαίος διατρέχει τμήμα της έσω καμάρας έλκοντας το σκαφοειδές προς τα κάτω και οπίσθια. Αυτή η σχετικά μικρή βράχυνση του μυός σχετίζεται με μια αλλαγή κατεύθυνσης του σκαφοειδούς, ώστε το πρόσθιο υποστήριγμα του τόξου να χαμηλώνει. Ο μακρός περνιαίος δρα στην έσω καμάρα, αυξάνοντας την καμπυλότητα του, με το να κάμπτει το 1<sup>ο</sup> μετατάρσιο επί του έσω σφηνοειδούς και αυτό επί του σκαφοειδούς. Ακόμη, ο μακρός καμπτήρας του μεγάλου δακτύλου διατρέχει το μεγαλύτερο μέρος της έσω καμάρας επιδρώντας ισχυρά στην καμπυλότητά της. Είναι ο μυς που σταθεροποιεί τον αστράγαλο, εμποδίζοντας την υποχώρηση του όταν πιέζεται προς τα πίσω από το σκαφοειδές και πτέρνα. Τέλος, ο μακρός απαγωγός του μεγάλου δακτύλου διατρέχει ολόκληρη την έσω καμάρα, συνεπώς αποτελεί έναν ιδιαίτερα αποτελεσματικό σφιγκτήρα αυξάνοντας την καμπυλότητα της καμάρας συμπλησιάζοντας τα δυο του άκρα. Οι μύες που καταφύονται στην κυρτότητα της καμάρας, δηλαδή ο εκτείνων το μεγάλο δάκτυλο και ο πρόσθιος κνημιαίος, ελαττώνουν την καμπυλότητα και επιπεδώνουν την καμάρα (Karanji, 2000).

Γενικότερα, η ποδική καμάρα επιπεδώνεται από το βάρος του σώματος και από την σύσπαση των μυών που προσφύονται στο κυρτό της καμάρας, όπως τρικέφαλο γαστροκνήμιο, πρόσθιο κνημιαίο, μακρού εκτείνοντα τους δακτύλους και το μεγάλο δάκτυλο. Αντίθετα, η καμάρα βαθύνεται με τη σύσπαση των μυών που προσφύονται στον κοίλο του οπίσθιου κνημιαίου, του μακρού και βραχύ περνιαίου, των πελματιαίων μυών και του μακρού καμπτήρα των δακτύλων. Επίσης βαθαίνει εξαιτίας της χάλασης των μυών που προσφύονται στο κυρτό της, ενώ χάλαση των μυών που προσφύονται στο κοίλο της καμάρας οδηγεί σε επιπέδωσή της (Karanjı, 2000).

Σύσπαση ή ανεπάρκεια ενός μόνο μυός διαταράσσει τη συνολική ισορροπία, οδηγώντας σε παραμόρφωση. Έρευνα αναφέρει ότι είναι προτιμότερο να παραλύουν όλοι οι μύες διότι με αυτόν τον τρόπο ο άκρος πόδας διατηρεί ένα αρκετά φυσιολογικό σχήμα και θέση (Rodgers, 1993). Για την εξασφάλιση της βέλτιστης προσαρμογής του ανθρώπινου κινητικού μηχανισμού στο περιβάλλον φαίνεται ότι το σώμα χρειάζεται ένα πολυλειτουργικό άκρο πόδα. Χρειάζεται ένα "εύκαμπτο" άκρο ποδα για να προσαρμόζεται στις μεταβολές της επιφάνειας στήριξης, ένα "ημί-άκαμπτο" που να δρα ως ελατήριο και ένα "άκαμπτο" που να παρέχει σταθερή βάση στήριξης και μεταφοράς του βάρους του σώματος (Rodgers, 1993).

## **2.2. Κατανομή φορτίων και στατικές παραμορφώσεις**

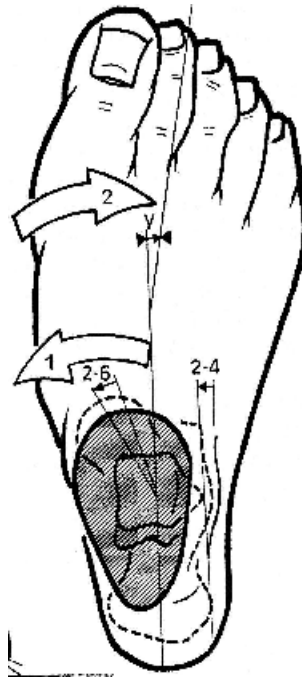
Το βάρος του σώματος, μεταφερόμενο δια του κάτω άκρου, εφαρμόζεται δια της ποδοκνημικής στο οπίσθιο τμήμα του άκρου πόδα στο επίπεδο της τροχιλίας του αστραγάλου. Από εκεί οι δυνάμεις κατανέμονται σε τρεις διευθύνσεις προς τα σημεία στήριξης της καμάρας: *A*. Πρόσθιο – έσω σημείο στήριξης (δια του αυχένα του αστραγάλου και του πρόσθιου στηρίγματος της έσω καμάρας), *B*. Πρόσθιο έξω σημείο στήριξης (δια του αυχένα του αστραγάλου, του υπερείσματος του αστραγάλου της πτέρνας και του πρόσθιου στηρίγματος της έξω καμάρας), *C*. Οπίσθιο σημείο στήριξης (δια του σώματος του αστραγάλου και της πτέρνας), δηλαδή του κοινού οπίσθιου στηρίγματος της έσω και έξω καμάρας.

Η σχετική ποσοστιαία κατανομή των φορτίων σε κάθε σημείο στήριξης είναι η εξής: αν εφαρμοστεί φορτίο 6 κιλών, 1 κιλό εφαρμόζεται στο πρόσθιο έξω σημείο στήριξης (20%) (σημείο *B*), 2 κιλά στο πρόσθιο έσω σημείο στήριξης (30%) (σημείο *A*) και 3 κιλά στο οπίσθιο σημείο στήριξης (50%) (σημείο *C*). Όταν το σώμα βρίσκεται στην όρθια θέση, ευθυτενές και ακίνητο, η πτέρνα δέχεται τη μεγαλύτερη φόρτιση, δηλαδή περίπου το ήμισυ του σωματικού βάρους. Αυτό εξηγεί τη δημιουργία αποτυπωμάτων στα πλαστικά υλικά ενός

πατώματος, όταν αυτή η δύναμη ασκηθεί μέσω ενός λεπτού τακουνιού "στιλέτο" (Karanjı, 2000).

Κάθε καμάρα του άκρου πόδα επιπεδώνεται και διευρύνεται υπό το βάρος του σώματος. Η έσω καμάρα, τα οπίσθια φύματα της πτέρνας, τα οποία βρίσκονται 7 με 10 mm άνω από το έδαφος, χαμηλώνουν κατά 1.5mm. Η σκαφοσφηνοειδής και οι μεταταρσοσφηνοειδείς αρθρώσεις ανοίγουν προς τα κάτω και η γωνία ανάμεσα στο 1<sup>ο</sup> μετατάρσιο και το έδαφος ελαττώνεται (Rodgers, 1993). Η έξω καμάρα παρουσιάζει παρόμοιες κατακόρυφες μετακινήσεις της πτέρνας, το κυβοειδές χαμηλώνει κατά 4 mm, το έξω φύμα του 5<sup>ου</sup> μεταταρσίου κατά 3.5 mm, η πτερνοκυβοειδής και οι μεταταρσοκυβοειδείς αρθρώσεις ανοίγουν προς τα κάτω, καθώς η πτέρνα υποχωρεί, και η κεφαλή του 5<sup>ου</sup> μεταταρσίου μετακινείται ελαφρά προς τα εμπρός (Rodgers, 1993). Η πρόσθια καμάρα επιπεδώνεται και ανοίγει, εκατέρωθεν του 2<sup>ου</sup> μεταταρσίου. Η απόσταση ανάμεσα στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> μετατάρσιο αυξάνει κατά 5 mm, ανάμεσα στο 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> κατά 2mm, ανάμεσα στο 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> κατά 4mm και ανάμεσα στο 4<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> κατά 1.5mm. Συνεπώς, το πρόσθιο τμήμα του άκρου πόδα αποπλατύνεται κατά 12.5 mm, όταν δέχεται το βάρος του σώματος (Rodgers, 1993).

Επιπρόσθετα, η κεφαλή του αστραγάλου μετατοπίζεται προς τα έσω κατά 2 με 6 mm και το έξω φύμα της πτέρνας κατά 2 με 4 mm (Εικόνα 2.3). Συνεπώς, ο άκρος πόδας συστρέφεται στην εγκάρσια άρθρωση του ταρσού, με τον άξονα του οπισθίου τμήματος του άκρου πόδα να μετατοπίζεται προς τα έσω και του πρόσθιου τμήματος του άκρου πόδα προς τα έξω, σχηματίζοντας γωνία «y» μεταξύ τους. Το οπίσθιο τμήμα του άκρου πόδα προσάγεται και πρηνίζεται και εκτείνεται ελαφρά, ενώ το πρόσθιο τμήμα του άκρου πόδα εκτελεί μια σχετική κίνηση κάμψης, απαγωγής και υπτιασμού. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται έντονα στην βλαιοπλατυποδία (Karanjı, 2000).



Εικόνα 2.3: Άξονες συστροφής της βλαιοπλατυποδία

### 2.3. Η αρχιτεκτονική ισορροπία του άκρου πόδα

Ο άκρος πόδας είναι μια τριγωνική δομή με την κάτω επιφάνεια του να αποτελείται από την ποδική καμάρα και τους πελματιαίους μύες και συνδέσμους. Την πρόσθια άνω επιφάνεια αποτελούμενη από τους καμπτήρες μύες της ποδοκνημικής και τους εκτεινόντες των δακτύλων και τέλος, την οπίσθια επιφάνεια αποτελούμενη από τους εκτεινόντες μύες της ποδοκνημικής και τους καμπτήρες μύες των δακτύλων (Rodgers, 1993).

Το φυσιολογικό σχήμα της ποδικής καμάρας, το οποίο επιτρέπει στον άκρο πόδα να προσαρμόζεται σωστά στο έδαφος είναι αποτέλεσμα μιας ισορροπίας μεταξύ των δυνάμεων που δρουν κατά μήκος αυτών των τριών επιφανειών του νοητού τριγώνου (Karanjı, 2000). Συνεπώς, η κοιλοποδία μπορεί να είναι αποτέλεσμα βράχυνσης των πελματιαίων συνδέσμων, σύσπασης των πελματιαίων μυών και ανεπάρκειας των καμπτήρων μυών της ποδοκνημικής. Αντίθετα, η πλατυποδία η οποία οφείλεται σε μια επιπέδωση της ποδικής καμάρας, μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας ανεπάρκειας των πελματιαίων συνδέσμων ή μυών και από μια υπερτονικότητα των πρόσθιων ή οπίσθιων μυών του ποδιού (Karanjı, 2000).

Όταν η κνήμη κλίνει προς τα έσω σε σχέση με τον άκρο πόδα παρατηρείται μια "κοίλανση" της έσω καμάρας. Αυτή η αύξηση της καμπυλότητας της έσω καμάρας είναι αποτέλεσμα της ανύψωσης του σκαφοειδούς σε σχέση με το έδαφος, παθητικά (έξω παρεκτόπιση της κεφαλής του αστραγάλου) και ενεργητικά (σύσπαση του οπισθίου

κνημιαίου μυός). Η συνολική αλλαγή στην καμπυλότητα της ποδικής καμάρας εμφανίζεται στην αλλαγή του περιγράμματος του, το κοίλο του άκρου πόδα βαθαίνει, όπως συμβαίνει σε ραιβοκοιλοποδία. Στην περίπτωση που η κνήμη κλίνει προς τα έξω παρατηρείται μια επιπέδωση της έσω καμάρας. Το εμβαδόν του αποτυπώματος του ποδιού αυξάνει, όπως στην βλαιοπλατυποδία (Rodgers, 1993).

#### **2.4. Εμφάνιση αθλητικού τραυματισμού εξαιτίας της μορφολογίας της ποδικής καμάρας**

Σε επιδημιολογικές μελέτες υπολογίζεται ότι το 70% των δρομέων αθλητών εμφανίζουν ένα τουλάχιστον τραυματισμό υπέρχρησης του άκρου πόδα κατά τη διάρκεια ενός προπονητικού ή/και αγωνιστικού έτους. Το 20-70% από το 70% χρήζουν ιατρική και φυσικοθεραπευτική φροντίδα (Van Mechlen, 1992). Αρκετοί παράγοντες έχουν ενοχοποιηθεί στην εμφάνιση τραυματισμών υπέρχρησης του άκρου πόδα. Η μη φυσιολογική δομή των βιολογικών υλικών (ύψος ποδικής καμάρας, βλαισός μεγάλος δάκτυλος, πλατυποδία κ.ά.) θεωρείται παράγοντας αύξησης της πιθανότητας του τραυματισμού. Επιπρόσθετα, ο ίδιος ο μηχανισμός λειτουργίας του άκρου πόδα δείχνει να παίζει σημαντικό ρόλο. Αν και υπάρχουν έρευνες που αναφέρουν τραυματισμούς του άκρου πόδα κυρίως σε δρομείς μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων, εντούτοις δεν έχει ακόμα καθοριστεί μια συγκεκριμένη σχέση μεταξύ των δομικών αποκλίσεων και παραμορφώσεων με συγκεκριμένα πρότυπα τραυματισμών (Williams, McClay & Hamill, 2001).

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται μια σχέση του ύψους της επιμήκης ποδικής καμάρας (ΕΠΚ) και της εμφάνισης αθλητικών τραυματισμών στο κάτω άκρο (Williams et. al., 2001). Όμως η λειτουργική σημασία της αλληλεπίδρασης αυτής είναι αδιευκρίνιστη. Η πιθανή προτεινόμενη σχέση μεταξύ της ύπαρξης ενός μειωμένου ύψους ΕΠΚ και της εμφάνισης για παράδειγμα πόνου στο γόνατο (Dahle, Mueller & Belitto, 1991) ή κακώσεων στο τρέξιμο (Nigg, Cole & Nachbauer, 1993) παραμένει αδιευκρίνιστη. Παρόλο αυτά, ένα μεγάλο ποσοστό τραυματισμών του κάτω άκρου παρατηρείται σε πλατύποδα (flatfoot) πόδια σε σύγκριση με τους άκρους πόδες με κανονική ή υψηλή ποδική καμάρα (Subotnick, 1981). Αντίθετα, κάποιοι άλλοι ερευνητές παρατήρησαν μια αύξηση τραυματισμών σε νεοσύλλεκτους στρατιώτες με υψηλή ποδική καμάρα (Cowan et. al., 1993). Συγκεκριμένα, οι Cowan et al. (1993) μελέτησαν 246 στρατιώτες, οι οποίοι ακολούθησαν αυστηρό πρόγραμμα προπόνησης για 12 εβδομάδες. Σε όλους τους δοκιμαζόμενους έγινε μορφολογική αξιολόγηση του πέλματος με τη χρήση πλατφόρμας ποδοσκοπίου πριν τη έναρξη του προγράμματος προπόνησης. Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος, τα

ευρήματα της έρευνας δεν υποστηρίζουν ότι η χαμηλή ποδική καμάρα αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού, αλλά οι ερευνητές προτείνουν για την πρόληψη των τραυματισμών ατομική αξιολόγηση του κάθε ατόμου ξεχωριστά, συμβουλεύοντας τον για εναλλακτικές δραστηριότητες στην περίπτωση που έχει αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού εξαιτίας εμφάνισης της κοιλοποδίας.

Αντικρουόμενα είναι τα αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τη σχέση της απόκλισης του ύψους της ποδικής καμάρας με την εμφάνιση τραυματισμών. Άτομα με υψηλή ποδική καμάρα ή/και με κανονική παρουσιάζουν περισσότερες πιθανότητες να αναπτύξουν κάταγμα στον άκρο πόδα σε σύγκριση με άτομα με πλατυποδία (Giladi, Milgrom & Stein, 1985). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν οι Cowan και συνεργάτες (1993) με δείγμα δρομέων που είχαν υψηλή ποδική καμάρα. Αυτοί έχουν μια αυξημένη τάση για τραυματισμό του κάτω άκρου σε σύγκριση με δρομείς με χαμηλή ή/και κανονική ποδική καμάρα. Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται από τους Wen, Puffer και Schmalzried (1998). Συγκεκριμένα αυτοί έδειξαν ότι η υψηλή ποδική καμάρα προστατεύει τον άκρο πόδα από την εμφάνιση τραυματισμών στους δρομείς. Στην ίδια έρευνα δεν βρέθηκε σχέση ανάμεσα στην χαμηλή καμάρα και την εμφάνιση τραυματισμών στον άκρο πόδα.

Περισσότερες είναι οι έρευνες που συμφωνούν στην εμφάνιση τραυματισμών του κάτω άκρου, όταν το ύψος της καμάρας αποκλίνει από το φυσιολογικό, είτε με αυξητική τάση (κοιλοποδία), είτε με τάση μείωσης (πλατυποδία). Οι Williams et. al. (2001) αναφέρουν ότι δρομείς με υψηλή ποδική καμάρα παρουσιάζουν αυξημένο αριθμό συμπτωμάτων καταγμάτων στην κνήμη και την περόνη, ενώ οι αθλητές με χαμηλή ποδική καμάρα παρουσιάζουν ένα υψηλό αριθμό τραυματισμών στα μετατόρσια. Επίσης, οι Dahle και Mueller (1991) συμφωνούν στην εμφάνιση τραυματισμών του κάτω άκρου σε κάθε απόκλιση του φυσιολογικού ύψους τη καμάρας. Ωστόσο, αυτοί αναφέρουν ότι οι αθλητές με υψηλή και με χαμηλή ποδική καμάρα εμφανίζουν υψηλό αριθμό τραυματισμών στο γόνατο σε σύγκριση με αυτούς με φυσιολογικό ύψος ποδικής καμάρας. Τέλος, οι Kaufman, Brodine και Shaffer (1999) σε μια προληπτική μελέτη που πραγματοποίησαν σε στρατιώτες του ναυτικού προτείνουν ότι η πλατυποδία, η κοιλοποδία, και το υπερβολικό εύρος κίνησης του οπίσθιου τμήματος του πόδα (rearfoot ROM) αποτελούν παράγοντες κινδύνου για εμφάνιση τραυματισμού υπέρχρησης στο κάτω άκρο.

Οι Williams και McClay (2001) αναφέρουν ότι η απόκλιση του φυσιολογικού ύψους της ποδικής καμάρας προκαλεί εμβιομηχανικές παρεκκλίσεις και τραυματισμούς. Οι ερευνητές κατέγραψαν τους τραυματισμούς 20 δρομέων με χαμηλή ποδική καμάρα και 20 δρομέων με υψηλή ποδική καμάρα. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι δρομείς με υψηλή



ποδική καμάρα είχαν μια αυξημένη συχνότητα εμφάνισης τραυματισμών της ποδοκνημικής, και των οστών, ενώ οι δρομείς με χαμηλή ποδική καμάρα εμφάνιζαν περισσότερους τραυματισμούς στα μαλακά μέρια του γόνατος.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι μια δύσκαμπτη υψηλή ποδική καμάρα έχει αυξημένο κίνδυνο για εμφάνιση τραυματισμού της ποδοκνημικής, συγκεκριμένα, κατάγματα, πόνο στο πρόσθιο τμήμα του γόνατος και τραυματισμό των περιαρθρικών στοιχείων αυτών των αρθρώσεων (Korpelainen, Orava & Karpakka, 2001; Teyhen, Stoltenbeg & Collinsworth, 2009; Williams et. al., 2001), ενώ αθλητές με χαμηλή ποδική καμάρα δείχνουν να έχουν αυξημένο κίνδυνο με υπερφόρτιση της κνήμης, πόνο στο γόνατο περικλείοντας και άλλους μαλακούς ιστούς (Teyhen, et al., 2009; Williams et al., 2001).

Η προσπάθεια λειτουργικής κατηγοριοποίησης των ποδιών με βάση τη δομή των πελματικών καμάρων πραγματοποιείται από πολλούς ερευνητές. Οι Simkin και Leichter (1989) διαπιστώνουν ότι ο φυσιολογικός άκρος πόδας με χαμηλή ΕΠΚ κάνει καλύτερη απόσβεση κραδασμών σε σύγκριση με τον άκρο πόδα με υψηλή ΕΠΚ. Σε αντίθετα αποτελέσματα καταλήγει μια περισσότερη πρόσφατη έρευνα με σκοπό την εκτίμηση της επίδρασης του ύψους της ΕΠΚ στην μετάδοση φορτίων στο επίπεδο της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Ogon et al., 1999). Το δείγμα αποτελούνταν από δύο υγιείς δρομείς ερασιτεχνικού αθλητισμού που κατηγοριοποιήθηκαν σε μια ομάδα χαμηλής και σε μια ομάδα υψηλής καμάρας μετά από υπολογισμό του ύψους της καμάρας (ύπος του σκαφοειδούς ως προς το μήκος του άκρου πόδα). Μετρήθηκαν οι δυνάμεις κρούσης στο επίπεδο της ΟΜ/ΣΣ με ένα φορητό επιταχυνσιόμετρο σε τρέξιμο στα 1.5 m/sec είτε με γυμνό πόδι είτε με τι ίδιο αθλητικό υπόδημα. Οι συγκεκριμένοι ερευνητές συμπέραναν ότι ο άκρος πόδας με υψηλή καμάρα κάνει καλύτερη απόσβεση κραδασμών στην προαναφερθείσα ανατομική περιοχή.

Οι Teyhen και συνεργάτες (2009) αναφέρουν ότι δεν είναι ξεκάθαρη η σχέση μεταξύ της μορφολογίας της ποδικής καμάρας και την εμφάνιση τραυματισμών. Οι διαφορές στα ευρήματα των ερευνών πρέπει να συμβάλλουν στη δημιουργία μιας μεθόδου με την οποία θα μπορούν να καθοριστούν και να κατηγοριοποιηθούν τα δομικά στοιχεία της ποδικής καμάρας.

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πέλματος των αθλητών διαφοροποιούνται σημαντικά με αυτά των μη αθλητών (Kulthanan & Techakampuch, 2004). Οι Kulthanan et al., (2004) μελέτησαν και σύγκριναν το αποτύπωμα του πέλματος (footprint) σε αθλητές και μη αθλητές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αθλητές έχουν μικρότερο μήκος (πτέρνα με πρώτο δάκτυλο) σε σύγκριση με το μήκος της πτέρνας δευτέρου δάκτυλου που ήταν

μεγαλύτερο (μεγάλο πλάτος μεταταρσίων). Το αντίθετο συνέβαινε στους μη αθλητές όπου το πλάτος στην περιοχή των μεταταρσίων υπήρξε στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο στους αθλητές σε σύγκριση με τους μη αθλητές. Επίσης, διαπιστώθηκε υψηλότερος δείκτης ποδικής καμάρας στους αθλητές σε σύγκριση με αυτούς που δεν αθλούνταν. Επίσης το ποσοστό επιφάνειας στήριξης των δακτύλων ήταν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο στους αθλητές. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό το γεγονός ότι παρατηρούνται σημαντικές μορφολογικές διαφορές στο πέλμα μεταξύ αθλητών και ατόμων που δεν αθλούνται.

## **2.5. Εξέταση των πελματικών πιέσεων σε αθλητές**

Στον αθλητισμό παρατηρούνται αυξημένα φορτία σε ολόκληρο το μυοσκελετικό σύστημα. Τα φορτία που δέχεται το πέλμα, και κατά συνέπεια ολόκληρο το κάτω άκρο, κατά την διάρκεια μιας αθλητικής προσπάθειας, είναι πολλαπλάσια του σωματικού βάρους του αθλητή. Η πελματική μέτρηση πίεση παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την δομή και λειτουργία του άκρου πόδα και είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση περιπτώσεων που αθλητές παραπονιούνται για πόνο στο πέλμα και γενικότερα στον άκρο πόδα (Nawata, Nishihara & Hayashi, 2005).

Στην διεθνή βιβλιογραφία είναι περιορισμένος ο αριθμός ερευνών σχετικές με την ανάλυση των στατικών πελματικών πιέσεων των αθλητών. Η στατική ανάλυση του πελματογραφήματος για αθλητές με πλατυποδία (flatfoot) φέρει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως η επιφάνεια της συνολικής πελματικής στήριξης είναι μεγαλύτερη της κανονικής. Συγκεκριμένα, η επιφάνεια στήριξης του μέσου ποδός (midfoot), ισθμός και καμάρα, είναι κατά 2/3 μεγαλύτερη από την επιφάνεια στήριξης του άκρου ποδός. Το φορτίο παρουσιάζεται ομοιόμορφο στο πέλμα. Είναι εμφανή η υπερφόρτωση στο μέσο τμήμα του πέλματος ή στις κεντρικές μετατάρσιες κεφαλές. Το σημείο "M", μέγιστης πίεσης, βρίσκεται στο πίσω μέρος του πέλματος (rearfoot) και σε μερικές σοβαρές περιπτώσεις είναι κεντροθετημένο στο μέσο πέλμα (Manual of Physical Gait, Software 2.65, 1998).

Στο κοίλο άκρο πόδα το πελματογράφημα παρουσιάζει τη συνολική επιφάνεια στήριξης να είναι μικρότερη της κανονικής. Η επιφάνεια στήριξης του άκρου πόδα είναι πολύ μικρότερη από την κανονική, σε μερικές περιπτώσεις είναι απύσχα. Ο ισθμός του πέλματος πολλές φορές δεν καταγράφει σημεία πίεσης. Το κέντρο βάρους του σώματος σε σχέση με το πέλμα βρίσκεται οπίσθια. Χαρακτηριστική είναι η πίεση ανά μονάδα επιφάνειας όπου αυξάνεται (Manual of Physical Gait Software 2.65, 1998).

Η λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής μπορεί να οδηγήσει σε διαφοροποίηση των πελματικών φορτίων που εφαρμόζονται στον άκρο πόδα. Το διάστρεμμα ποδοκνημικής άρθρωσης είναι ένας συχνός τραυματισμός στους αθλητές. Η λειτουργική αυτή αστάθεια της ποδοκνημικής αξιολογείται κατά κύριο λόγο σε δυναμικές καταστάσεις όπως περπάτημα, τρέξιμο, αθλητικές δραστηριότητες. Σε στατικές συνθήκες αξιολογείται μέσω της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης, το χρόνο αντίδρασης του περνιαίου μυός στην σταθεροποίηση της άρθρωσης, καθώς επίσης σε όρθια θέση από την ταλάντωση που δημιουργείται από την ισορροπία του σώματος. Βρέθηκε μια αύξηση φορτίων στην προσαγωγή και στον υπτιασμό του άκρου πόδα κατά την μέση φάση της βάρδισης και μειωμένα φορτία πρηνισμού.σε αθλητές καλαθοσφαίρισης και ποδοσφαίρου με λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής (Nawata, et. al., 2005)

Η διαφορά των φυλετικών χαρακτηριστικών, μεταξύ των πληθυσμιακών ομάδων, προσδίδει και μορφολογικές διαφορές τόσο στην ποδική καμάρα όσο και στις εδαφικές πιέσεις που αναπτύσσονται στο πέλμα (Gurney et al., 2009; Hayafune et al., 1999). Οι Veves, Sarnow και Giurini, (1995) περιγράφουν διαφορετικά πελματικά φορτία σε διαβητικό άκρο πόδα σε Αφρικανούς, Καυκάσιους και Αμερικάνους ασθενείς. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγουν και οι Gurney et al. (2009). Το δείγμα αποτελούνταν από 28 αθλητές του ράγκμυ, 7 Καυκάσιοι, 9 Μαόρι, 12 από νησιά του Ειρηνικού, οι οποίοι βάρδισαν επάνω σε πελματογράφο με υποκειμενική ταχύτητα ο κάθε δοκιμαζόμενος χωριστά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι φυλετικές διαφορές προσδίδουν και λειτουργικές και μορφολογικές διαφορές (κατανομή φορτίων) στον άκρο πόδα μεταξύ αθλητών υψηλού αγωνιστικού επιπέδου. Υπήρξε εμφανή διαφορά στη στρατηγική φόρτισης μεταξύ τριών φυλών, με το σημείο μέγιστης πίεσης να παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά. Οι Μαόρι επιφόρτιζαν περισσότερο τον πλευρικό μέσο πόδα, ισθμό (midfoot) σε σύγκριση με τους Καυκάσιους και αθλητές από τον Ειρηνικό. Οι αθλητές προερχόμενοι από τον Ειρηνικό παρουσίαζαν υψηλότερο φορτίο πίεσης στην περιοχή μεταξύ 2<sup>ου</sup>-3<sup>ου</sup> μετατάρσιου (medial forefoot), αντίθετα με το σημείο του μέγα δακτύλου που τη μέγιστη φόρτιση παρουσίαζαν οι Καυκάσιοι και την μικρότερη φόρτιση οι αθλητές του Ειρηνικού. Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι οι Καυκάσιοι αθλητές επιφορτίζουν πολύ περισσότερο τα δάκτυλα, οι αθλητές Μαόρι του ειρηνικού το μέσο και πρόσθιο τμήμα του πέλματος και τέλος οι αθλητές από την περιοχή του Ειρηνικού δείχθηκε να έχουν μεγαλύτερη γωνία στο βλαισό μεγάλο δάκτυλο σε σύγκριση με τους Καυκάσιους και Μαόρι.

## **2.6. Σχέση μεταξύ σωματικού βάρους και επιμήκους ποδικής καμάρας**

Εξαιτίας της ανατομικής θέσης και ιδιαιτερότητάς της η επιμήκης ποδική καμάρα (ΕΠΚ) επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες σχετικούς με τον ανθρώπινο κινητικό μηχανισμό ή προερχόμενους από το εξωτερικό περιβάλλον. Το σωματικό βάρος είναι ένας ενδογενής παράγοντας που επηρεάζει ανεπιθύμητα τη λειτουργία και τη δομή της καμάρας. Σε αυτό το συμπέρασμα κατέληξε ο Smahel (1980), αλλά και νεότεροι ερευνητές που αξιολόγησαν την κατάσταση της ΕΠΚ με τη χρήση ενός δείκτη, του πλανιμετρικού δείκτη (P.I) που εκφράζει την αλληλοσυσχέτιση μεταξύ της τυπωμένης περιοχής του αποτυπώματος του πέλματος και της μη τυπωμένης και παρατήρησε ότι σε περιπτώσεις αυξημένου σωματικού βάρους (Gravante, Russo & Pomara, 2003). Ο πλανιμετρικός δείκτης παρουσιάζει μεγάλες τιμές που σχετίζονται με αποπλατυσμένες καμάρες, με την αύξηση αυτή να είναι σημαντική στους άνδρες και υψηλά σημαντική στις γυναίκες

## **2.7. Σχέση μεταξύ υποδήματος και πελματικών αλλαγών**

Ένας άλλος εξωγενής παράγοντας που μπορεί έμμεσα να επηρεάσει τη μορφολογία της ΕΠΚ αποτελεί το υπόδημα. Η ανάπτυξη των τεχνικών κατασκευής αθλητικών υποδημάτων είναι βασισμένη σε δύο συσχετισμένες αρχές: (α) την πρόληψη τραυματισμών και την (β) αύξηση της αθλητικής απόδοσης. Οι περισσότεροι αθλητές ενδιαφέρονται για υποδήματα τέτοια που θα τους εξασφαλίσουν άνεση και προστασία από τους ενδεχόμενους τραυματισμούς. Πολλοί αθλητές αναφέρουν ότι δυσκολεύονται να βρουν υπόδημα με σωστή προσαρμογή στον άκρο πόδα (Gurney et al., 2009). Πολλοί από αυτούς πληρώνουν με ειδική παραγγελία το αθλητικό υπόδημα για να αντιμετωπίσουν τη δυσκολία ανεύρεσης κατάλληλου υποδήματος. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στα εξαιρετικά ελαφριά παπούτσια που μεγιστοποιούν την ενεργειακή επιστροφή και μειώνουν το ενεργειακό κόστος, και δεν περιορίζουν τις επιθυμητές κινήσεις του άκρου πόδα κατά την αθλητική δραστηριότητα. Κάθε άθλημα απαιτεί ένα συγκεκριμένο υπόδημα, όπως το ποδόσφαιρο το μπάσκετ και η πάλη . Η διαδικασία κατασκευής ενός αθλητικού υποδήματος απαιτεί την κατανόηση της εμβιομηχανικής της αθλητικής κίνησης, μια αξιολόγηση πιθανόν τραυματισμών του εκάστοτε αθλήματος, την εξασφάλιση άνεσης και της ικανότητας για άθληση (playability).

Το άνετο υπόδημα χαρακτηρίζεται από την αλληλεπίδραση μεταξύ του σχήματος του άκρου πόδα και του σχήματος του υποδήματος (Bulter, Hamill & Davis, 2007). Συνεπώς, είναι απαραίτητη η καταγραφή δεδομένων (νόρμες) σχετικά με το σχήμα του άκρου πόδα για

συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες, που σύμφωνα με αυτά θα σχεδιάζονται τα υποδήματα (Guney et al. 2009).

Τόσο η μορφολογία του άκρου πόδα όσο και η κατανομή πιέσεων στο πέλμα διαφοροποιούνται από το άθλημα, το σωματότυπο και την εθνότητα (Guney et al., 2009; Rosenbaum et al., 1997). Αυτό είναι σημαντικό για την κατασκευή των αθλητικών υποδημάτων, όσο αναφορά το σχήμα του παπουτσιού και την τοποθέτηση προστατευτικών υλικών για τον άκρο πόδα. Για παράδειγμα στους αθλητές από τον Ειρηνικό και τους Μαόρι, προτείνεται η σχεδίαση ενός αθλητικού υποδήματος που θα εφαρμόζει σημαντική προστατευτική υποστήριξη στον πρόσθιο πόδα εξαιτίας της υψηλής τάσης για μετατόπιση της μέγιστης πίεσης από τα δάκτυλα στο πρόσθιο πόδα. Επίσης η δυνατότητα για επιλογή πλάτους του αθλητικού υποδήματος πιθανόν είναι άκρως επωφελής συγκριτικά με τις φυλετικές διαφορές (Guney et al., 2009).

Μια αύξηση του ύψους της πτέρνας μπορεί να οδηγήσει σε απόκλιση του προτύπου φόρτισης του πρόσθιου τμήματος του πέλματος, με πιθανή υπερφόρτωση στο μέσο τμήμα των μεταταρσίων (Butle et. al., 2007). Σε μια συγκριτική μελέτη 19 μοντέλων υποδημάτων για τρέξιμο, οι Hennig και Milani (1995) διαπίστωσαν ότι κάθε υπόδημα με παρόμοια χαρακτηριστικά είχε διαφορετική κατανομή πίεσης στο εσωτερικό του υποδήματος (in-shoe pressure distribution). Οι Kaufman και συνεργάτες (1999) εξέτασαν ένα δείγμα 449 ναυτικών δοκίμων και παρατήρησαν ότι το υπόδημα αλληλεπιδρά με τα δομικά χαρακτηριστικά του ποδιού, καταγράφοντας αυξημένες δυνάμεις επαφής στη μεσαία περιοχή του ποδιού κατά τη σύγκριση δυναμικής μέτρησης της καμάρας σε γυμνό πόδι και σε πόδι με υπόδημα στρατιωτικού τύπου.

Ο υπερβολικός πρηνισμός του άκρου πόδα αποτελεί έναν καλό δείκτη για αθλητικούς τραυματισμούς και ιδιαίτερα τραυματισμούς δρομέων. Ο ελάχιστος πρηνισμός του άκρου πόδα παρατηρείται όταν ο αθλητής τρέχει ξυπόλητος. Τελευταίες έρευνες έχουν δείξει μια σχέση μεταξύ των στροφικών κινήσεων, στο πρόσθιο και οπίσθιο άκρο πόδα, που επηρεάζεται άμεσα από το είδος κατασκευής της σόλας του υποδήματος. Οι αθλητές στίβου (δρόμων ή και άλλων αγωνισμάτων) χρησιμοποιούν κυρίως δυο ειδών αθλητικά υποδήματα: (α) υποδήματα τρεξίματος (running shoes) που είναι δύσκαμπτα στη στροφική κίνηση, και (β) υποδήματα με καρφιά (spikes shoes) που είναι εύκαμπτα στη στροφή. Οι Stacoff, Kalin και Stussi (1991) μελέτησαν τις γωνιακές κινήσεις του πρόσθιου και του οπίσθιου πόδα ως αποτέλεσμα στρέψης και πρηνισμού. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σημαντική διαφορά στρέψης, συγκρίνοντας τους δυο τύπους αθλητικών υποδημάτων με το ξυπόλυτο άκρο πόδα, κατά τη διάρκεια τρεξίματος. Με τα υποδήματα η γωνία στέψης μειώνονταν κοντά στις 0°

(στα running shoes περισσότερο από ότι στα spikes) και η γωνία πρηνισμού αυξάνονταν περισσότερο από ότι με ξυπόλυτο πόδι. Ως εκ τούτου και οι δυο τύποι υποδημάτων πρέπει να βελτιωθούν για τη μείωση του κίνδυνου των αθλητικών τραυματισμών, κυρίως το υπόδημα τρεξίματος στη στρέψη και το υπόδημα με τα καρφιά στον πρηνισμό. Συνεπώς, η επίδραση του υποδήματος μακροπρόθεσμα μπορεί να τροποποιήσει και να διαφοροποιήσει την μορφολογία του άκρου πόδα.

## 2.8. Είδη πελματογράφων

Η τεχνολογική εξέλιξη έχει σαν αποτέλεσμα μια ευρεία γκάμα αισθητήρων καταγραφής φορτίων, με ποικίλες δυνατότητες και λειτουργίες. Αυτοί είναι:

### (α) Σύστημα πλατφόρμας διανομής πίεσης (*pressure distribution platform system*)

Το σύστημα πλατφόρμας διανομής πίεσης είναι παρόμοιο με την πλατφόρμα καταγραφής δυνάμεων. Το σύστημα πλατφόρμας διανομής πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε στατικά είτε δυναμικά (σε απλή χαλαρή όρθια θέση ή κατά την διάρκεια της βάδισης) σε φυσιολογικό πληθυσμό ή και ασθενείς. Η χρήση της πλατφόρμας περιορίζεται στο εργαστήριο. Συνήθως υπάρχει ενσωματωμένος ένας διάδρομος ώστε ο δοκιμαζόμενος να έρχεται σε επαφή με την πλατφόρμα καταγραφής πιέσεων, αφού έχει κάνει αρκετά βήματα μέχρι να την πλησιάσει. Ο δοκιμαζόμενος χρειάζεται μια χρονική περίοδο εξοικείωσης με τη διαδικασία αναπαραγωγής φυσιολογικού προτύπου βάδισης επάνω στον διάδρομο. Στη διάρκεια του χρόνου αυτού, ο δοκιμαζόμενος μπορεί να προσδιορίσει ένα σημείο ως σημείο αφετηρίας του βηματισμού του, ώστε να έρχεται σε επαφή με την πλατφόρμα με φυσιολογικό βήμα, χωρίς να χρειάζεται να κάνει μεγαλύτερο ή μικρότερο διασκελισμό για να επιτύχει την επαφή του πέλματος με την πλατφόρμα. Η πλατφόρμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καταγραφή πιέσεων και με την χρήση υποδήματος, ωστόσο τα δεδομένα αυτά μπορεί να μην είναι αληθή. Συνήθως ο δοκιμαζόμενος είναι ξυπόλητος. Η επιφάνεια του πέλματος μπορεί να διαχωριστεί, μέσω ενός ειδικού λογισμικού (software), παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τα φορτία που εφαρμόζονται σε ανατομικές δομές του ποδιού. Συνεπώς, αυτό το σύστημα καταγραφής πιέσεων χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της λειτουργικότητας του άκρου πόδα σε υγιή ή και τραυματισμένα άτομα, αλλά όχι για έρευνα των ιδιοτήτων των υποδημάτων ή της επίδρασης της χρήσης ορθωτικών μέσων (Rosenbaum et al.,1997).

### (β) Σύστημα καταγραφής πιέσεων εσωτερικά του υποδήματος (*in-shoe system*):

Το σύστημα καταγραφής πιέσεων εσωτερικά του υποδήματος καταγράφει κατευθείαν την πελματική πίεση μεταξύ του πέλματος και του υποδήματος και επιπλέον μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της επίδρασης στην κατασκευή διαφορετικών υποδημάτων. Επίσης, μπορεί να καταγράψει τη μορφοποίηση του πέλματος από τη χρήση ορθωτικών μέσων. Πρώτο πλεονέκτημα αυτής της συσκευής είναι ότι επαναλαμβανόμενα βήματα μπορούν να καταγραφούν σε μια μέτρηση. Ο άκρος πόδας προσανατολίζεται και λειτουργεί ελεύθερα, έχοντας σταθερούς αισθητήρες κάτω από το πέλμα. Μετά από πολλαπλά βήματα υπάρχει ένας μέσος όρος, ο οποίος αναλύεται σε επιμέρους ανατομικές περιοχές (πτέρνα, ισθμός, 1°-2° μετατόπιση, 3°-4°-5° μετατόπιση, δάκτυλα). Ένα δεύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η φορητότητα της συσκευής, που επιτρέπει την καταγραφή δεδομένων ακόμα και έξω από το εργαστήριο σε πραγματικές συνθήκες εργασίας ή και αθλητικών δραστηριοτήτων (Rosenbaum et al., 1997).

#### (γ) Συσκευή *Matrix*

Η συσκευή αυτή οριοθετεί μια περιοχή με αισθητήρες σε σειρά και στήλες και παρέχει ενεργεί δραστηριότητα στους αισθητήρες για ολόκληρο την πελματική επιφάνεια του άκρου πόδα.

#### (δ) *Πελματιαία συσκευή διακριτών αισθητήρων (sole systems with discrete sensors)*

Αυτή η μέθοδος καταγραφής έχει ευαίσθητους αισθητήρες στην πελματιαία επιφάνεια σε αντίστοιχες ανατομικές δομές. Το πλεονέκτημα είναι ο μικρός αριθμός δεδομένων που χρειάζεται για επεξεργασία κι αποθήκευση πληροφοριών μετά από μια δειγματοληψία. Περιορισμός της συσκευής είναι ότι σημαντικές πληροφορίες μπορεί να χαθούν όταν υψηλές πιέσεις σε μια περιοχή δεν έρχονται σε επαφή με έναν από τους αισθητήρες. Αυτή η περίπτωση μπορεί να δημιουργήσει σοβαρές παραμορφώσεις στον άκρο πόδα αφού δεν μπορούν να καταγραφούν από τους αισθητήρες. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να ξεπεραστεί με την εφαρμογή διακριτών αισθητήρων σε συγκεκριμένα ανατομικά σημεία μετά από ψηλάφηση από τον ερευνητή. Αυτό επιτρέπει την τοποθέτηση των αισθητήρων σύμφωνα με το ανατομικό σχήμα του κάθε δοκιμαζόμενου χωριστά. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιεί μικρούς και φθηνούς αισθητήρες. Για την πρόληψη δυσμορφιών και μελλοντικών αλλαγών στο φυσιολογικό πρότυπο βάδισης ο αισθητήρας (είναι λεπτός και εύκαμπτος) μπορεί και ενσωματώνεται στο πέλμα, έχοντας πολύ περιορισμένο πάχος. Γενικά, ένας από τους αισθητήρες καταγράφει τις συνολικές εδαφικές δυνάμεις αντίδρασης, ο οποίος αισθητήρας τοποθετείται έξω από το υπόδημα. Η χρήση οκτώ αισθητήρων στο πέλμα δείχνει να είναι ο ιδανικός αριθμός καταγραφής των εδαφικών δυνάμεων αντίδρασης κατά την διάρκεια του τρεξίματος (Henning et al., 1995).

## 2.9. Ανακεφαλαίωση

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της ΕΠΚ του άκρου πόδα διαμορφώνουν ως ένα βαθμό τη μηχανική συμπεριφορά του σώματος κατά την αλληλεξάρτηση του με το εξωτερικό περιβάλλον. Η ΕΠΚ με την πολύπλοκη αρχιτεκτονική κατασκευή της, τις λειτουργικές της ικανότητες και τη μυϊκή και συνδεσμική υποστήριξη εμφανίζεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά του ανθρώπινου κινητικού μηχανισμού κατά την εκτέλεση ποικίλων κινητικών δραστηριοτήτων. Το ύψος της ΕΠΚ καθορίζει τη δομή της και κατά συνέπεια και τη λειτουργία της. Οι μέθοδοι καταγραφής, ποσοτικοποίησης και ανάλυσης του σχήματος της ποδικής καμάρας περιλαμβάνουν μέτρηση δεικτών αξιολόγησης του ύψους καμάρας, προσδιορισμό αποτυπώματος αυτής, μέτρηση κατανομής των πελματικών πιέσεων και των δυνάμεων εδαφικής αντίδρασης, δυναμική και τρισδιάστατη ανάλυση.

Η εμφάνιση αθλητικών τραυματισμών του κάτω άκρου φαίνεται να συσχετίζεται άμεσα με το ύψος της ποδικής καμάρας. Εν τούτης η λειτουργική σημασία της αλληλεπίδρασης αυτής είναι αδιευκρίνιστη. Γίνονται συνεχείς προσπάθειες λειτουργικής κατηγοριοποίησης του άκρου πόδα με βάση τη δομή των πελματικών καμάρων. Ωστόσο, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πέλματος των αθλητών φαίνεται να διαφοροποιούνται σημαντικά με αυτά των μη αθλητών.

Στον αθλητισμό παρατηρούνται αυξημένα φορτία σε ολόκληρο το μυοσκελετικό σύστημα. Τα φορτία που δέχεται το πέλμα, και κατά συνέπεια ολόκληρο το κάτω άκρο, κατά την διάρκεια μιας αθλητικής προσπάθειας, είναι πολλαπλάσια του σωματικού βάρους του αθλητή. Η πελματική μέτρηση πίεση παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την δομή και λειτουργία του ποδιού και είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση περιπτώσεων που αθλητές παραπονιέται για πόνο στο πέλμα και γενικότερα στον άκρο πόδα.

Τέλος, τα πελματικά φορτία και η μορφολογία του ύψους της ΕΠΚ δείχνει να τα επηρεάζουν ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το υπερβολικό σωματικό βάρος που επιδρά στην αποπλάτυνση της καμάρας και το υπόδημα που τροποποιεί τόσο το ύψος της ΕΠΚ όσο και τη διανομή και κατανομή των πελματικών πιέσεων στον άκρο πόδα.



### **3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ**

### 3.1. Δείγμα

Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε δείγμα 30 υγιών αθλητών, οι οποίοι είχαν εθελοντική συμμετοχή. Το δείγμα αποτελούνταν μόνο από αθλητές εθνικών ομάδων του τζούντο και της πάλης, ηλικίας από 15 έως 31 ετών ( $M=22.1$ ,  $SD=4.16$ ). Το δείγμα χωρίστηκε σε δύο ομάδες σύμφωνα με το άθλημα απασχόλησης, την ομάδα του τζούντο ( $n=15$ ) και την ομάδα της πάλης ( $n=15$ ). Κανένας δοκιμαζόμενος δεν ακολούθησε φυσικοθεραπευτικό πρόγραμμα άνω και κάτω άκρων και κορμού κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

Η επιλογή των δοκιμαζόμενων έγινε με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- (α) Να μην παρουσιάζουν πόνο στο πέλμα τουλάχιστον μια ημέρα πριν την μέτρηση.
- (β) Να έχουν αντιμετωπιστεί συντηρητικά, και όχι χειρουργικά, σε τραυματισμό της ποδοκνημικής και γενικότερα του άκρου πόδα στο παρελθόν.
- (γ) Να είναι αθλητές υψηλού αγωνιστικού επιπέδου με συχνότητα προπόνησης τουλάχιστον τρεις φορές την εβδομάδα τα τελευταία δυο χρόνια.
- (δ) Να έχουν προπονητική εμπειρία τουλάχιστον πέντε έτη.
- (ε) Να είναι άντρες, αθλητές του τζούντο και της πάλης
- (στ) Να μην παρουσιάζουν οπτική ή/και ακουστική διαταραχή.
- (ζ) Να είναι ηλικίας από 15 έως 35 ετών.

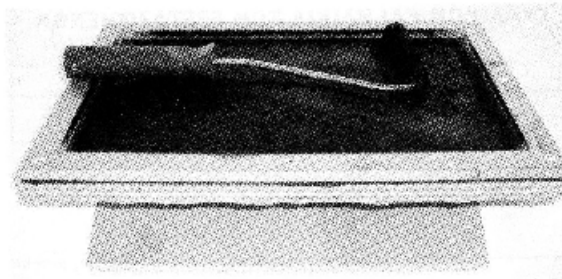
### 3.2. Μέσα συλλογής δεδομένων

Η αντικειμενική αξιολόγηση του δείκτη της επιμήκης ποδικής καμάρας πραγματοποιήθηκε με τον απλό τύπου πελματογράφο, όπως περιγράφεται από τον Staheli (1987). Η αντικειμενική αξιολόγηση των πελματικών πιέσεων του άκρου πόδα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ηλεκτρονικού πελματογράφου (Modular Eletrinic Baropodmeter 120, Physical Support Italy). Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν μια ψηφιακή ζυγαριά με ακρίβεια έως και 100 γραμμάρια (SEGA 509, Germany) για τον υπολογισμό του σωματικού βάρους και ένα αναστημόμετρο με ακρίβεια εκατοστών. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης μάζας σώματος BMI. Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας (1998), ο δείκτης αυτός ισούται με:  $\text{βάρος σώματος}/\text{ύψος}^2$  ( $\text{BMI}=\text{kg}/\text{m}^2$ ), οι φυσιολογικές τιμές κυμαίνεται από 18.5 – 24.9, οι τιμές  $25 < \text{BMI} < 29.9$  δηλώνουν άτομο υπέρβαρο και  $\text{BMI} > 30$  άτομο παχύσαρκο.

Παρακάτω ακολουθεί η περιγραφή των προαναφερόμενων μέσων συλλογής δεδομένων μέτρησης.

### 3.2.1. Απλός τύπος πελματογράφου (πλαντογράφος)

Ο απλός τύπου πελματογράφος είναι ένα ξύλινο παραλληλόγραμμο όργανο διαστάσεων 40x20 εκατοστά, το οποίο σκεπάζεται από ένα συλικονούχο πλαστικό και από επάνω του ένα πανί τεντώνει. Στο πανί τοποθετούμε τυπογραφικό μελάνι σε όλη την επιφάνειά του. Στο δάπεδο και στη λεία επιφάνεια τοποθετείται χαρτί A4 και επάνω σ' αυτό τοποθετείται ο πελματογράφος με το μελάνι (Εικόνα 3.1).



Εικόνα: 3.1: Απλός τύπου πελματογράφος (πλαντογράφος)

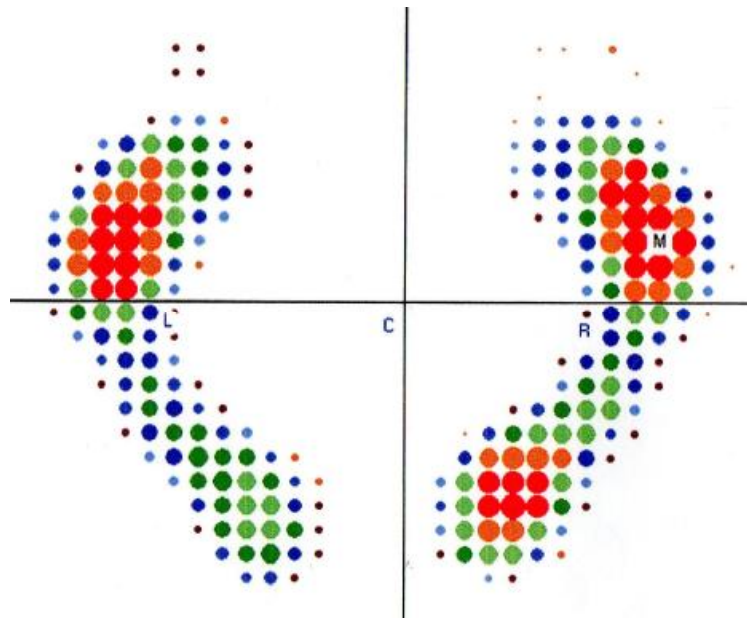
### 3.2.2. Ηλεκτρονικός πελματογράφος

Η ικανότητα στατικής ισορροπίας κατά την όρθια στάση είναι η διαδικασία διατήρησης του κέντρου βάρους του σώματος στη βάση στήριξης που οριοθετείται από την επιφάνεια στήριξης. Σ' αυτό συμβάλλει η πληροφόρηση του σωματοαισθητικού, του οπτικού και αιθουσαίου συστήματος (Vande, *et al.*, 2001).

Το σωματοαισθητικό σύστημα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό των μερών του σώματος μεταξύ τους σε σχέση με την επιφάνεια στήριξης. Είναι η κύρια πηγή ύπαρξης της ιδιοδεκτικότητας. Το οπτικό σύστημα παίζει ιδιαίτερο ρόλο στη διατήρηση της ισορροπίας, διότι είναι υπεύθυνο για τον προσανατολισμό των οφθαλμών και της κεφαλής με το εξωτερικό περιβάλλον. Το αιθουσαίο σύστημα αποτελείται από τον κοχλία που σχετίζεται με την ακοή και από τους τρεις ημικύκλιους σωλήνες, το ελλειπτικό και σφαιρικό κυστίδιο, που σχετίζεται με την ισορροπία. Το ελλειπτικό και σφαιρικό κυστίδιο ανιχνεύουν την απώλεια της ισορροπίας, αφού έχει συμβεί. Αντίθετα, οι ημικύκλιοι σωλήνες

προβλέπουν ότι πρόκειται να υπάρξει διαταραχή της ισορροπίας και υποχρεώνουν τα κέντρα ισορροπίας να κάνουν κατάλληλες προληπτικές ρυθμίσεις (Vande, *et al.*, 2001).

Η ανάγκη καταγραφής των πελματικών πιέσεων του άκρου πόδα με αντικειμενικό τρόπο οδήγησε στην κατασκευή ειδικών ηλεκτρονικών πελματογράφων. Ο ηλεκτρονικός πελματογράφος αποτελεί ένα αντικειμενικό όργανο αξιολόγησης: (α) των εδαφικών πιέσεων στην απλή όρθια θέση (Εικόνα 3.2) (στατική καταγραφή) και (β) των εδαφικών πιέσεων που δέχεται ο άκρος πόδας κατά την βάδιση (δυναμική καταγραφή) (Rosenbaum *et. al.*, 1997).

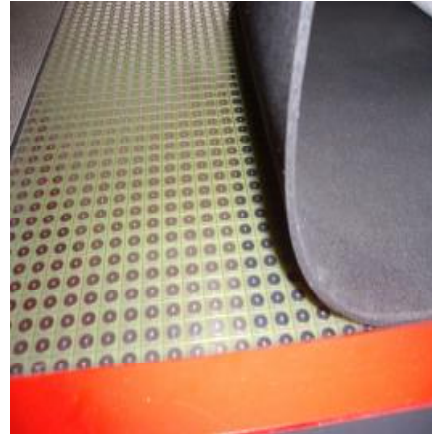


**Εικόνα 3.2:** Στατική καταγραφή πελματικών πιέσεων. **Σημείωση:** Το σημείο (M) παρουσιάζει το σημείο μέγιστης πίεσης (φυσιολογικά βρίσκεται στην πτέρνα), το σημείο (R) και (L) αντιπροσωπεύουν το κέντρο πίεσης του δεξιού και αριστερού πέλματος, αντίστοιχα. Το σημείο (C) δείχνει το κέντρο βάρους.

Ο ηλεκτρονικός πελματογράφος της παρούσας έρευνας (Modular Eletrinic Baropodmeter 120, Physical Support Italy) αποτελείται από: (α) μια οθόνη συνδεδεμένη με (β) έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή (επεξεργαστή Petium 200MHZ, SVGA vido card με ανάλυση έγχρωμής οθόνης) και (γ) μια σταθερή πλατφόρμα. Ο πελματογράφος είναι μια ψηφιακή πλατφόρμα μήκους 120 εκατοστά και 40 εκατοστά πλάτους, με χιλιάδες ανθεκτικούς αισθητήρες (4.800, έναν ανά  $\text{cm}^2$ ) για μια συνολική επιφάνεια  $4.800 \text{ cm}^2$ . Οι αισθητήρες και ολόκληρη η επιφάνεια της πλατφόρμας καλύπτεται από μια ειδική επίστρωση από λάστιχο (αποκαλείται «τεχνικό δέρμα») όπου μέσω αυτού μεταβιβάζεται η πελματική πίεση στους αισθητήρες (μέχρι  $100 \text{ kg/cm}^2$ ) (Εικόνα 3.3 α και β). Το σήμα από τη μηχανική πίεση του πέλματος μετατρέπεται από αναλογικό σε ψηφιακό μέσω ενός Software 2.5 Physical Gait Analysis.



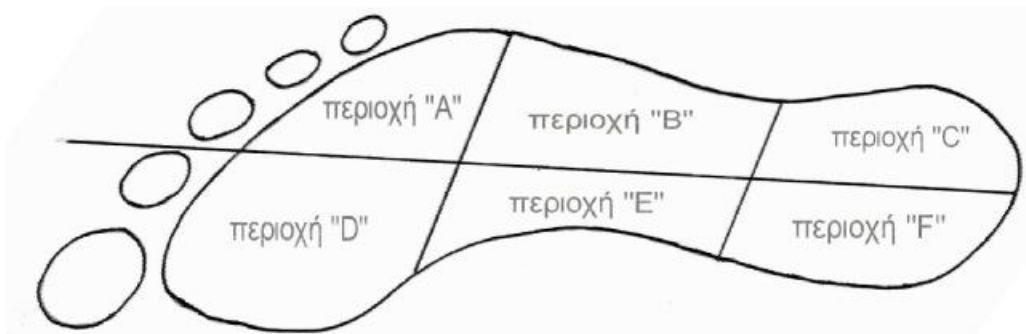
(α)



(β)

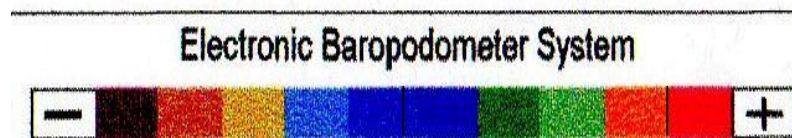
**Εικόνα 3.3.:** (α): «τεχνικό δέρμα». Λάστιχο όπου μεταβιβάζεται η πελματική πίεση στους αισθητήρες. (β): χιλιάδες ανθεκτικοί αισθητήρες που καλύπτουν την ψηφιακή Πλατφόρμα. Οι αισθητήρες καλύπτονται από το «τεχνικό δέρμα»

Στην παρούσα έρευνα αξιολογήθηκε η μορφολογία και η κατανομή των πελματικών πιέσεων σε συγκεκριμένα τμήματα του άκρου πόδα. Τα σημεία αυτά προσδιορίστηκαν από τον πελματογράφο μέσω της λειτουργίας «center of gravity geometry static» (εικόνα 3.4). Βάση αυτού, το πέλμα χωρίστηκε σε έξι τμήματα: περιοχή A (area A) όπου περιλαμβάνει το 3<sup>ο</sup>, 4<sup>ο</sup>, και 5<sup>ο</sup> μετατάρσιο, περιοχή B (area B) που περιλαμβάνει τον ισθμό του πέλματος, περιοχή C (area C) που περιλαμβάνει το έξω τμήμα της πτέρνας, περιοχή D (area D) που περιλαμβάνει το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> μετατάρσιο, περιοχή E (area E) που περιλαμβάνει την περιοχή της έσω επιμήκης ποδικής καμάρας, και περιοχή F (area F) που περιλαμβάνει την έσω πτέρνα. Συγκεκριμένα, μετρήθηκαν: (α) η επιφάνεια στήριξης σε cm<sup>2</sup>, (β) ο μέσος όρος πίεσης των επιμέρους έξι τμημάτων του πέλματος, (γ) το ποσοστό φόρτισης (load %) τόσο στο πρόσθιο όσο και στο οπίσθιο τμήμα του άκρου πόδα.



**Εικόνα 3.4.:** Τμηματική διαίρεση του πέλματος μέσω της λειτουργίας «center of gravity geometry static» του πελματογράφου

Η στατική διποδική στήριξη δείχνει την πελματική πίεση που ασκείται από τον δοκιμαζόμενο σε δέκα επίπεδα πίεσης για να επισημανθεί η διαφορετική ένταση φορτίου σε ποσοστό μέγιστης πίεσης, εμφανιζόμενης στο σημείο μέγιστου φορτίου  $M$  ( $\text{gr}/\text{cm}^2$ ). Το ποσοστό φορτίου που εκφράζεται από τα σημεία πίεσης παρουσιάζεται στην ακόλουθη χρωματική κλίμακα (Εικόνα 3.5) (κόκκινο 100-91%, πορτοκαλί 90-81%, ανοιχτό πράσινο 80-71%, σκούρο πράσινο 70-61%, σκούρο μπλε 60-51%, ανοιχτό μπλε 50-41%, κυανό 40-31%, μπεζ 30-21%, ανοιχτό καφέ 20-11%, σκούρο καφέ 10-0%.)



**Εικόνα 3.5:** Χρωματική κλίμακα εφαρμογής φορτίου.

Αρκετές έρευνες έχουν αξιολογήσει την κατανομή των πελματικών πιέσεων σε ποικίλες παθολογικές καταστάσεις του άκρου πόδα όπως πλατυποδία, βλαισός μεγάλος δάκτυλος, μετεγχειρητικές καταστάσεις γόνατος (Huang et al., 2004; Yamamoto H., Muneta T. & Ashina S., 1996; Rosenbaum et al. 1997). Ο συγκεκριμένος πελματογράφος έχει χρησιμοποιηθεί στην κατανομή και διανομή των φορτίων σε ασθενείς με γαμψοδακτυλία, παχυσαρκία, αρθροπλαστική γόνατος αλλά και σε υγιείς αθλητές (Bandettini, Innocenti & Contini, 2003; Gravante, Pomara & Russo, 2005; Gravante et al., 2003; Marsico, Moretti & Patella, 2002)

### **3.2.3 Αναστημόμετρο**

Χρησιμοποιήθηκε αναστημόμετρο τύπου SEGA για την μέτρηση του σωματικού αναστήματος από όρθια θέση, με προσέγγιση του 1 εκατοστού.

### **3.2.4 Μέτρηση του σωματικού βάρους**

Χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή ζυγαριά με ακρίβεια έως και 100 γραμμάρια (SEGA 509, Germany) για τον υπολογισμό του σωματικού βάρους.

### **3.2.5 Έντυπο πληροφόρησης χαρακτηριστικών δείγματος**

Το έντυπο «Ατομική Καρτέλα Αθλητή» (Παράρτημα) περιλαμβάνει τα δημογραφικά στοιχεία των αθλητών, την προπονητική και αγωνιστική εμπειρία και πληροφορίες σχετικά με την παθολογική κατάσταση, εφόσον υπάρχει, του άκρου πόδα. Στόχος της καρτέλας αυτής είναι να εκτιμήσει και να καταγράψει τα χαρακτηριστικά του δείγματος, Το έντυπο αυτό δίνονταν στους αθλητές πριν την διαδικασία της μέτρησης.

## **3.3. Διαδικασία της έρευνας**

Αρχικά πραγματοποιήθηκε επικοινωνία του ερευνητή με τους προπονητές των δοκιμαζόμενων των δύο Εθνικών ομάδων του τζούντο και της πάλης. Κατόπιν υπήρξε προσωπική συνάντηση του ερευνητή με τους δοκιμαζόμενους στο χώρο προπόνησης, με στόχο την ενημέρωση αυτών για το σκοπό, τη σημασία και τη διαδικασία της έρευνας. Κατόπιν συμφωνίας συμμετοχής του κάθε δοκιμαζόμενου στην έρευνα προγραμματίστηκε συνάντηση για την αντικειμενική αξιολόγηση και μέτρηση του σε συγκεκριμένο Νοσοκομειακό Ίδρυμα της Αττικής. Αρχικά, το δείγμα ήταν 36 αθλητές, όπου έξι από αυτούς δεν επιλέχθηκαν διότι δύο αθλητές είχαν χειρουργείο στην άρθρωση του γόνατος και τέσσερις είχαν υποστεί διάστρεμμα 2<sup>ου</sup> βαθμού στην ποδοκνημική άρθρωση και δεν είχαν ολοκληρώσει το πρόγραμμα αποκατάστασης.

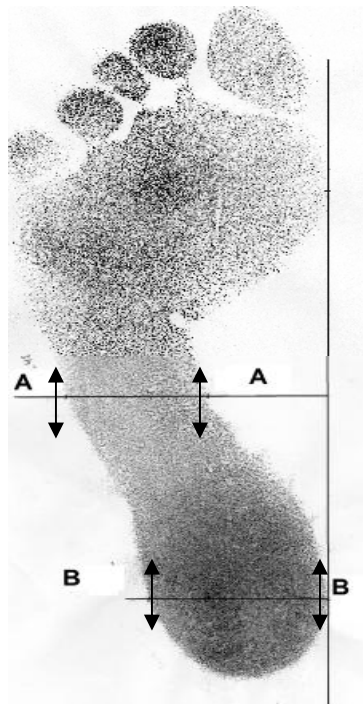
Στο ιατρείο, Φυσικής Ιατρικής και Αποκατάστασης, του Γ.Ν Ασκληπιείου Βούλας έγινε η δεύτερη συνάντηση με τους δοκιμαζόμενους της έρευνας. Συγκεκριμένα οι δοκιμαζόμενοι υπέγραψαν τη δήλωση συγκατάθεσης (Παράρτημα) και το έντυπο Ατομική Καρτέλα Αθλητή (Παράρτημα). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν την ίδια ημέρα, οι μετρήσεις με το απλό τύπου πελματογράφημα (πλαντογρόγραμμα) και με το ηλεκτρονικό πελματογράφημα από

εξειδικευμένο ιατρό φυσικής αποκατάστασης σε συνεργασία με τον ερευνητή. Η χρονική διάρκεια όλων των μετρήσεων σε όλους τους δοκιμαζόμενους ήταν ενάμιση μήνα. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο ιατρό με τη συνεργασία του ερευνητή.

Στον απλό τύπου πελματογράφο ο δοκιμαζόμενος χωρίς παπούτσια στέκεται στην έσω πλευρά του πελματογράφου (επάνω στο πλαστικό) και μεταφέρει όλο το βάρος του σώματος του, κάνοντας κάμψη του γόνατος περίπου  $30^{\circ}$ . Ο εξεταστής πιέζει με το δάκτυλό του, την ονυχοφόρο φάλαγγα του δεύτερου δακτύλου του εξεταζόμενου και μετά αφαιρείται το κάτω άκρο από τον πελματογράφο με ενεργητική κίνηση. Με τη μέθοδο αυτή καταγράφεται το πελματικό αποτύπωμα (footprint) και στη συνέχεια υπολογίζεται ο δείκτης της ποδικής καμάρας. Η μέθοδος μέτρησης χαρακτηρίζεται αρκετά ακριβής και με πολύ χαμηλό κόστος (Kanatli, Yetkin & Cila, 2001).

Ο δείκτης της ποδικής καμάρας διαμορφώνεται από τη σχέση του μέσου (midfoot) και οπίσθιου (rearfoot) τμήματος του πέλματος, όπως αποτυπώνεται στο απλό πελματογράφο με τη χρήση μελανιού. Η μέθοδος υπολογισμού του δείκτη ξεκινά αρχικά με το σχεδιασμό μιας ευθείας γραμμής που εφάπτεται το έσω άκρο του προσθίου πόδα με την έσω πλευρά της πτέρνας. Κατόπιν, σχεδιάζετε μια κάθετη γραμμή A, η οποία χωρίζει το πέλμα σε πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα από το μέσο της προηγούμενης ευθείας. Επίσης σχεδιάζετε μια άλλη κάθετη γραμμή από την πτέρνα, την ευθεία B (η ευθεία B διέρχεται από το μέγιστο πλάτος της πτέρνας). Μετρείται ,το πλάτος της επιφάνειας που εφάπτεται το πέλμα με το έδαφος στις ευθείες που έχουν χαραχθεί A για το μέσο και B για το οπίσθιο τμήμα του κάτω άκρου της πτέρνας με ακρίβεια χιλιοστών (Εικόνα 3.6) (Jose Hernandez, Kimura Henrique Ferreira Laraya & Favaro 2007; Staheli, Chew & Corbett, 1987; Kanatli , Yetkin & Cila , 2001; Huang Wang & Wang et. al. 2004).





**Εικόνα 3.6:** Πελματικό αποτύπωμα (footprint). Μέθοδος υπολογισμού του δείκτη της ποδικής καμάρας (P.I)

Ο έσω δείκτης της ποδικής καμάρας (Plantar Index- PI) υπολογίζεται διαιρώντας το μήκος της ευθείας A που εφάπτεται το πέλμα με το έδαφος με το μήκος της ευθείας B δηλαδή, το πλάτος της πτέρνας ( $PI = A / B$ ). Φυσιολογικές τιμές του δείκτη αναφέρονται οι τιμές μεταξύ 0.3 και 1.0. Υψηλότερες τιμές του 1.0 δείχνουν τάση πλατυποδίας και χαμηλότερες τιμές του 0.3 αποκαλύπτουν τάση κοιλοποδίας. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται και άλλη παρόμοιοι τρόποι καταγραφής του δείκτη της ποδικής καμάρας με την διαδικασία του πελματικού αποτυπώματος (footprint) (Cavanagh et al.,1987).

Στο ηλεκτρονικό πελματογράφο οι δοκιμαζόμενοι υποβλήθηκαν σε δοκιμασία στο στατικό πελματογράφημα σύμφωνα με το οποίο τοποθετούσαν τα πέλματα τους παράλληλα μεταξύ τους επάνω στην πλατφόρμα (Εικόνα 3.7). Οι δοκιμαζόμενοι παρέμεναν σε χαλαρή όρθια στάση για 5 δευτερόλεπτα, με το κεφάλι να κοιτάζει ευθεία μπροστά, ενώ τα χέρια ήταν χαλαρά κατά μήκος του σώματος.



**Εικόνα 3.7.** Διαδικασία καταγραφής πελματικών πιέσεων με το στατικό πελματογράφημα

Όλοι οι δοκιμαζόμενοι είχαν ανοιχτά μάτια κατά την διάρκεια των τριών προσπαθειών με διάλειμμα 5 δευτερολέπτων μεταξύ των τριών προσπαθειών και παρέμεναν αυστηρά ακίνητοι μέχρι την ολοκλήρωση της καταγραφής των πιέσεων. Κατόπιν καταγράφονταν η μέση στατική στήριξη του δοκιμαζόμενου για πέντε δευτερόλεπτα και οι πελματικές πιέσεις στον άκρο πόδα. Η λανθασμένη στάση του δοκιμαζόμενου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το αποτέλεσμα της εξέτασης και να αποκαλύψει μη έγκυρες πληροφορίες ή πληροφορίες που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. (Gravante *et al.* 2005). Τα σήματα καταγραφής ενισχύονταν, ψηφιοποιούνταν και αναλύονταν μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή (Gravante *et al.* 2003).

Κατόπιν, ακολουθούσε η καταγραφή του πλαντογραφήματος, η αποτύπωση του πέλματος επάνω σε τυπογραφικό μελάνι. Οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποιούσαν ένα πάτημα επάνω στον πελματογράφο απλού τύπου, με το δεξί κάτω άκρο, από όπου καταγράφονταν το αποτύπωμα του πέλματος μέσω μελανιού. Με ενεργητική κίνηση πατούσαν επάνω στον απλό πελματογράφο και έπειτα πάλι με ενεργητική κίνηση απομάκρυναν το πόδι από αυτόν.

Κατά τη διαδικασία της έρευνας δεν πραγματοποιήθηκε καμία θεραπευτική παρέμβαση. Αρχικά, αξιολογήθηκε η ομάδα του τζούντο και έπειτα της πάλης. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν επτά επισκέψεις στο Νοσοκομειακό Ίδρυμα με πέντε αθλητές για αξιολόγηση κάθε φορά. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πρωινές ώρες, συγκεκριμένα μεταξύ 8:00 με 9:00, χωρίς να έχει προηγηθεί προπόνηση προηγουμένως.

Τόσο κατά την έναρξη όσο και στο τέλος της διαδικασίας δόθηκαν θερμές ευχαριστίες στα άτομα για την εθελοντική συμμετοχή τους στην έρευνα.

### **3.4. Στατιστικές αναλύσεις**

Οι στατικές αναλύσεις των δεδομένων της έρευνας περιλάμβανε:

(α) Περιγραφική στατιστική των δημογραφικών χαρακτηριστικών του δείγματος (λ.χ., μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις).

(β) Έλεγχος *t*-test για την εξέταση των διαφορών μεταξύ των αθλητών της πάλης και του τζούντο στις μεταβλητές του δείκτη της ποδικής καμάρας (P.I), του ποσοστού (%) φόρτισης του πρόσθιου και οπίσθιου πόδα, της συνολικής επιφάνειας επαφής του πέλματος, και των πιέσεων σε επιμέρους τμήματα αυτού.

## **4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### 4.1. Περιγραφική στατιστική χαρακτηριστικών του δείγματος

Η περιγραφική στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η ηλικία των 30 δοκιμαζόμενων ήταν τα 22.1 έτη ( $SD = 4.16$ ) με προπονητική και αγωνιστική εμπειρία τα 10.76 έτη ( $SD= 3.95$ ) και 7.23 έτη, αντίστοιχα ( $SD= 3.90$ ). Το σωματικό βάρος του συνόλου του δείγματος κυμαινόταν από 55.00 έως 102.30 κιλά ( $M= 77.22$ ,  $SD= 14.4$ ) με μέσο όρο ύψος 1.76 εκατοστά ( $SD= 5.53$ ). Τέλος, ο δείκτης μάζας σώματος των δοκιμαζόμενων κυμαινόταν από 20.20 έως 29.16 ( $M=24.70$ ,  $SD=2.46$ ).

Δέκα αθλητές από την ομάδα του τζούντο είχαν συχνότητα προπόνησης άνω των πέντε φορές την εβδομάδα και πέντε αθλητές είχαν συχνότητα προπόνησης τρεις με πέντε φορές την εβδομάδα κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων ετών. Παρόμοια, εννιά αθλητές της πάλης είχαν συχνότητα προπόνησης άνω των πέντε φορές την εβδομάδα και έξι αθλητές τρεις με πέντε φορές την εβδομάδα κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων ετών. Στον Πίνακα 4.1. εμφανίζονται οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των δημογραφικών χαρακτηριστικών της κάθε ομάδας των αθλητών, αντίστοιχα.

**Πίνακας 4.1.** Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις δημογραφικών χαρακτηριστικών της ομάδας του τζούντο και της ομάδας της πάλης

Δημογραφικά χαρακτηριστικά	Ομάδα τζούντο		Ομάδα πάλης	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Ηλικία	20.33	4.28	23.86	2.98
Σωματικό βάρος	83.22	20.93	71.29	9.69
Ύψος	179.8	8.10	172.1	7.33
Δείκτη μάζας σώματος	25.46	2.61	23.94	2.11
Νούμερο υποδήματος	44.23	2.22	42.63	1.65
Προπονητική εμπειρία	10.73	4.43	10.80	3.56
Αγωνιστική εμπειρία	7.46	3.81	7.66	3.67

Ο Πίνακας 4.2. απεικονίζει τη συχνότητα των αθλητών σχετικά με την έκφραση παραπόνων για ενόχληση/πόνο στο πέλμα, κατά τη διάρκεια της προπόνησης ή του ελεύθερου χρόνου. Ο Πίνακας 4.3. παρουσιάζει: (α) τη συχνότητα εμφάνισης της ενόχλησης/πόνου ανάλογα με το κάτω άκρο και (β) την κυριαρχία του κάτω άκρου των δοκιμαζόμενων.

**Πίνακας 4.2.** Απλή συχνοτική κατανομή των μεταβλητών «παράπονα για ενόχληση/πόνο στο πέλμα» και «δραστηριότητα εμφάνισης του πόνου» στο σύνολο του δείγματος

Παράπονα για ενόχληση/πόνο στο πέλμα/ δραστηριότητα εμφάνισης αυτής	Σύνολο δείγματος	
	Συχνότητα $f$	Εκατοστιαία αναλογία (%)
Δεν έχει παρουσιαστεί ποτέ ενόχληση/πόνος	16/30	53.30%
Ενόχληση/πόνος στην προπόνηση	8/30	26.70%
Ενόχληση/πόνος στον ελεύθερο χρόνο	6/30	20,00%

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4.2, το 53.30% των αθλητών δεν εμφάνισε ενόχληση/πόνο. Αναλυτικότερα, για την ομάδα των 15 αθλητές του τζούντο 9 δεν εμφάνιζαν πόνο, 4 εμφάνιζαν κατά την διάρκεια της προπόνησης και δύο αθλητές εμφάνιζαν πόνο μέσα στην διάρκεια της ημέρας. Για την ομάδα της πάλης 7 δεν παραπονέθηκαν ποτέ για πόνο, 4 εμφάνισαν πόνο στην προπόνηση και 4 εμφάνιζαν πόνο μέσα στην διάρκεια της ημέρας. Παρόλα αυτά, το 13.30% του συνολικού δείγματος είχε ενόχληση/πόνο στο δεξί κάτω άκρο και το 6.60% στο αριστερό κάτω άκρο, ενώ το 26.60% παρουσίαζε ταυτόχρονα ενόχληση/πόνο και στο δύο πέλματα (Πίνακα 4.3)

**Πίνακας 4.3.** Απλή συχνοτική κατανομή πέλματος με ενόχληση/πόνο και κυριαρχίας κάτω άκρου στην ομάδα του τζούντο και στην ομάδα της πάλης

Πέλμα με ενόχληση/πόνο	Ομάδα τζούντο		Ομάδα πάλης	
	Συχνότητα $f$	Εκατοστιαία αναλογία (%)	Συχνότητα $f$	Εκατοστιαία αναλογία (%)
Δεξί	2/15	13.30%	2/15	13.30%
Αριστερό	0/15	0.00%	2/15	13.30%
Δεξί και Αριστερό	4/15	26.60%	4/15	26.60%
Δεν εμφάνιζαν πόνο	9/15	60%	7/15	46.60%
Κυρίαρχο κάτω άκρο	Συχνότητα $f$	Εκατοστιαία αναλογία (%)	Συχνότητα $f$	Εκατοστιαία αναλογία (%)
Δεξί	12/15	80%	13/15	86.60%
Αριστερό	3/15	20%	2/15	13.30%

#### 4.2. Σύγκριση μεταβλητών μεταξύ ομάδων έρευνας

Οι εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας είναι: (α) ο δείκτης του ύψους της ποδικής καμάρας, (β) το ποσοστό (%) φόρτισης στην πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια του πέλματος, (γ) η συνολική επιφάνεια επαφής ( $\text{cm}^2$ ) του πέλματος με το έδαφος, (δ) η μέση πελματική πίεση σε επιμέρους τμήματα του πέλματος (περιοχές a, b, c, d, e, f).

Αρχικά, ο έλεγχος της στατιστικής παραδοχής της κανονικότητας των μεταβλητών έδειξε ότι όλες οι μεταβλητές ανήκουν σε πληθυσμιακές κατανομές με κανονική μορφή, οπότε πραγματοποιήθηκαν παραμετρικές στατιστικές αναλύσεις. Συγκεκριμένα, στον Πίνακα 4.4. παρουσιάζεται ο δείκτης Kolmogorov-Smirnov, ο οποίος δεν ήταν στατιστικώς σημαντικός για τις μεταβλητές της έρευνας. Συνεπώς, ο στατιστικός έλεγχος  $t$  χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση των διαφορών των τιμών των μεταβλητών του δείκτη της ποδικής καμάρας, του ποσοστό φόρτισης στην πρόσθια επιφάνεια του πέλματος, της συνολικής επιφάνειας επαφής του πέλματος με το έδαφος, και των πιέσεων σε επιμέρους τμήματα του πέλματος μεταξύ των δύο ομάδων των αθλητών.

**Πίνακας 4.4.** Έλεγχος κανονικότητας των μεταβλητών στους αθλητές τζούντο και πάλης

Μεταβλητές	Δείκτης Kolmogorov-Smirnov	Στατιστικός δείκτης σημαντικότητας
Δείκτης ποδικής καμάρας	0.17	0.20
Ποσοστό (%) δεξί Πρόσθιου Πόδα	0.10	0.20
Ποσοστό (%) αριστερ. Πρόσθιου Πόδα	0.16	0.19
Ποσοστό (%) δεξί Οπίσθιου Πόδα	0.13	0.10
Ποσοστό (%) αριστερ. Οπίσθιου Πόδα	0.14	0.22
Συνολική Επιφάνεια Πέλματος ( $\text{cm}^2$ )	0.10	0.20
Μέση πίεση περιοχή A ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )	0.13	0.19
Μέση πίεση περιοχή B ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )	0.15	0.09
Μέση πίεση περιοχή C ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )	0.15	0.10
Μέση πίεση περιοχή D ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )	0.15	0.07
Μέση πίεση περιοχή E ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )	0.15	0.11
Μέση πίεση περιοχή F ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )	0.15	0.46

Ο στατιστικός έλεγχος *t* χρησιμοποιήθηκε για να εξεταστούν οι διαφορές των τιμών των εξαρτημένων μεταβλητών μεταξύ των δύο αθλητικών ομάδων. Στον Πίνακα 4.5. εμφανίζονται οι μέσες τιμές, οι τυπικές αποκλίσεις και οι συγκρίσεις μεταξύ των δύο ομάδων ως προς τις μεταβλητές των ποσοστών (%) των πελματικών φορτίων και της επιφάνειας πέλματος. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δοκιμαζομένων της πάλης και του τζούντο ως προς τις μεταβλητές: (α) της επιφάνειας του αριστερού πρόσθιου τμήματος του πέλματος ( $t=5.74, p<0.05$ ), (β) της επιφάνειας του δεξιού πρόσθιου τμήματος του πέλματος ( $t= 5.40, p<0.05$ ), (γ) της συνολικής επιφάνειας του αριστερού πέλματος ( $t= 5.09, p<0.05$ ), (δ) της συνολικής επιφάνειας του δεξιού πέλματος ( $t= 6.22, p<0.05$ ).

**Πίνακας 4.5.** Περιγραφική στατιστική και διαφορές στις φορτίσεις, στην επιφάνεια πέλματος και στο δείκτη ποδικής καμάρας μεταξύ της ομάδας τζούντο και ομάδας της πάλης

Μεταβλητές	Ομάδα Τζούντο		Ομάδα πάλης		<i>t</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
Φόρτιση αριστερού πρόσθιου πόδα (%) #	20.00	3.22	22.00	8.27	-0.87
Φόρτιση δεξιού πρόσθιου πόδα (%) #	21.73	4.30	21.93	7.40	-0.09
Φόρτιση αριστερού οπίσθιου πόδα (%) #	28.60	4.33	27.72	10.12	0.30
Φόρτιση δεξιού οπίσθιου πόδα (%) #	29.66	3.57	28.33	4.93	0.84
Επιφάνεια αριστερού πρόσθιου τμήματος πέλματος (cm <sup>2</sup> )	66.86	7.76	47.20	10.76	5.74*
Επιφάνεια δεξιού πρόσθιου τμήματος πέλματος (cm <sup>2</sup> )	70.33	11.83	46.40	12.40	5.40*
Ολική επιφάνεια αριστερού πέλματος (cm <sup>2</sup> )	153.2	19.64	103.93	31.93	5.09*
Ολική επιφάνεια δεξιού πέλματος (cm <sup>2</sup> )	160.33	23.31	107.06	23.55	6.22*

\* Επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.05$

# δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ των αθλητών του τζούντο και της πάλης στο ποσοστό (%) φόρτισης του πρόσθιου και οπίσθιου τμήματος του πέλματος.

Στον Πίνακα 4.6., παρουσιάζονται οι μέσες τιμές, οι τυπικές αποκλίσεις και οι συγκρίσεις μεταξύ των δύο ομάδων ως προς τη μέση τιμή πίεσης διαφόρων περιοχών του πέλματος. Συγκεκριμένα, υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων του τζούντο και της πάλης: (α) στην περιοχή πέλματος A, όπου περιλαμβάνει το 3<sup>ο</sup> - 4<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup>



μετατάρσιο ( $t = -3.24, p < 0.01$ ), (β) στην περιοχή πέλματος C, όπου περιλαμβάνει το έξω τμήμα της πτέρνας ( $t = -3.48, p < 0.01$ ), (γ) στην περιοχή πέλματος D, όπου περιλαμβάνει το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> μετατάρσιο ( $t = -2.83, p < 0.01$ ) και (δ) στην περιοχή πέλματος F, όπου περιλαμβάνει την έσω πτέρνα ( $t = -4.71, p < 0.01$ ). Στο μέσο τμήμα του πέλματος (midfoot), περιοχές B (πελματικός ισθμός) και E (ποδική καμάρα) δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στις πελματικές πιέσεις. Αξίζει να σημειωθεί η στατιστική διαφορά που παρατηρείται στην επιφάνεια πέλματος (cm<sup>2</sup>) στην περιοχή E (περιοχή της έσω επιμήκης ποδικής καμάρας) ( $t = 3.86, p < 0.01$ ). Τέλος δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά στον δείκτη ποδικής καμάρας ( $t = 1.12, p > 0.05$ ). Οι τιμές του Πίνακα 4.6. αναφέρονται στο δεξί κάτω άκρο ως το κυρίαρχο των περισσότερων αθλητών (25/30).

**Πίνακας 4.6.** Περιγραφική στατιστική και διαφορές πελματικών πιέσεων και δείκτη ποδικής καμάρας στην ομάδα του τζούντο και στην ομάδα της πάλης

Μεταβλητές	Ομάδα Τζούντο		Ομάδα πάλης		t
	M	SD	M	SD	
Μέση πίεση περιοχή A (N/cm <sup>2</sup> )	269.93	79.53	391.26	121.24	-3.241*
Μέση πίεση περιοχή B (N/cm <sup>2</sup> )	291.80	89.91	281.86	63.56	0.349
Μέση πίεση περιοχή C (N/cm <sup>2</sup> )	279.73	63.93	368.73	75.32	-3.48*
Μέση πίεση περιοχή D (N/cm <sup>2</sup> )	265.26	77.50	372.13	123.92	-2.83*
Μέση πίεση περιοχή E (N/cm <sup>2</sup> )	209.00	58.65	223.26	108.81	-0.447
Μέση πίεση περιοχή F (N/cm <sup>2</sup> )	321.00	72.80	457.13	84.92	-4.71*
Δείκτης ποδικής καμάρας	0.87	0.18	0.79	0.22	1.12

\* Επίπεδο σημαντικότητας  $p < 0.01$

## **5.ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

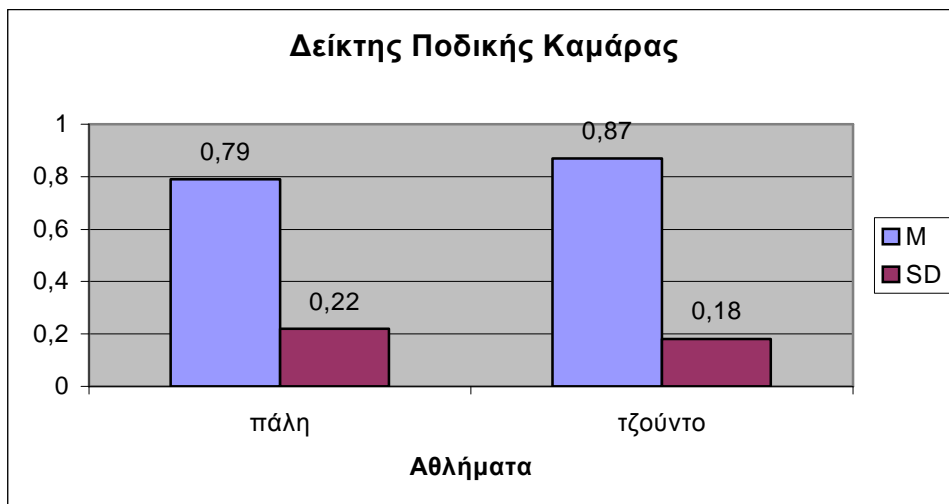
### **5.1.Σκοπός της μελέτης**

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η σύγκριση του δείκτη επιμήκης ποδικής καμάρας (ΔΕΠΚ), των ποσοστών (%) φόρτισης του πρόσθιου και οπίσθιου πόδα, της επιφάνειας επαφής πέλματος με το έδαφος και των πελματικών πιέσεων μεταξύ των αθλητών του τζούντο και της πάλης.

### **5.2. Σύγκριση μεταξύ αθλητών τζούντο και πάλης ως προς το δείκτη ποδικής καμάρας (πρώτο ερευνητικό ερώτημα)**

Η πολύπλοκη δομή και η μηχανική ιδιαιτερότητα της επιμήκους μεσαίας ποδικής καμάρας (ΕΜΠΚ) έχει συντελέσει στη δημιουργία ποικίλων μεθόδων καταγραφής, ποσοτικοποίησης και ανάλυσης των σχημάτων της. Στην παρούσα έρευνα η εκτίμηση και η αξιολόγηση του ύψους της επιμήκης ποδικής καμάρας εξετάστηκε με την μέθοδο του πελματογραφήματος, στην οποία καταγράφεται το πελματικό αποτύπωμα με τη χρήση τυπογραφικού μελανιού, όπου και αξιολογείται το ύψος της επιμήκους καμάρας.

Σχετικά με το ύψος της ποδικής καμάρας, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν έδειξαν στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ομάδων παρόλο που οι αθλητές της πάλης εμφάνισαν χαμηλότερο δείκτη ποδικής καμάρας ( $M=0.79$ ,  $SD=0.22$ ) σε σύγκριση με τους αθλητές του τζούντο ( $M=0.87$ ,  $SD=0.18$ ) (Σχήμα 5.1.) Πιθανοί λόγοι του αποτελέσματος αυτού είναι ο μικρός αριθμός των αθλητών της κάθε ομάδας και η ανομοιογένεια του δείγματος ως προς το σωματικό βάρος, παρόλο που δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο δείκτη μάζας σώματος BMI μεταξύ των δύο αθλητικών ομάδων της έρευνας ( $t=1.829$ ,  $p>0.05$ ).



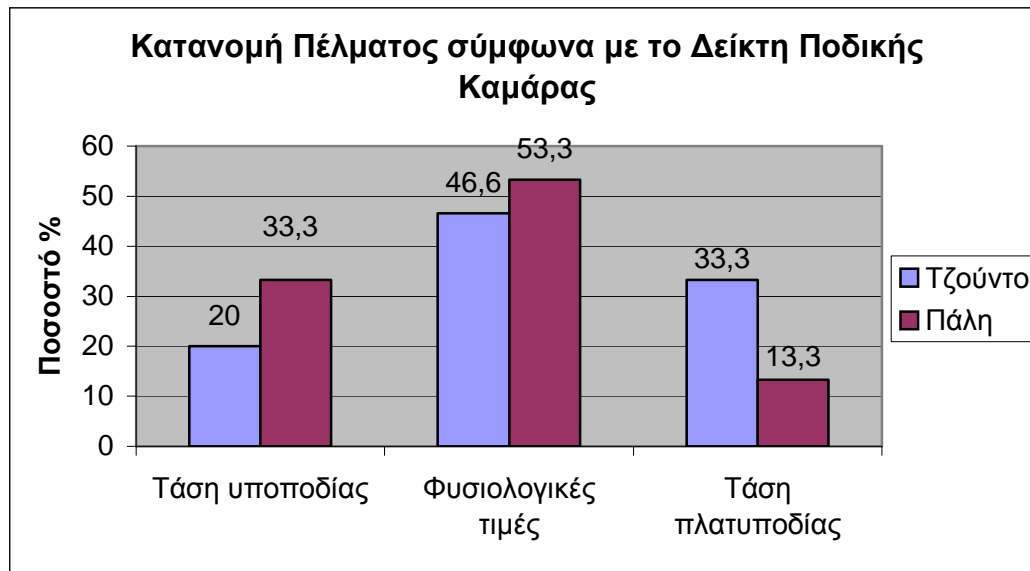
**Σχήμα 5.1.** Μέσες τιμές (M) και τυπικές αποκλίσεις (SD) του δείκτη της επιμήκης ποδικής καμάρας στην πάλη και το τζούντο.

Οι Aydog et al. (2005) εξέτασαν το ΔΕΠΚ 116 αθλητών υψηλού αγωνιστικού επιπέδου, προερχόμενοι από τα αθλήματα της πάλης, της άρσης βαρών, του ποδοσφαίρου, της χειροσφαίρισης και της γυμναστικής. Οι ερευνητές αυτοί διαπίστωσαν τον υψηλότερο ΔΕΠΚ στους αθλητές της πάλης ( $PI=0.68$ ) και το χαμηλότερο στους γυμναστές ( $PI=0.30$ ). Στα άλλα αθλήματα, ο δείκτης επιμήκους ποδικής καμάρας του ποδοσφαίρου ήταν 0.50, της άρσης βαρών 0.49 και της χειροσφαίρισης 0.43. Στην παρούσα έρευνα, ο δείκτης της ποδικής καμάρας των παλαιστών ήταν παρόμοια αρκετά υψηλός ( $PI=0.79$ ), όμως υψηλότερος διαπιστώθηκε στους αθλητές του τζούντο ( $PI=0.87$ ).

Για την ανάλυση του αποτυπώματος του πέλματος πραγματοποιείται σύγκριση της στενότερης σε πλάτος μέσης περιοχής του πέλματος με την πιο ευρύτερη σε πλάτος περιοχή της πτέρνας. Ακολουθεί η διαίρεση του μήκους των περιοχών αυτών (μέση / οπίσθια). Τιμές που τείνουν στο 0.3 υποδηλώνουν τάση κοιλοποδίας και τιμές που πλησιάζουν ή και ξεπερνούν την μονάδα 1.0 δείχνουν τάση πλατυποδίας. Στην διαδικασία της έρευνας αυτής χρησιμοποιήθηκε το αποτύπωμα του δεξιού πέλματος.

Σύμφωνα με τον δείκτη της ποδικής καμάρας εμφανίζεται η κατανομή των πελμάτων. Στην ομάδα του τζούντο, πέντε αθλητές παρουσίασαν τιμές που δείχνουν τάση πλατυποδίας (33.3%), τρεις παρουσίασαν τάση κοιλοποδίας (20%) και οι υπόλοιποι επτά κυμαίνονταν σε φυσιολογικές τιμές (46.6%). Στην ομάδα της πάλης, δύο αθλητές χαρακτηρίζονταν από τιμές με τάση πλατυποδίας (13.3%), πέντε παρουσίαζαν τιμές με τάση κοιλοποδίας (33.3%) και οι υπόλοιποι οκτώ τιμές στα φυσιολογικά όρια (53.3%) (Σχήμα 5.2.). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν κανονικότητα στην κατανομή με το κύριο ποσοστό των αθλητών να εμφανίζουν φυσιολογικές τιμές, ενώ αντίθετα μικρότερα είναι τα ποσοστά που βρίσκονται σε οριακές

τιμές (εμφάνιση κοιλοποδίας και πλατυποδίας). Οι αθλητές του τζούντο εμφανίζουν μια μεγαλύτερη τάση για πλατυποδία ( $0.9 < \Delta ΠΚ < 1.2$ ) σε σχέση με τους αθλητές της πάλης, οι οποίοι εμφανίζουν τάση κοιλοποδίας ( $0.3 < \Delta ΠΚ < 0.6$ ). Ωστόσο, δεν μπορούν να γενικευτούν τα αποτελέσματα αυτά, ως εκ τούτου απαιτείται περαιτέρω έρευνα με μεγάλο αριθμό αθλητών πάλης και τζούντο για την επαλήθευση και τη γενίκευσή τους.



**Σχήμα 5.2.** Ποσοστά αθλητών τζούντο και πάλης με τάση κοιλοποδίας (χαμηλός ΔΠΚ), τάση πλατυποδίας (υψηλός ΔΠΚ) και φυσιολογικές τιμές εγκάρσια ποδική καμάρα

Το ποσοστό συχνότητα εμφάνισης της πλατυποδίας κυμαίνεται μεταξύ 10% – 25% στο γενικό πληθυσμό (Huang et al., 2004). Στην παρούσα έρευνα, το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 23.3 % επί του συνολικού δείγματος των αθλητών. Οι Huang et al., (2004) διαπίστωσαν ότι η εύκαμπτη πλατυποδία δεν είναι μόνο πρόβλημα συνδεσμικό (στατικό) της ποδοκνημικής και του συνόλου του πέλματος, αλλά συνέπεια μιας δυναμικής λειτουργικής αλλαγής του κάτω άκρου. Το πέλμα απορροφά τις δυνάμεις επαφής με το έδαφος. Πέλμα που ανυψώνει την εσωτερική καμάρα με πελματικό αποτύπωμα όπου έχει εξαλειφθεί η περιοχή του ισθμού είναι γνωστό μορφολογικά ως κοιλοποδία (cavus foot), ενώ πέλμα χωρίς εμφανή μεσαία ποδική καμάρα και ευρύ πλάτος στην περιοχή του ισθμού είναι γνωστή ως πλατυποδία. Τα μορφολογικά σχήματα του πέλματος παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη, ωστόσο δεν αποτελούν παθολογικές δυσλειτουργίες όλες τις φορές αλλά πιθανόν να έχουν σχέση με την εμφάνιση ενός λιπώδους ιστού στην περιοχή του πέλματος (Hefli & Brunner, 1999; Staheli et al., 1999).

Η διαφοροποίηση αυτή στη μορφολογία του πέλματος πιθανόν να οφείλεται στη χρήση ή μη υποδημάτων κατά την διάρκεια της προπόνησης, παρόλο που οι Echarri και Forriol

(2003) κατέληξαν ότι το υπόδημα έχει πολύ μικρή επίδραση στην μορφολογία του πέλματος.. Οι Sachithanandam και Joseph (1995) έδειξαν ότι η πλατυποδία εμφανίζεται συχνότερα σε παιδιά-εφήβους όπου φορούν υποδήματα, λιγότερο συχνά σε αυτά που φορούν σανδάλια και ελάχιστα σε παιδιά ξυπόλυτα. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αντίθετα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, αφού οι παλαιστές αθλητές όπου χρησιμοποιούν υποδήματα φαίνεται να εμφανίζουν μια μικρή τάση κοιλοποδίας.

Οι αθλητές της πάλης χρησιμοποιούν υπόδημα τύπου "μποτάκι" για να εξασφαλίζεται το λιγότερο μυϊκό ενεργειακό κόστος για τη σταθερότητα της ποδοκνημικής, για τη σταθερότητα του πέλματος στο έδαφος (αντιολισθητική ικανότητα του υποδήματος), για την απόκτηση ενός ανατομικού πέλματος (ορθωτικό ανύψωμα στην ποδική καμάρα) και για τη μεγαλύτερη ικανότητα απόσβεση κραδασμών και φορτίων (Newton, Doan & Meese, 2002). Αντίθετα οι αθλητές του τζούντο προπονούνται ξυπόλυτοι. Η ισομετρική ικανότητα των μυών που προσφύονται στην κυρτή πλευρά της καμάρας των αθλητών του τζούντο, όπως του τρικέφαλου γαστροκνημίου, του πρόσθιου κνημιαίου, του μακρού εκτείνοντα τους δακτύλους και του μεγάλου δακτύλου, είναι χαρακτηριστική αφού ελέγχουν και σταθεροποιούν τον άκρο πόδα στο έδαφος κατά την διάρκεια έντονης μυϊκής ενεργοποίησης του κορμού και των άνω άκρων (Imamura & Johnson, 2003, Iwai, Okata & Nakazato, 2008). Επιπλέον, η ποδική καμάρα των αθλητών του τζούντο επιπεδώνεται από την πίεση του βάρους του σώματος και αποπλατύνεται η πελματική επιφάνεια του άκρου πόδα (Echarrí *et al.*, 2003), με συνέπεια κατά τη διάρκεια άρσης και ανατροπής του αντιπάλου, ο αθλητής να δέχεται επιπλέον φορτίο από το σωματικό βάρος του αντιπάλου. Η καθημερινή και για χρόνια επαναλαμβανόμενη φόρτιση του ξυπόλυτου άκρου πόδα του αθλητή του τζούντο στην προπόνηση, πιθανόν οδηγεί και σε σταδιακή διαφοροποίηση του ύψους της ποδικής καμάρας. Η συνήθεια ή οι απαιτήσεις του αθλήματος πιθανόν απαιτούν ανάλογη αύξηση του ύψους της μεσαίας ποδικής καμάρας (Rao & Joseph, 1992). Ωστόσο αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας όπου οι ξυπόλυτοι αθλητές του τζούντο έχουν χαμηλότερη ποδική καμάρα σε σχέση με του αθλητές της πάλης που χρησιμοποιούν υπόδημα. Η διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τα αθλήματα του τζούντο και της πάλης είναι ανεπαρκής, ως εκ τούτου απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την επαλήθευση των παρόντων αποτελεσμάτων.

Η επίδραση της μορφολογίας του πέλματος, συγκεκριμένα του ύψους της επιμήκου ποδικής καμάρας (ΕΠΚ), στην αθλητική απόδοση δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Ο Cureton (1935) μελέτησε τη σχέση μεταξύ του ύψους του δείκτη της ΕΠΚ και της απόδοσης σε διάφορες δραστηριότητες, όπως στο άλμα, στο τρέξιμο, στην άρση και υποβάσταξη βαρών,

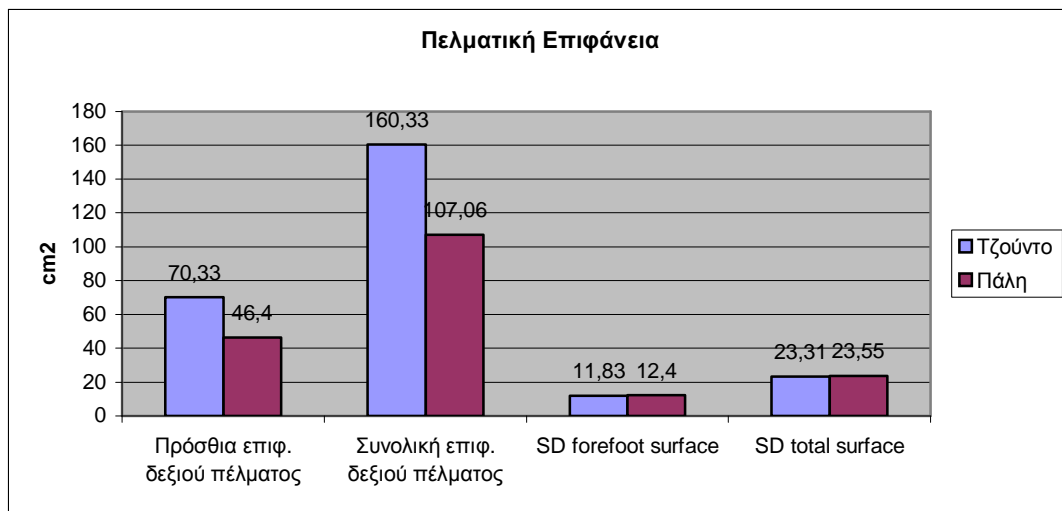
στην ισορροπία, στη δύναμη και στην ευκαμψία. Ο ερευνητής δεν κατέληξε σε σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ του ύψους του δείκτη της ΕΠΚ και της απόδοσης. Επίσης, το ύψος της ΕΠΚ δεν φάνηκε να επηρεάζει την απόδοση και το ύψος κατακόρυφου άλματος 1104 αθλητών διαφορετικών επιπέδων για τον προσδιορισμό παραγόντων που επηρεάζουν την απογείωση στην εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος (Yongyan & Yihua, 1995). Στην παρούσα έρευνα δεν μελετήθηκε η επίδραση της διαφοράς του ύψους του δείκτη της ΕΠΚ μεταξύ των αθλητών της πάλης και τζούντο στην αθλητική απόδοση. Οι εμβιομηχανικές παρεκκλίσεις και οι μυϊκές ανισορροπίες πιθανόν προοδευτικά οδηγούν σε ενοχλήσεις-πόνους στο πέλμα και γενικά στον άκρο πόδα. Ο πόνος έμμεσα οδηγεί στον περιορισμό της αθλητικής απόδοσης εξαιτίας του μυϊκού σπασμού που αναπτύσσεται στην περιοχή πόνου. Η άσκηση προκαλεί τοπική ισχαιμία, έτσι που η ισχαιμία εμφανίζεται ή επιδεινώνει τον πόνο (Vande *et al.*, 2001).

### **5.3. Σύγκριση μεταξύ αθλητών τζούντο και πάλης ως προς τα πελματικά φορτία στην πρόσθια και οπίσθια επιφάνεια φόρτισης και στη συνολική επιφάνεια του πέλματος (δεύτερο και τρίτο ερευνητικό ερώτημα)**

Η σωστή κατανομή των πελματικών φορτίων εξασφαλίζει την αποτελεσματική απορρόφηση των εδαφικών δυνάμεων. Οι δομικές παρεκκλίσεις του άκρου πόδα και η κατανομή των πελματικών φορτίων διαφοροποιούνται ανάλογα το άθλημα, το αγωνιστικό επίπεδο, το φύλο, την ηλικία ενασχόλησης με το συγκεκριμένο άθλημα (Aydog et al., 2005; Deydre et al., 2009; Garney et al., 2009). Οι αθλητές του τζούντο κατά την διάρκεια της προπόνησης και του αγώνα λαμβάνουν μια αμυντική μεσαία στάση, με την οποία στηρίζουν όλο το σωματικό τους βάρος στα μετατάρσια λυγίζοντας ταυτόχρονα τα γόνατα για να εξασφαλίζουν γρήγορη μετακίνηση στον αγωνιστικό χώρο (Harrington, 2000). Η επαναλαμβανόμενη αυτή θέση πιθανόν επιφορτίζει το πρόσθιο τμήμα (forefoot) του πέλματος.

Στην παρούσα έρευνα η εξέταση των πελματικών φορτίων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του ηλεκτρονικού πελματογράφου, όργανο αξιόπιστο και έγκυρο, το οποίο χρησιμοποιείτε ευρέως στην εκτίμηση και αξιολόγηση των κάτω άκρων. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας του τζούντο και της ομάδας πάλης στο δείκτη της συνολικής επιφάνειας του πέλματος ( $t=6.22, p<0.05$ ) (total surface,  $\text{cm}^2$ ) και στο δείκτη του πρόσθιου τμήματος (forefoot area,  $\text{cm}^2$ ) του πέλματος ( $t=5.40, p<0.05$ ) (Σχήμα 5.3). Δηλαδή, οι αθλητές του τζούντο που προπονούνται ξυπόλυτοι φαίνεται ότι έχουν διαμορφώσει μια μεγαλύτερη επιφάνεια στήριξης και επαφής των

πελμάτων με το έδαφος. Η ευρύτερη αυτή επιφάνεια του πέλματος αναπτύσσεται πιθανόν πλευρικά, και όχι κατά μήκος του πέλματος, αφού δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο νούμερο υποδήματος μεταξύ των δύο ομάδων ( $t=1.905, p>0.05$ ).



**Σχήμα 5.3.** Μέσες τιμές (M) και τυπικές αποκλίσεις (SD) του δεξιού πρόσθιου τμήματος (forefoot) του πέλματος και του συνολικού δεξιού πέλματος στο τζούντο και στην πάλη (τιμές σε  $cm^2$ ).

Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο ποσοστό (%) φόρτισης της πρόσθιας επιφάνειας των πελμάτων (τζούντο:  $\underline{\Delta}$ : 20%, A: 21.73% και πάλη:  $\Delta$ :22%, A:21.93%). ( $t = -0,09, p>0.05$ ) και της οπίσθιας(τζούντο:  $\underline{\Delta}$ : 29.66%, A: 28.60% και πάλη:  $\Delta$ :28.33%, A:27.72%).( $t =0.84, p>0.05$ ) μεταξύ των αθλητών των δυο ομάδων Αυτό δείχνει ότι η μεσαία αμυντική θέση που λαμβάνουν οι αθλητές του τζούντο πιθανόν δεν διαφοροποιεί το ποσοστό φόρτισης του πρόσθιου τμήματος του πέλματος.

Σε μελέτη όπου αξιολόγησαν παχύσαρκους και μη παχύσαρκους ενήλικες μη αθλητές, ύστερα από στατικό πελματογράφημα διαπιστώθηκε μια αυξημένη επιφάνεια επαφής στην πρόσθια περιοχή πέλματος (forefoot area) αλλά και την συνολική των πελματικών φορτίων στους παχύσαρκους σε σύγκριση με τους μη παχύσαρκους. Ωστόσο το ποσοστό (%) των φορτίων στην συγκεκριμένη περιοχή ήταν σχεδόν παρόμοιο με αυτό τον μη παχύσαρκων (Gravante *et al.*, 2003). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν να συμφωνούν με την παρούσα εργασία. Δηλαδή, είναι πιθανό να παρατηρείται πεπλάτυνση του πέλματος χωρίς ωστόσο να διαφοροποιείτε το ποσοστό (%) φόρτισης του πρόσθιου και οπίσθιου πόδα. Σε πληθυσμό παχύσαρκων ατόμων, η επιφάνεια του πέλματος αυξάνεται εξαιτίας του υπερκείμενου σωματικού τους βάρους που οδηγεί σε πεπλάτυνση του άκρου πόδα (Hills, Hennig & McDonald:2001). Στους αθλητές του τζούντο παρατηρείται αυτή η πεπλάτυνση του πέλματος, όχι εξαιτίας του σωματικού βάρους, αλλά πιθανόν εξαιτίας της καθημερινής

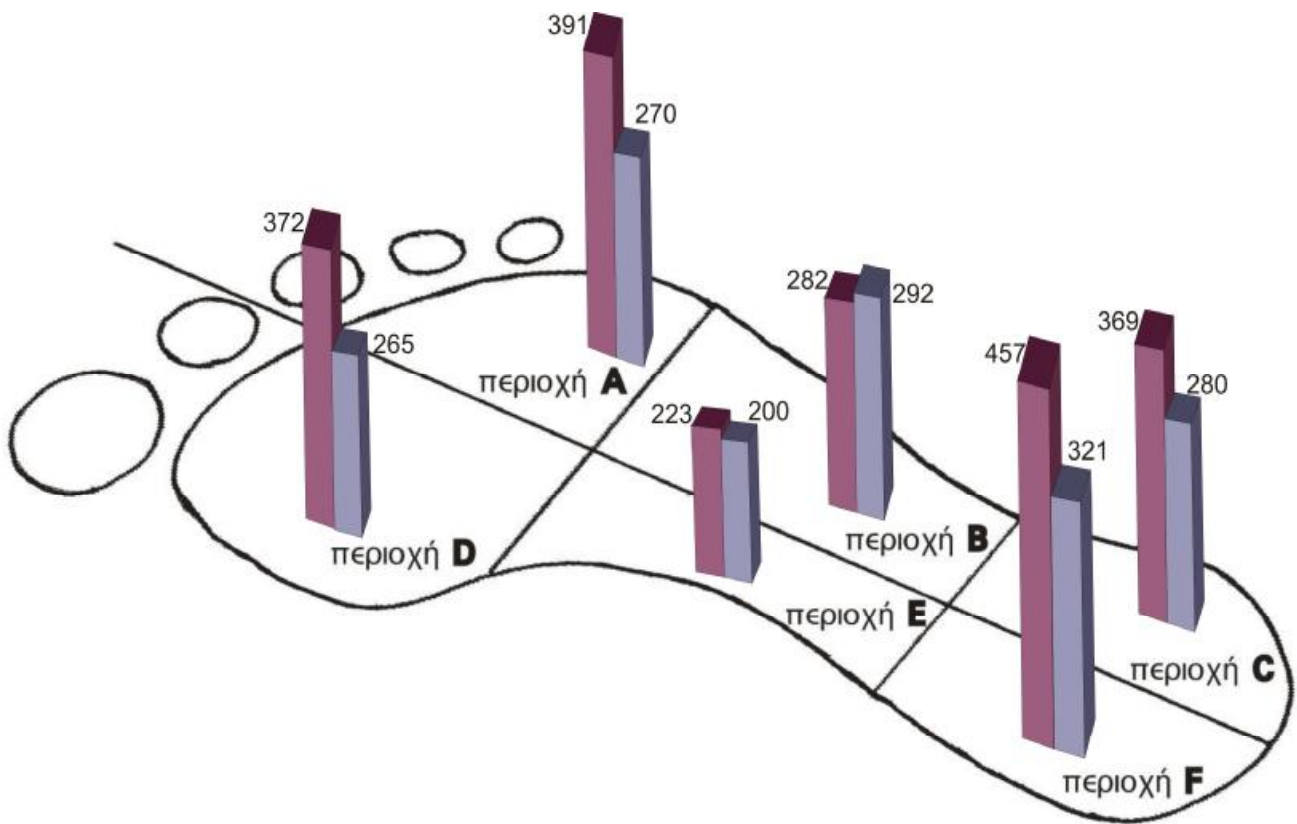


επαναλαμβανόμενης προπόνησης χωρίς τη χρήση υποδήματος. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα με μεγαλύτερο αριθμό αθλητών τζούντο και πάλης για την εξήγηση και επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων.

#### **5.4. Σύγκριση μεταξύ αθλητών τζούντο και πάλης ως προς τη μέση πίεση διαφόρων τμημάτων του πέλματος (τέταρτο ερευνητικό ερώτημα)**

Το πελματογράφημα αποτελεί ένα απαραίτητο μέσο για την αξιολόγηση μυοσκελετικών παρεκκλίσεων και δυσμορφιών των κάτω άκρων τόσο κατά τον κύκλο της βάδισης (δυναμικός έλεγχος) όσο και από απλή όρθια θέση (στατικός έλεγχος) (Gravante et al., 2005). Η κατάλληλη εφαρμογή των πελματικών φορτίων αποτελεί προϋπόθεση για την πρόληψη και αποφυγή τραυματισμών του κάτω άκρου, κυρίως τραυματισμούς από σύνδρομα υπέρχρησης (Rosenbaum et al., 1997). Στην παρούσα έρευνα εξετάστηκαν τα πελματικά φορτία που εφαρμόζονται σε επιμέρους τμήματα του πέλματος κατά τη διάρκεια της όρθιας θέσης, συγκεκριμένα του 1<sup>ου</sup>-2<sup>ου</sup> μεταταρσίου, 3<sup>ου</sup> -5<sup>ου</sup> μεταταρσίου, ισθμού, καμάρας και έσω και έξω πτέρνας. Οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν τρία στατικά πελματογραφήματα, με διάλειμμα 5 δευτερολέπτων και λήφθηκε ο μέσος όρος των πελματικών πιέσεων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν στατιστικώς σημαντική διαφορά στα πελματικά φορτία που εφαρμόζονται: (α) στην περιοχή A, που περιλαμβάνει το 3<sup>ο</sup>-4<sup>ο</sup>-5<sup>ο</sup> μετατάρσιο ( $t=-3.241, p<0.01$ ), (β) στην περιοχή πέλματος C, που περιλαμβάνει το έξω τμήμα της πτέρνας ( $t=-3.48, p<0.01$ ), (γ) στην περιοχή πέλματος D, που περιλαμβάνει το 1<sup>ο</sup>-2<sup>ο</sup> μετατάρσιο ( $t=-2.83, p<0.01$ ), και (δ) στην περιοχή πέλματος F, που περιλαμβάνει την έσω πτέρνα ( $t=-4.71, p<0.01$ ) (Σχήμα 5.4.). Οι αθλητές της πάλης ((παρόλο που έχουν μικρότερη μέση τιμή σωματικού βάρους ( $M=71.29$ ) σε σύγκριση με τους αθλητές του τζούντο ( $M=83.22$ )), εμφανίζουν υψηλότερα πελματικά φορτία σε συγκεκριμένες ανατομικές περιοχές του πέλματος, όπως παρουσιάζεται από τις μέσες τιμές (Πίνακας 4.6). Αυτό πιθανόν οφείλεται στην μικρότερη επιφάνεια πέλματος επαφής και στήριξης με το έδαφος των αθλητών της πάλης. Αντίθετα, στους αθλητές του τζούντο, η μη χρήση του υποδήματος πιθανόν δημιουργεί πεπλάτυνση του πέλματος, με συνέπεια τα πελματικά φορτία να διανέμονται σε μεγαλύτερη πελματική επιφάνεια.



**Σχήμα 5.4.** Μέσες τιμές ( $M$ ) της πίεσης σε επιμέρους τμήματα της πελματιαίας επιφάνειας μεταξύ τζούντο και πάλης (μολβ=παλαισιτές ,μπλέ= αθλητές τζούντο).

Η μέση πίεση που εφαρμόζεται στο μέσο τμήμα του πέλματος (περιοχές «Ε» και «Β») δεν φαίνεται να παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Αξίζει όμως να σημειωθεί, η στατιστικώς σημαντική διαφορά ( $t=3.86$ ,  $p<0.01$ ) που παρατηρείται στην επιφάνεια πέλματος της περιοχής «Ε», της έσω επιμήκης ποδικής καμάρας. Οι αθλητές του τζούντο έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής με το έδαφος της Ε περιοχής του πέλματος ( $M=19.73 \text{ cm}^2$ ,  $SD= 8.88$ ) σε σύγκριση με τους αθλητές της πάλης ( $M=8 \text{ cm}^2$ ,  $SD=7.71$ ). Αυτό πιθανόν οφείλεται στη διαφορά του ύψους της ποδικής καμάρας (Butler *et al.*, 2007). Όσο υψηλότερο είναι το ύψος της ποδικής καμάρας, τόσο μειώνεται η επιφάνεια επαφής της καμάρας με το έδαφος, και αντίστροφα. Η μοναδική περιοχή πελματικής πίεσης όπου είναι μεγαλύτερη στους αθλητές του τζούντο είναι η περιοχή του ισθμού (περιοχή «Β»).

Ανεπαρκή είναι τα ερευνητικά δεδομένα με την πραγματοποίηση παρόμοιων στατικών πελματικών αναλύσεων. Οι Gurney *et al.* (2009) βρήκαν σε δυναμικό πελματογράφημα διαφορές τόσο στη μορφολογία όσο και στην κατανομή των πελματικών φορτίων σε αθλητές

αμερικάνικου ποδοσφαίρου, υψηλού αγωνιστικού επιπέδου, με διαφορετική εθνικότητα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φαίνεται να υπάρχει μια διαφορά ως προς την κατανομή των στατικών φορτίων και στη μορφολογία του πέλματος μεταξύ του τζούντο και της πάλης. Το πέλμα των ελλήνων αθλητών του τζούντο φαίνεται παρόμοιο με αυτό που οι Gurney et al. (2009) αναφέρουν για τους αθλητές του αμερικάνικου ποδοσφαίρου από την περιοχή του ειρηνικού. Το πέλμα αυτό χαρακτηρίζεται από πεπλάτυνση, κυρίως του πρόσθιου πόδα (ανεξάρτητα από το μήκος του πέλματος) και μια τάση πλατυποδίας στην επιμήκη ποδική καμάρα διότι φορτίζουν περισσότερο τη μέση περιοχή του πέλματος. Ο Hills (2001) έδειξε ότι παχύσαρκοι έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια στήριξης στη μέση περιοχή πέλματος. Παρόμοια στην παρούσα έρευνα οι αθλητές του τζούντο εμφανίζουν μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής πέλματος με το έδαφος, χωρίς ωστόσο να φαίνεται ότι οφείλεται σε υψηλότερο σωματικό βάρος. Μια πιθανή εξήγηση αυτού του γεγονότος είναι η μη χρήση υποδημάτων κατά τη διάρκεια των προπονήσεων, που οδηγεί σε πεπλάτυνση ολόκληρου του πέλματος.

### **5.5. Η επίδραση του υποδήματος στη μορφολογία του πέλματος**

Οι διαφορές που εμφανίζονται τόσο στα πελματικά φορτία όσο και στη μορφολογία του πέλματος (ύψος ποδικής καμάρας, πλάτος πέλματος, πελματικές πιέσεις κ.ά) μπορούν να αποτελούν συνέπειες χρήσης υποδήματος (Gurney et. al., 2009). Το κατάλληλο υπόδημα για τον αθλητή είναι αυτό που χαρακτηρίζεται από την αλληλοεπίδραση μεταξύ του σχήματος του πέλματος και τη σχηματική κατασκευή του υποδήματος. Συνεπώς είναι απαραίτητο να υπάρχουν μορφολογικά δεδομένα για συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες αθλητών για την καταλληλότητα κατασκευής του υποδήματος. Στην διαδικασία αυτή πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε αθλήματος ξεχωριστά (Hawes et al., 1994).

Αθλητές που παρουσιάζουν υψηλά φορτία στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, προτείνεται να τοποθετείται ειδικό προστατευτικό υλικό στο υπόδημα για την αποφυγή μελλοντικών αρθρίτιδων στα μετατόρσια (Gurney et al., 2009). επίσης ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι οι αθλητές πρέπει να έχουν την επιλογή του κατάλληλου πλάτους του υποδήματος. Ο Sneyers (1995) υποστήριξε ότι τα στενά υποδήματα που φορούν δρομείς οδηγούν σε γαμψοδακτυλία. Συνέπεια αυτού είναι η μείωση επαφής και στήριξης του πέλματος με το έδαφος ιδιαίτερα στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεγάλη αύξηση των φορτίων στην περιοχή αυτή. Η συνεχής προπόνηση τρεξίματος πιθανόν οδηγεί σε σύνδρομο υπέρχρησης (Sneyers, 1995).

## **6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

## 6.1 Ερευνητικά συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η σύγκριση χαρακτηριστικών του πέλματος (δείκτη επιμήκης ποδικής καμάρας, επιφάνειας επαφής πέλματος, πελματικές πιέσεις) μεταξύ αθλητών τζούντο και πάλης. Επιλέχθηκαν αθλητές των δύο αυτών αθλημάτων εξαιτίας του παρόμοιου προπονητικού προφίλ που εμφανίζουν. Ο προπονητικός και αγωνιστικός σκοπός αυτών είναι η πάλη και η ανατροπή του αντιπάλου, ωστόσο μια σημαντική διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των δύο αθλημάτων είναι η χρήση του υποδήματος από τους παλαιστές. Πελματικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων πιθανόν να οφείλονται στη χρήση ή μη του αθλητικού υποδήματος.

Η μέτρηση των δεικτών του επιμήκους ύψους της ποδικής καμάρας (ΕΠΚ) των αθλητών του τζούντο και της πάλης πραγματοποιήθηκε με έγκυρη και αξιόπιστη μέθοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αθλητές της πάλης έχουν χαμηλότερο δείκτη ΕΠΚ σε σύγκριση με τους αθλητές του τζούντο, χωρίς όμως οι διαφορές αυτές να είναι στατιστικώς σημαντικές. Ο χαμηλός δείκτης ΕΠΚ των παλαιστών δηλώνει υψηλότερη ποδική καμάρα (τάση κοιλοποδίας). Αντίθετα οι αθλητές του τζούντο σε σύγκριση με τους παλαιστές εμφανίζουν μικρότερο ύψος ποδικής καμάρας (τάση πλατυποδίας).

Η εξέταση των πελματικών φορτίων πραγματοποιήθηκε με στατικό πελματογράφημα κατά την όρθια και χαλαρή στάση. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην επιφάνεια επαφής του πέλματος με το έδαφος τόσο στον πρόσθιο πόδα όσο και στη συνολική πελματική επιφάνεια επαφής. Ωστόσο δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στο ποσοστό φόρτισης (%) στον πρόσθιο και οπίσθιο πόδα. Επίσης διαπιστώθηκαν αυξημένα φορτία πίεσης (σε απόλυτες τιμές) στους αθλητές της πάλης σε σύγκριση με τους αθλητές του τζούντο στις εξής περιοχές: (α) 1<sup>ο</sup>-2<sup>ο</sup> μετατάρσιο, (β) 3<sup>ο</sup>-5<sup>ο</sup> μετατάρσιο, (γ) στην έσω πτέρνα, (δ) στην έξω πτέρνα.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι ξυπόλυτοι αθλητές του τζούντο, με μακροχρόνια προπονητική εμπειρία και σε συνδυασμό με την μικρή ηλικία έναρξης του αθλήματος, πιθανόν εμφανίζουν μια τάση αποπλάτυνσης της ποδικής καμάρας και του πρόσθιου πόδα. Αυτό συντελεί σε μια μεγαλύτερη πελματική επιφάνεια επαφής με το έδαφος και κατά αυτόν τον τρόπο δικαιολογείται η μειωμένη πελματική πίεση των επιμέρους τμημάτων του πέλματος, αφού τα πελματικά φορτία διανέμονται σε μεγαλύτερη, πλατύτερη περιοχή πέλματος. Σε σύγκριση με τους αθλητές της πάλης μια πιθανή ερμηνεία των αποτελεσμάτων φαίνεται να είναι η χρήση ή μη του υποδήματος κατά τη διάρκεια της

προπόνησης. Ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την επιβεβαίωση αυτών των αποτελεσμάτων. Τέλος, τα αποτελέσματα αυτά κρίνονται ιδιαίτερα ενδιαφέροντα διότι μπορούν να συμβάλουν στην τυχόν πρόληψη τραυματισμών του κάτω άκρου.

### **6.1. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα**

Για τους σκοπούς της εργασίας χρησιμοποιήθηκε δείγμα συγκεκριμένο ως προς τη χρήση ή μη του αθλητικού υποδήματος. Αδυναμία της παρούσας έρευνας είναι η μη γενίκευση των αποτελεσμάτων σε άλλες διαφορετικές αθλητικές πληθυσμιακές ομάδες. Άλλες αδυναμίες της εργασίας είναι η δυσκολία οριοθέτησης του σωματικού βάρους των δοκιμαζόμενων σε συγκεκριμένο εύρος και η μορφολογική κατάσταση του πέλματος πριν την έναρξη ενασχόλησης με το άθλημα.

Μελλοντικές έρευνες απαιτείται να κάνουν χρήση ομάδας ελέγχου με μη αθλητές, συνεπώς επανάληψη της παρούσας έρευνα με ομάδα ελέγχου για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων. Η χρήση ομάδας ελέγχου θα συνέβαλε στην εξέταση της επίδρασης του αθλήματος στη μορφολογία του πέλματος. Επίσης, η χρήση ενός μεγαλύτερου αριθμού δείγματος θα βοηθούσε στην εμφάνιση περισσότερων αξιόπιστων συμπερασμάτων στη διαφορά ποδικής καμάρας, την αποπλάτυνση του πέλματος και την εφαρμογή πελματικών πιέσεων.

Προτείνεται η δημιουργία νέων πειραματικών σχεδιασμών που θα μελετούν περαιτέρω την μορφολογία και τις πελματικές πιέσεις του άκρου πόδα σε άλλα αθλήματα με διαφορετικά υποδήματα (ποδόσφαιρο, άρση βαρών) και διαφορετικές συνθήκες προπόνησης (ενόργανη γυμναστική, κολύμβηση, ταεκβοντό). Ακόμα η καταγραφή ενός δυναμικού πελματογραφήματος πιθανόν να αναδείξει και μεγαλύτερες και πιο λειτουργικές διαφορές στον κύκλο της βάδισης.

Συμπερασματικά, απαιτείται η πραγματοποίηση μελλοντικών ερευνών με μεγαλύτερο αριθμό δείγματος, με περισσότερα έτη προπονητικής εμπειρίας και με ελεγχόμενους όλους τους προαναφερόμενους περιορισμούς για την ύπαρξη μας πιο ολοκληρωμένης εικόνας της πιθανής μακροχρόνιας επίδρασης που πιθανόν έχει το υπόδημα στην ποδική καμάρα, την αποπλάτυνση του πέλματος και την διανομή πελματικών φορτίων.

## Βιβλιογραφία

1. **Aydog ST., Tetik O., Demirl HA., Doral MN., (2005).** Differences in sole arch indices in various sports. *Br Sports Med* 39(5):1-3.
2. **Buchanan KR, Davis I., (2005).** The relationship between forefoot, midfoot, and rearfoot static alignment in pain-free individuals. *The journal of orthopaedic and sports Physical Therapy*, Sep;35(9):559-66.
3. **Bhaskara Rao U., Joseph B., (1992).** The influence of footwear on the prevalence of flat foot. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 74B(4):525-27.
4. **Butler R., Hamill J., Davis I., (2007).** Effect of footwear on high and low arched runners mechanics during a prolonged run. *Gait and Posture*, 26:219-25.
5. **Cavanagh PR, Rodgers MM., (1987).** The arch index: a useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics*, 20(5) :547-551.
6. **Corrigan JP, Moore DP, Stephens MM.(1993).** Effect of heel height on forefoot loading. *Foot Ankle*. Mar-Apr;14(3):148-52.
7. **Cowan DN., Jones BH., Robinson JR., (1993).** Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med*, 2, 773-7.
8. **Dahle LK., Mueller MJ., Belitto A., Diamond JE. (1991).** Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14(2):70-4.
9. **Echarri JJ., Forriol F., (2003).** The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *Journal of Pediatric Orthopaedic*, 12(2):141-46.
10. **Ford KR, Manson WA, Evans BS, Myer GD, Gwin RC, Heidt RS, Hewett TE, (2006).** Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. *Journal of science and Medicine in sport*, Dec 9(6):433-40.
11. **Giladi M., Milgrom C., Stein M., (1985).** The low arch a protective factor in stress fractures. *Orthopaedic Rev.*, 14:709-12.
12. **Gravante G., Pomara F., Russo G., Amato G., Capello F., Ridola C., (2005).** Planar pressure distribution analysis in normal weight young women and men with normal and claw feet: a cross-sectional study. *Clinical Anatomy*, 18:245-50.
13. **Gravante G., Russo G., Pomara F., Ridola C., (2003).** Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Clinical Biomechanics*, 18:780-82.

- 14.Grney JK., Kersting UG., Rosenbaum D., (2009).** Dynamic foot function and morpholog in elite rugby league athlees of differet ethnicity. *Applied Ergonomics* 40, 554-559.
- 15.Grney JK., Kersting UG., Rosenbaum D., (2008).** Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait and Posture*, 27,706-709.
- 16.Harrington P., (2000).**Judo Basics: Principles, Rules, and Rankings. Copyrighted Material.
- 17.Hayafune N., Hayafune Y., Jacob AC.(1999).** Pressure and force distribution characteristics under the normal foot during the push-off phase in gait. *The foot*, 9, 88-92.
- 18.Hefti F., Brunner R, (1999).** Flatfoot.*Journal of Orthopedic*, Feb;28(2):159-72.
- 19.Hills AP., Henning EM., McDonald M., Bar-or O., (2001).** Plantar pressure dffeences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis. *International Journal of Obesity*, 25:1674-79.
- 20.Hennig EM., Mlani TL.(1995).** In-shoe pressure distribution for running in various types of footwear. *Jourrrnal Applied Biomechanics*, 11, 299-310.
- 21.Huang YC., Wang LY., Wang HC., Chang KL., Lcong CP., (2004).** The relationship between the flexible flatfoot and plantar fasciitis: ultrasonographic evaluation. *Chang Gung medical journal*, Jun;27(6):443-8.
- 22.Imamura .,Johnson B., (2003).** A kinematic analysis of a judo leg sweep: major outer leg reap--osoto-gari. *Sports Biomechanics*, Jul;2(2):191-201.
- 23.Iwai K, Okata T., Nakazato K., Fujimoto H., Yamamoto Y., Nakajima H., (2008).** Sport-specific characteristics of trunk muscles in collegiate wrestlers and judokas. *Journal of strength and conditioning research*, Mar;22(2):350-8.
- 24.Jose Henandez A., Kimura LK., Henrique Ferreira Laraya M., Favaro E., (2007).** Calculation of Staheli's plantar arch index and prevalence of flat feet: a study with 100 children ged 5-9 years. *Acta Ortopeadics of Brazil*, 15(2):68-71.
- 25.Kanatli U., Yetkin H., Cila E., (2001).** Footprint and radiographic analysis of the feet. *Journal of Pediatric Orthopedicts*, 21:225-28.
- 26.Kapanji I.A, (2000).** Η λειτουργική ανατομική των αρθρώσεων, τόμος:2, Αθήνα, Ιατρικές εκδόσεις "Πασχαλίδης Π.Χ".
- 27.Kaufmam KR., Brodine SK., Shaffer RA., (1999).**The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, Sep-Oct;27(5):585-93.



- 28.Korpelainen R., Oravas S., Karpakka S., Siira P., Hulkko A., (2001).** Risk factor for recurrent stress fractures in athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, May-Jun;29(3):304-10.
- 29.Kulthanan T., Techakampuch S., Bed ND., (2004)** A study of footprints in athletes and non-athletic people. *Journal Medical Associaton of Tailand*, Jul;87(7):788-93.
- 30.Manual of Physical Gait Software 2.65, (1998).** Physical Support Italy S.r.I.
- 31.Marsico V., Moretti B., Patella V., De Serio S., Simone C., (2002).** Baropodometric walking analysis in healthy elderly and in arthritic patients before and after knee prosthesis implantation. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*, Jan-Mar;24(1):72-83.
- 32.Nawata K., Nishihara S., Hayashi I., Teshima R., (2005).** Plantar pressure distribution during gait I athlees with functional instability of the ankle joint: preliminary report. *Journal of Orthopaedic Science*, 10:298-01.
- 33.Newton R., Doan B., Meese M., Conroy B., Black K. et al., (2002).** Interaction of wrestling shoe and competition surface: effects on coefficient of friction with implications for injury. *Sports biomechanics*, Jul;1(2):157-66.
- 34.Nigg BM., Cole GK., Nachbauer W., (1993).** Effects of arch height of the foot on angular motion of the lower extremities in running. *Journal of Biomechanics*, 26(8), 909-916.
- 35.Nyska M., McCabe C., Linqek K., Klenerman L., (1996).** Plantar foot pressure during treadmill walking with high-heel and low-hell shoes. *Foot ankle international*, Nov 7(11): 662-6.
- 36.Ogon M., Aleksiev AR, Pope MH, Wimmer C., Saltzman CL.,(1999).** Does arch height affect impact loading at the lower back level in running?.*Foot and ankle international*, April 20(4):263-66.
- 37.Okada T., Nakazato K., Iwai K., Tanabe M., Irie K., Nakajima H., (2007).** Body mass, nonspecific low back pain and anatomical changes in the lumbar spine in judo athletes. *Journal orthopedic and sports phsical therapy*, Nov 37(1):688-93.
- 38.Patricia Harrington.** Judo Basics:principles, rules, and ranking, Copyright Material (2002).
- 39.Rodgers M.M, (1993).** Biomechanics of the foot during locomotion. In M.D. Grabiner, (E.d.), *Current issues in Biomeccchanics*, (chapter 2, pp 33-52). Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois.
- 40.Rosenbaum D., Becker P., (1997).** Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications. *Foot and Ankle Surrgerly*, 3, 1-14.

- 41.Σασσάνης Χ., Τεντζεράκης Γ., Μπιλήρη Π. (2005).** Ο ρόλος της πλατυποδίας στην αλλαγή της εμβιομηχανικής του σώματος και η επίδραση της στην εκφύλιση του μυοσκελετικού συστήματος. *Θέματα Φυσικοθεραπείας* 3(6):49-55.
- 42.Sachithanandam V., Joseph B., (1995).** The influence of footwear on the prevalence of flat foot. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, March 77B(2):254-57.
- 43.Simkin A., Leichter I., Giladi M., Stein M., Milqrom C., (1989).** Combined effect of foot arch structure and an orthotic device on stress fractures. *Foot and Ankle*, Aug 10(1):25-9.
- 44.Sneyers CJ., Lysens R., Feys H., Andries R., (1995).** Influence of malalignment of feet on the plantar pressure pattern in running. *Foot & ankle international*, Oct;16(10):624-32.
- 45.Squadroe R., Gallozzi C., (2009).** Biomechaical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *Sports Medicine Phys Fitness* 49(1):6-13.
- 46.Stacoff A., Kalin X, Stussi E., (1991).** The effects of shoes on the torsion and rearfoot motion in running. *Meicine and Science in Sports and Exercise* Apr;23(4):482-90.,
- 47.Staheli LT., Chew DE., Corbett M., (1987).** The longitudinal arch. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Mar;69(3):426-8.
- 48.Subotnick SI., (1981).** Limb length discrepancies of the lower extremity (the short leg syndrome). *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 3(1):11-6.
- 49.Teyhen D., Stoltenberg B., Collinsworth K., Giesel C., et. al., (2009).** Dynamic plantar pressure parameters associated with static arch height index during gait. *Clinical Biomechanics*, 24:391-96.
- 50.Vande, Sherman, Luciano,Τσακόπουλος Μ.,(2001).** Φυσιολογία το ανθρώπου. Μηχανισμοί της λειτουργίας του οργανισμού, τόμος:1, Αθήνα, Ιατρικές Εκδόσεις "Πασχαλίδης Π.Χ".
- 51.Van Mechelen W., (1992).**Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Spors Medicine*. Nov;14(5):320-35.
- 52.VevesA., Sarnow MR., Giurini JM., Rosenblum BI., et. al., (1995).** Differences in joint mobility and foot pressures between black and white diabetic patients. *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*, Jul;12(7):585-9.
- 53.Wen DY., Puffer JC., Schmalzried TP., (1998).** Injuries in runners: a prospective study of alignment. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, Jul;8(3):187-94.
- 54.Williams DS., McClay IS, (2000).** Measurements used o characterize the foot and the media longitudinal arch: reliability and validity. *Physical Therapy*, Sep 80(9):864-71.

**55. Williams D., McClay I., Hamill J.(2001).** Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*, 16:341-47.

**56. Yamamoto H., Muneta T., Asahina S., Furuya K., (1996).** Forefoot pressures during walking in feet afflicted with hallux valgus. *Clinical Orthopaedics and Related Reserch*, 323:247-253.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ “Α”**

**Παρ. Α1: Έντυπο ενημέρωσης -συναίνεσης υποψήφιου εθελοντή**



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΑΙΓΙΟΥ**

**ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ -ΣΥΝΑΙΝΕΣΗΣ ΥΠΟΨΗΦΙΟΥ ΕΘΕΛΟΝΤΗ**

Η έρευνα αυτή διεξάγεται στο Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Α.Τ.Ε.Ι.) Πάτρας, στο Τμήμα Φυσικοθεραπείας του Παραρτήματος Αιγίου, στα πλαίσια υποστήριξης της πτυχιακής εργασίας του σπουδαστή Βασιλείου Νικολάκαρου με υπεύθυνη καθηγήτρια την Άννα Χρηστάκου. Ο τίτλος της ερευνητικής εργασίας είναι: «Η επίδραση του υποδήματος στις εδαφικές πιέσεις και την ποδική καμάρα αθλητών». Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση της επίδρασης της χρήσης του υποδήματος στα βιομηχανικά στοιχεία του άκρου πόδα αθλητών από διαφορετικά αθλήματα επαφής κατά τη διάρκεια της προπόνησης.

Σας καλούμε να λάβετε μέρος στην έρευνα που κάνει το ίδρυμά μας. Δεν είναι ανάγκη να μας απαντήσετε αμέσως. Είναι δική σας απόφαση αν θα λάβετε μέρος ή όχι. Έχετε πάντα το δικαίωμα να αποσυρθείτε από την έρευνα, ακόμα και μετά την υπογραφή σας χωρίς να δώσετε καμία εξήγηση.

Η έρευνα θα διαρκέσει μέχρι τον Απρίλιο του 2009. Η συμμετοχή σας θα είναι ολιγόλεπτη, ξεκούραστη, ανώδυνη και θα περιλαμβάνει την αξιολόγηση του άκρου πόδα με τρεις μετρήσεις με τη χρήση της συσκευής του πελματογράφου. Η παρούσα έρευνα συμβάλει στην απόκτηση περαιτέρω γνώσης σε σχέση με τον αθλητικό άκρο πόδα. Με τα αποτελέσματα της έρευνας δίνεται η δυνατότητα πρόληψης μελλοντικών αθλητικών τραυματισμών στον άκρο πόδα. Αν επιθυμείται, θα σας δοθούν πληροφορίες για τα αποτελέσματα της έρευνας. Τα

αποτελέσματα της έρευνας θα ελεγχθούν με τα προσωπικά σας στοιχεία καλυμμένα και η δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων γίνεται μόνον ανώνυμα.

Μπορείτε να εκφράσετε ερωτήσεις και αμφιβολίες σχετικά με τη συμμετοχή σας στην έρευνα στον *κύριο Βασίλη Νικολάκαρο* στα τηλέφωνα επικοινωνίας **210-9024771 & 697-2133313**

**Διάβασα το παραπάνω κείμενο και κατάλαβα πλήρως τη διαδικασία.**

**Συμφωνώ να συμμετάσχω αβίαστα και διατηρώ το δικαίωμα να αποσυρθώ οποιαδήποτε στιγμή και αν θελήσω χωρίς να δώσω εξηγήσεις ή το λόγο της απόσυρσής μου.**

Ημερομηνία\_\_ /\_\_ /\_\_

Όνομα και επώνυμο δοκιμαζόμενου : \_\_\_\_\_

Αριθμός αναγνώρισης δοκιμαζόμενου (κωδικός) στην παρούσα έρευνα:

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

\_\_\_\_\_

**ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΡΤΕΛΑ ΑΘΛΗΤΗ**

Κωδικός (προστίθεται από τον ερευνητή): .....

Ημερομηνία: .....

Όνοματεπώνυμο: ..... Ηλικία: .....

Άθλημα ενασχόλησης: .....

Προπονητική εμπειρία (περίπου σε έτη): ..... Αγωνιστική εμπειρία (περίπου σε έτη) : .....

Σε πόσους αγώνες έχετε λάβει μέρος (περίπου): .....

σε διεθνές επίπεδο: .....

Μέχρι ποιο επίπεδο αγώνων έχετε συμμετάσχει;

Διασυλλογικό  Πανελλήνιο  Βαλκανικό  Ευρωπαϊκό  Παγκόσμιο   
Ολυμπιακοί αγων.

Μεγαλύτερη αθλητική διάκριση: .....

Κυρίαρχο άνω άκρο: Δεξί  Αριστερό

Κυρίαρχο κάτω άκρο: Δεξί  Αριστερό

Σωματικό βάρος: ..... Ύψος : .....

Νούμερο παπουτσιού: .....

Έχετε παραπονεθεί για πόνο στο πέλμα: Ναι  Όχι

Εάν ναι, ποιά είναι η ημερομηνία του τελευταίου πόνου στο πέλμα: .....

ποιά είναι η διάρκεια του τελευταίου πόνου στο πέλμα: .....

κατά τη διάρκεια ποιιάς δραστηριότητας εμφανίστηκε ο τελευταίος πόνος στο πέλμα:

κατά τη διάρκεια αγώνα  κατά τη διάρκεια προπόνησης  στον ελεύθερο χρόνο   
πού εμφανίστηκε ο τελευταίος πόνος στο πέλμα: στο αριστερό πέλμα  στο δεξί πέλμα

ποιο ήταν το αίτιο πρόκλησης πόνου στο πέλμα:

χτύπημα από συμπαίκτη  χτύπημα από αντίπαλο  μόνος  άλλο: .....

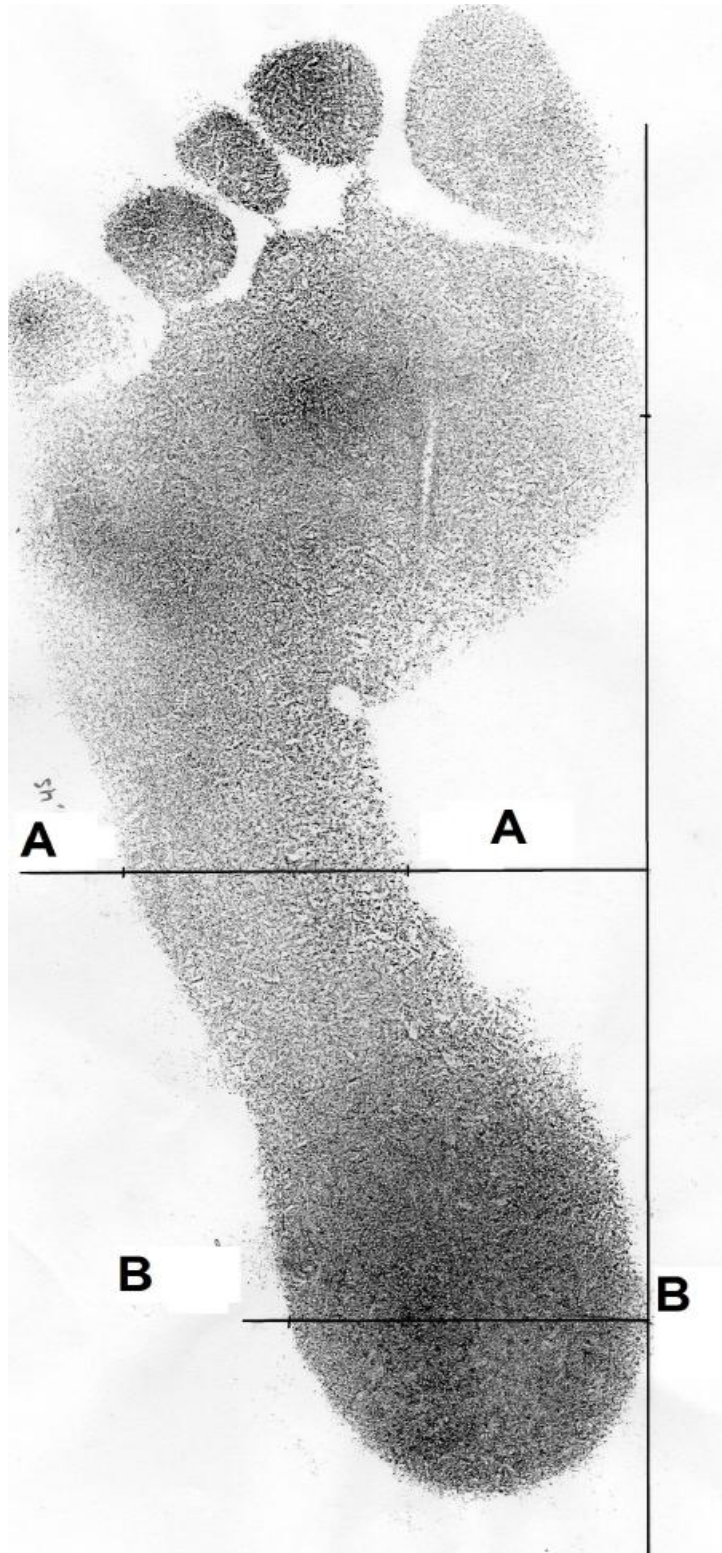
Υπαρξη παραμορφώσεων στον άκρο πόδα: Ναι  Όχι

Εάν ναι, αναφέρετε: .....

Τηλέφωνο επικοινωνίας αθλητή: ..... (σταθερό) ..... (κινητό)

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ “Β”**





**Παρ.Β1:** Σχηματική απεικόνιση της ανάλυσης του πλαντογραφήματος με τον υπολογισμό του Δείκτη Ποδικής Καμάρας

ASKLEPEION VOULA

Name: ILIADIS DIONISIS

Code: 804

Address:

City:

ZIP:

Zone:

Telephone:

Age:

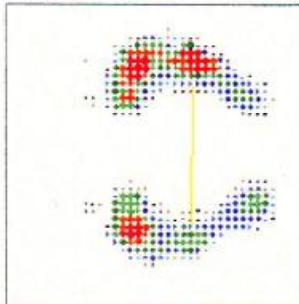
Height (cm):

Weight (Kg): 100 Shoes n°: 46

4

Παρ.Β2: Μέσες τιμές ανάλυσης των τριών στατική πελματογραφημάτων

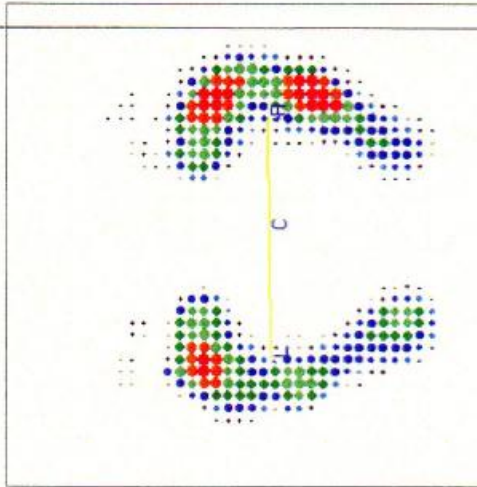
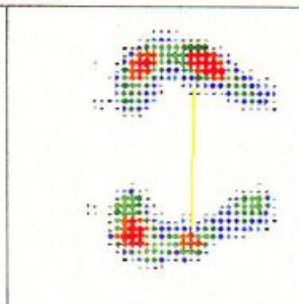
Date 27/3/2009  
Time 9:03:37 πμ



Date 27/3/2009  
Time 9:04:24 πμ



Date 27/3/2009  
Time 9:04:45 πμ



Surface cm <sup>2</sup>	74	72
Load %	21	22
R/F Ratio %	45	42
Surface cm <sup>2</sup>	98	101
Load %	27	30
R/F Ratio %	55	58
Surface cm <sup>2</sup>	172	173
Load %	48	52
Weight Kg	48	52

FOREFOOT

REARFOOT

TOTAL

L R

Date 27/3/2009  
Time 9:04:45 πμ

Electronic Baropodometer System



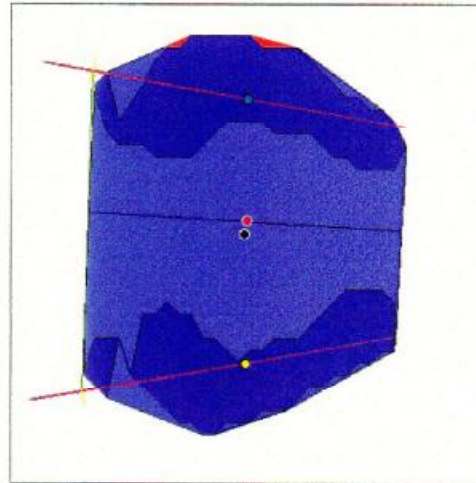
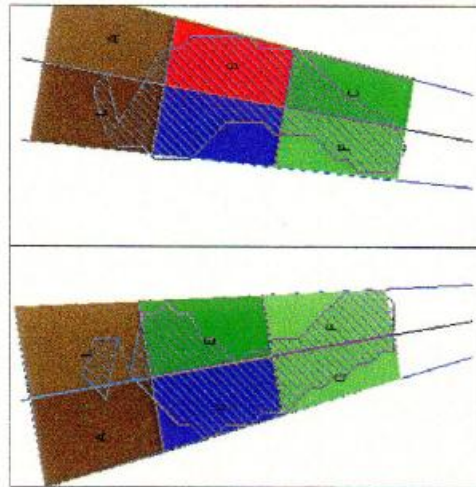
Baropodometria Media Analisi Statica

**ASKLEPEION VOULA**

Name: ILIADIS DIONISIS  
 Address: AG.GOSMAS  
 ZIP:  
 Age: 26

Code: 804  
 City: ATIKI  
 Telephone: 6975857448  
 Weight (Kg): 100 Shoes n°: 46

Zone:  
 Height (cm): 188



**Legend**

- Pressure center L
- Force center
- Pressure center R
- Polygon center

	Lateral		Medial		Measured values		Foot length		um		
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	
Area A	16	17	17	17	9	9	From BPE	261	261	261	mm
average press.	350	300	u/cm <sup>2</sup>	F <sup>2</sup> Foot angle	13	8	measured	265	266	266	mm
Area B	45	43	cm <sup>2</sup>	Pressure center position	125	134	Shoes numb.	46,0	46,0	46,0	mm
average press.	313	410	u/cm <sup>2</sup>	(from start)	47	50					
Area C	27	20	cm <sup>2</sup>	Dist. Press.centers-podalic axes	2,90	0,36					mm
average press.	244	244	u/cm <sup>2</sup>	Dist. Press.centers-strat of foot	117	101					mm

	Medial		Lateral		um	
	L	R	L	R	L	R
Area D	31	33	cm <sup>2</sup>			
average press.	278	318	u/cm <sup>2</sup>			
Area E	21	29	cm <sup>2</sup>			
average press.	190	253	u/cm <sup>2</sup>			
Area F	27	32	cm <sup>2</sup>			
average press.	275	257	u/cm <sup>2</sup>			

Center position 128 mm

Center position 48 %

Date 27/3/2009  
 Time 9:50:52 pm  
 Electronic Baropodometer System

**Center of gravity Geometry Static**

**Παρ.Β3: Γεωμετρική στατική ανάλυση πελματικών πιέσεων και επιφάνειας επαφής πέλματος.**

