



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΦΥΣΙΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΚΑΙ ΜΥΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ
ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΤΗΝ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ ΑΡΘΡΩΣΗ ΤΩΝ
ΑΘΛΗΤΩΝ. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ΣΠΥΡΙΔΟΥ ΣΤΑΜΑΤΙΝΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΚΟΥΝΤΖΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΙΓΙΟ 2012

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	9
1.1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	9
1.2 ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ ΑΡΘΡΩΣΗ	13
1.2.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ	14
1.2.2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ	16
2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	16
2.1 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	16
2.1.1 ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΣΗΣ	17
2.1.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	17
2.1.3 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	18
2.1.4 ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	18
2.2 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΟΔΙΟΥ	18
2.2.1 ΚΙΝΗΣΗ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ	21
2.2.2 Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ	23
2.2.3 ΕΥΚΑΜΨΙΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	24
2.2.4 Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΒΑΔΙΣΗ	25
2.2.5 ΑΙΤΙΑ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΒΑΔΙΣΗΣ	26
2.2.6 ΜΥΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ	27
2.2.7 Η ΜΥΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΒΑΔΙΣΗ	29
2.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	30
2.3.1 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	30
2.3.2 ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	33
2.3.3 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	36
2.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ	41
2.5 ΔΥΝΑΜΙΚΗ	42
3 ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΑ ΣΤΟΥ ΑΘΛΗΤΕΣ	44

3.1	Η ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΩΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑ	44
3.1.1	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΠΟΔΙΟΥ	46
3.2	Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟ	47
3.3	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΑΘΛΗΜΑΤΑ	53
3.3.1	Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΦΑΙΡΙΣΗ	53
3.3.2	Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ	54
3.3.3	Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗ	55
4	ΜΥΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΤΙΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΕΣ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ	57
4.1	ΜΥΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΤΟ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ	58
4.2	ΣΧΕΣΗ-ΑΛΛΗΛΟΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ.	60
4.2.1	ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΜΥΕΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	60
4.2.2	ΜΥΟΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ ΑΡΘΡΩΣΗ	61
4.2.3	ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΤΙΣ ΚΑΚΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	64
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	65
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	70
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1	Επάνω: Άποψη της έσω πλευράς του ποδιού. Μέση: Άποψη της έξω πλευράς του ποδιού. Κάτω αριστερά : Ραχιαία άποψη του ποδιού. Κάτω δεξιά: Πρόσθια άποψη της κνήμης-περόνης. Από (Δούκας, 1979).	11
Εικόνα 2.1	Ουδέτερος πρηνισμός (επάνω) και Υποπρηνισμός (γνωστός και ως υπτιασμός) (κάτω) (από http://www.asics.gr/running/knowledge/understanding-pronation/)	21
Εικόνα 2.2	Μυϊκή συμμετοχή στη Βάδιση (Hamilton, Luttgens, 2003).	22
Εικόνα 2.3	Η κίνηση του ποδιού σε τρεις άξονες (Δουκας, 1979)	25

Εικόνα 2.4 Η φάση στήριξης αποτελείται από δύο περιόδους διποδικής στήριξης και μια περίοδο μονοποδικής στήριξης. (Δούκας, 1979).....	27
Εικόνα 2.5 Η ποδοκνημική διάρθρωση αναλυτικά (Δούκας, 1979)	32

Ο αθλητισμός αποτελεί μια σημαντική ενασχόληση ανθρώπων κάθε ηλικίας και ικανότητας για σωματική υγεία και ψυχική ανάταση. Οι αθλητικές κακώσεις όμως είναι φαινόμενα πολλαπλών κινδύνων με διάφορους παράγοντες κινδύνου να αλληλεπιδρούν σε μια δεδομένη στιγμή. Το πλευρικό διάστρεμμα της ποδοκνημικής άρθρωσης είναι ένας εξαιρετικά κοινός αθλητικός τραυματισμός. Λόγω της υψηλής συχνότητας των τραυματισμών, είναι σαφές ότι οι αναλύσεις των παραγόντων κινδύνου για αθλητικές κακώσεις, είναι προϋπόθεση για την ανάπτυξη προγραμμάτων πρόληψης.

Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι η συσχέτιση της πλευρικής κυριαρχίας με τις μυοδυναμικές ασυμμετρίες που ασκούνται στη ποδοκνημική άρθρωση και τη διαφορά σε επίπεδο απόδοσης και συχνότητας τραυματισμών που τυχών προκύπτει. Αυτό είναι και το θέμα της εργασίας αυτής, μια απάντηση, με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή εισαγωγή στη εμβιομηχανική και στη κινηματική, με έμφαση στην ποδοκνημική άρθρωση. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται αναλυτικότερα στη ανατομία της ποδοκνημικής διάρθρωσης. Στο ειδικό μέρος, αναφέρετε η έννοια της πλευρικότητας γενικά και ειδικότερα στους αθλητές, ενώ σε ορισμένα αθλήματα, προσεγγίζεται η έννοια της μυοδυναμικής ασυμμετρίας στην ποδοκνημική άρθρωση και η σχέση πλευρικής κυριαρχίας μυοδυναμικών ασυμμετριών σε επίπεδο ποδοκνημικής άρθρωσης σε αθλητές.

Συμπερασματικά η βιβλιογραφική αυτή έρευνα έδειξε τα εξής : Οι αθλητικές κακώσεις είναι πολυπαραγοντικές. Οι παράγοντες κινδύνου που προδιαθέτουν άρρενες αθλητές για τραυματισμό στη ποδοκνημική άρθρωση είναι η αργή ταχύτητα, η μειωμένη καρδιοαναπνευστική αντοχή, η χαμηλή γενική ισορροπία ο χαμηλός συντονισμός των κινήσεων, το μειωμένο εύρος της κίνησης των μυών, και ο μειωμένος χρόνος αντίδρασης του πρόσθιου κνημιαίου και του γαστροκνημίου μυ. Ένα καλό επίπεδο ευκαμψίας είναι απαραίτητο στους αθλητές και συνεισφέρει στην εκτέλεση ειδικών κινήσεων από βιοκινητικής πλευράς. Από όλα τα προαναφερθέντα συμπεραίνεται ότι η πλευρικότητα και οι μυοδυναμικές ασυμμετρίες επηρεάζουν σημαντικά όλες τις πτυχές των αθλημάτων και της φυσικής κατάστασης και αντίδρασης ενός αθλητή, επομένως και τη χρήση της ποδοκνημικής άρθρωσης και των μυών που την περιβάλλουν.

Ο αθλητισμός ανέκαθεν αποτελούσε κομμάτι της καθημερινότητας για ανθρώπους, κάθε ηλικίας και δυνατότητας, που αναζητούσαν ψυχική και σωματική ευεξία. Στην εποχή που διανύουμε ο αθλητισμός έχει μετεξελιχθεί σε έναν πολύ ανταγωνιστικό χώρο, σε επαγγελματικό αλλά και σε ερασιτεχνικό επίπεδο. Αυτή η φιλοσοφία της ανταγωνιστικότητας, που διαπνέει πλέον όλα τα αθλήματα, έχει ως συνέπεια την αύξηση των επιδόσεων αλλά και την διαρκώς αυξανόμενη καταπόνηση των αθλητών.

Οι αθλητικές κακώσεις είναι φαινόμενα πολλαπλών κινδύνων με διάφορους παράγοντες κινδύνου να αλληλεπιδρούν σε μια δεδομένη στιγμή (Meeuwisse, 1994). Σε γενικές γραμμές, υπάρχει ένας διαχωρισμός των παραγόντων κινδύνου σε εγγενείς (που σχετίζονται με το άτομο) και εξωγενείς (που αφορούν το περιβάλλον) (Lysens et al., 1986, Taimela et al., 1990, Tropp et al., 1984, van Machelen, 1992). Οι ενδογενείς παράγοντες κινδύνου συνδέονται με τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου. Οι εξωγενείς παράγοντες κινδύνου σχετίζονται με περιβαλλοντικές μεταβλητές όπως το επίπεδο του παιχνιδιού, το φορτίο άσκησης, το πόσο και τι επίπεδο εκπαίδευσης υπάρχει, η θέση, τον εξοπλισμό, τις συνθήκες, και άλλα.

Το πλευρικό διάστρεμμα της ποδοκνημικής άρθρωσης είναι ένας εξαιρετικά κοινός αθλητικός τραυματισμός. Λόγω της υψηλής συχνότητας των τραυματισμών, όχι μόνο σε επαγγελματικό επίπεδο αθλητισμού, είναι σαφές ότι οι αναλύσεις των παραγόντων κινδύνου για αθλητικές κακώσεις, είναι προϋπόθεση για την ανάπτυξη προγραμμάτων πρόληψης (Junge, 2000). Τα αίτια αυτού του προβλήματος παραμένουν αρκετά αινιγματικά. Οι Beynon et al., (2002) αποκάλυψαν ότι οι έρευνες για τους εξωγενείς παράγοντες κινδύνου στα διαστρέμματα της ποδοκνημικής άρθρωσης συγκλίνουν, αλλά υπάρχει μικρή συναίνεση για τους εγγενείς παράγοντες κινδύνου.

Οι Willems et al., (2005) έκαναν μια σημαντική έρευνα η οποία ανέδειξε αυτούς τους ενδογενείς παράγοντες. Ήταν μια προοπτική μελέτη σε ένα νεαρό, σωματικά δραστήριο, ανδρικό πληθυσμό. Οι παράγοντες περιελάμβαναν ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά, κινησιολογία, μυϊκή δύναμη της ποδοκνημικής άρθρωσης, ευθυγράμμιση πόδός, ορθοστατικό έλεγχο και το χρόνο αντίδρασης των μυών. Από τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δεν προέκυψε σημαντική σχέση μεταξύ οποιουδήποτε από τα ανθρωπομετρικά

χαρακτηριστικά και τραυματισμού της ποδοκνημικής άρθρωσης. Συμφωνούν και με άλλες μελέτες λοιπόν ότι καμία επίδραση του ύψους ή της μάζας δεν μπορεί να κατηγορηθεί για την επίπτωση των διαστρεμμάτων του αστραγάλου (Baumhauer et al., 1995, Beynnon et al., 2002, McKay et al., 2001).

Εν ολίγοις, η μελέτη έδειξε ότι οι παράγοντες κινδύνου που προδιαθέτουν άρρενες αθλητές για τραυματισμό στην ποδοκνημική άρθρωση είναι η αργή ταχύτητα, η μειωμένη καρδιοαναπνευστική αντοχή, η χαμηλή γενική ισορροπία ο χαμηλός συντονισμός των κινήσεων, το μειωμένο εύρος της κίνησης των μυών, και ο μειωμένος χρόνος αντίδρασης του πρόσθιου κνημιαίου και του γαστροκνημίου μυ.

Η εισαγωγή επιστημονικής ανάλυσης τόσο στη διεξαγωγή του αθλήματος όσο και στην προπόνηση, ήταν αυτό που κατάφερε να αυξήσει τις αποδόσεις αλλά και να αναγνωρίσει προβληματικές αντιλήψεις και πρακτικές στο σύγχρονο αθλητισμό. Ένα τέτοιο θέμα είναι το κατά πόσο η πλευρική κυριαρχία του ανθρώπινου σώματος, επηρεάζει και πώς την απόδοση σε ένα άθλημα και τη πιθανότητα τραυματισμών. Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι η συσχέτιση της πλευρικής κυριαρχίας με τις μυοδυναμικές ασυμμετρίες που ασκούνται στη ποδοκνημική άρθρωση και η διαφορά σε επίπεδο απόδοσης και συχνότητας τραυματισμών που τυχόν προκύπτει, πράγμα που πηγάζει από μια προσεκτική ανάγνωση της έρευνας των Willems et al., (2005).

Αυτό είναι και το θέμα της εργασίας αυτής και στα παρακάτω κεφάλαια θα γίνει μια προσπάθεια να δοθεί μια απάντηση με βάση τη υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή εισαγωγή στη εμβιομηχανική και στη κινηματική, με έμφαση στην ποδοκνημική άρθρωση. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται αναλυτικότερα στη ανατομία της ποδοκνημικής διάρθρωσης. Στο Ειδικό μέρος, στο κεφάλαιο 3 αναφέρετε η έννοια της πλευρικότητας γενικά και ειδικότερα σε ορισμένα αθλήματα, ενώ στο κεφάλαιο 4 προσεγγίζεται η έννοια της μυοδυναμικής ασυμμετρίας στην ποδοκνημική άρθρωση και η σχέση πλευρικής κυριαρχίας- μυοδυναμικών ασυμμετριών σε επίπεδο ποδοκνημικής άρθρωσης σε αθλητές. Καταλήγει στο κεφάλαιο 5 με τη συζήτηση και στο 6 να αναφέρονται περιγραμματικά τα συμπεράσματα.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Η βιομηχανική, τόσο του άκρου ποδός όσο και του αστραγάλου, είναι περίπλοκοι μηχανισμοί και περίπλοκα συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Ο άκρος πόδας είναι ένα ουσιώδες μηχανικό μέλος του κάτω άκρου απαραίτητο για ένα ομαλό και σταθερό βηματισμό. Ο αστράγαλος μεταφέρει βάρος από όλο το κάτω άκρο στον άκρο πόδα και επηρεάζει στενά τον προσανατολισμό του ποδιού με το έδαφος.

Ο άκρος πόδας αποτελείται από 28 οστά (περιλαμβανομένων των σησαμοειδών) των οποίων οι κινήσεις αλληλοεξαρτώνται. Εκτός του ότι δρα ως δομική υποστηρικτική πλατφόρμα ικανή να αντέχει επαναλαμβανόμενα φορτία πολλαπλάσια του σωματικού βάρους, το σύμπλεγμα άκρου ποδός-αστραγάλου πρέπει επίσης να είναι ικανό να προσαρμόζεται σε διαφορετικές επιφάνειες εδάφους και ποικίλες ταχύτητες κίνησης. Οι μοναδικές ιδιότητες του άκρου πόδα του επιτρέπουν να είναι άκαμπτος όταν είναι απαραίτητο, όπως στο χορό στις μύτες στο μπαλέτο, ή αρκετά εύκαμπτος, όπως στο ξυπόλητο περπάτημα στην άμμο. Η αλλαγή από μια εκπληκτικά απορροφητική πλατφόρμα σε σκληρό μοχλό προώθησης μπροστινής κίνησης συμβαίνει σε κάθε ενέργεια κυκλικού βηματισμού (Hamilton, Luttgens, 2003).

1.1 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Ο σκελετός του άκρου πόδα συνίσταται από 26 βραχέα και μακρά οστά, τα οποία έχουν τοποθετηθεί κατά τέτοιον τρόπο, ώστε το σύνολό τους να αποτελεί ένα τοξοειδές μόρφωμα «την ποδική καμάρα» (Εικόνα 1.1).

Στον σκελετό του άκρου πόδα διακρίνουμε τρεις ομάδες οστών :

- 1. Τα οστά του ταρσού.**
- 2. Τα οστά του μεταταρσίου.**
- 3. Τα οστά των δακτύλων.**

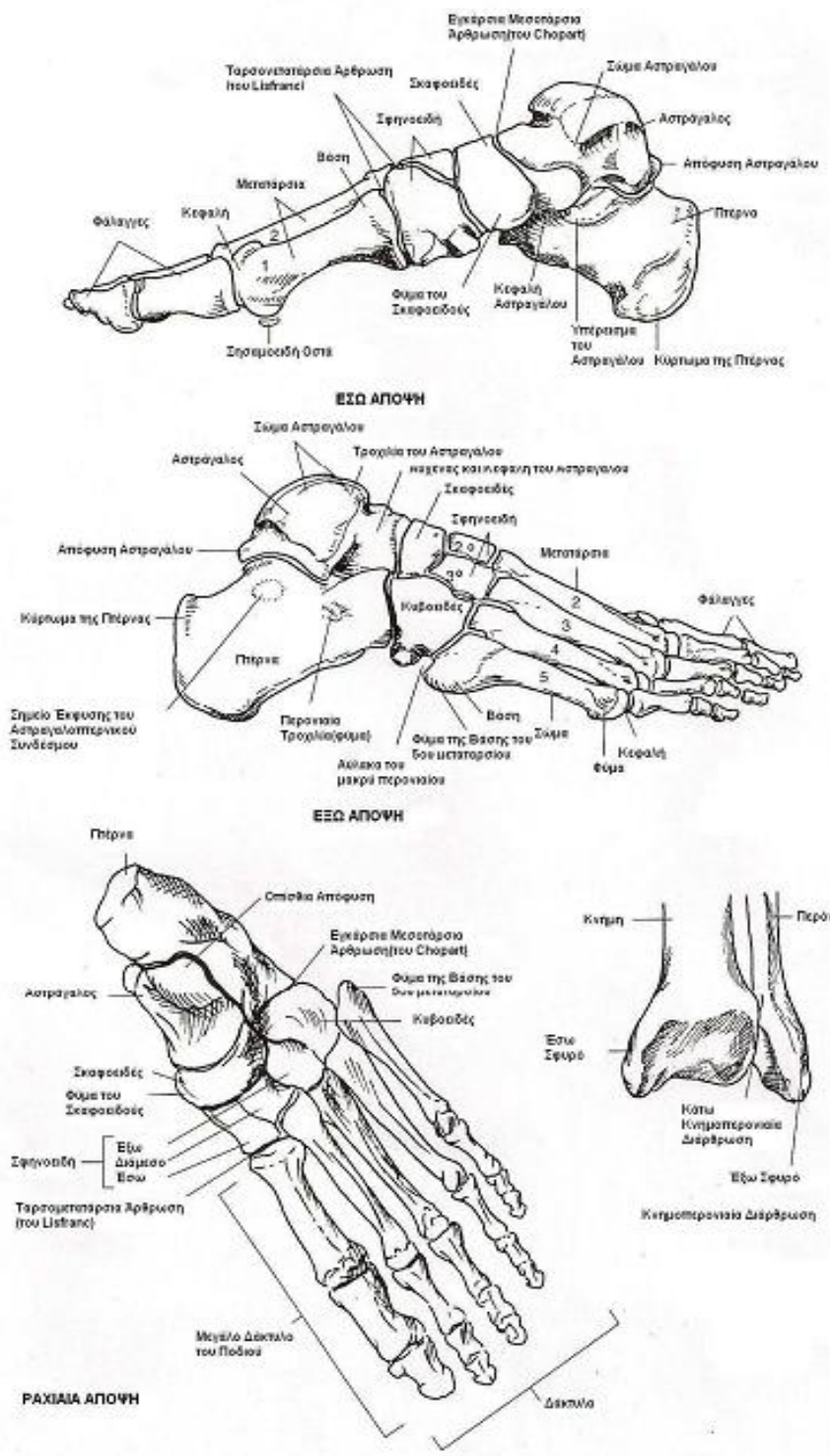
Τα οστά του ταρσού είναι 7 και είναι τοποθετημένα σε τρεις σειρές :

- Την πρώτη ή οπίσθια σειρά, η οποία αποτελείται από τον αστράγαλο και την πτέρνα.
- Τη δεύτερη ή μέση σειρά, η οποία αποτελείται από το σκαφοειδές οστό.
- Την τρίτη ή πρόσθια σειρά, η οποία αποτελείται από τα τρία σφηνοειδή και το κυβοειδές.

Ο αστράγαλος είναι ένα βραχύ οστό με ανώμαλο κυβοειδές σχήμα. Συντάσσεται προς τα πάνω με τα οστά της κνήμης, προς τα κάτω με την πτέρνα και προς τα εμπρός με το σκαφοειδές. Η πτέρνα είναι το μεγαλύτερο οστό του ταρσού. Βρίσκεται κάτω από τον αστράγαλο και πίσω από το σκαφοειδές, με τα οποία συντάσσεται. Η πίσω επιφάνεια είναι ανώμαλη για την κατάφυση του αχίλλειου τένοντα. Το σκαφοειδές οστό εμφανίζει μηνοειδές σχήμα. Στο μέσα άκρο διακρίνουμε το φύμα του σκαφοειδούς (κατάφυση του πρόσθιου κνημιαίου). Το κυβοειδές έχει σχήμα σφήνας και παρουσιάζει ραχιαία, πελματιαία και πρόσθια επιφάνεια. Τα σφηνοειδή οστά συντάσσονται μεταξύ τους με πλάγιες αρθρικές επιφάνειες (Δούκας, 1979).

Τα οστά του μεταταρσίου είναι 5 επιμήκη οστά με λίγο κυρτό σχήμα στην πάνω επιφάνειά τους. Ονομάζονται από μέσα προς τα έξω, έτσι ώστε το πρώτο να αντιστοιχεί στο μεγάλο δάκτυλο και το πέμπτο στο μικρό. Σε κάθε μετατάρσιο διακρίνουμε δύο άκρα, το πρόσθιο και το οπίσθιο και ενδιάμεσά τους βρίσκεται το σώμα. Το οπίσθιο ή βάση αρθρώνεται με τα οστά της πρόσθιας σειράς του ταρσού. Το πρόσθιο ή κεφαλή αρθρώνεται με την πρώτη φάλαγγα του σύστοιχου δακτύλου. Τέλος η έξω πλευρά του πέμπτου μεταταρσίου εμφανίζει ένα ευδιάκριτο φύμα, που προβάλλει προς τα πίσω και αποτελεί τη θέση κατάφυσης του τένοντα του βραχέος περνιαίου μυός.

Καθένα από τα οστά των δακτύλων αποτελείται από τρία μικρά επιμήκη οστά, τις φάλαγγες. Εξαίρεση αποτελεί το μεγάλο δάκτυλο το οποίο φέρει δύο φάλαγγες. Οι φάλαγγες ονομάζονται από πίσω προς τα εμπρός και είναι η πρώτη ή μετατάρσιος, η δεύτερη ή μέση και η τρίτη ή ονυχοφόρος. Το μεγάλο δάκτυλο έχει την μετατάρσιο και την ονυχοφόρο φάλαγγα (Δούκας, 1979).



Εικόνα 1.1 Επάνω: Άποψη της έσω πλευράς του ποδιού. Μέση: Άποψη της έξω πλευράς του ποδιού. Κάτω αριστερά : Ραχιαία άποψη του ποδιού. Κάτω δεξιά: Πρόσθια άποψη της κνήμης-περώνης. Από (Δούκας, 1979).

Αρθρώσεις του άκρου πόδα (Platzer, 1985).

Στις αρθρώσεις του άκρου πόδα υπάγονται :

1. Ποδοκνημική διάρθρωση (αστραγάλοκνημική).
2. Μεσοτάρσιες διαρθρώσεις (πτερνοκυβοειδής, σκαφοσφηνοειδής, υπαστραγαλική).
3. Ταρσομετατάρσιες διαρθρώσεις
4. Μεταταρσιοφαλαγγικές διαρθρώσεις.
5. Μεσοφαλαγγικές διαρθρώσεις.

Αστραγάλοκνημική άρθρωση:

Με την άρθρωση αυτή επιτυγχάνεται η ένωση των οστών της κνήμης με το σκελετό του άκρου πόδα. Είναι η σπουδαιότερη άρθρωση. Δια μέσου αυτής μεταφέρεται το βάρος του κορμού από την κνήμη στον άκρο πόδα.

Οι αρθρικές επιφάνειες της άρθρωσης αυτής είναι :

- Η κνημοπερονιαία γλήνη.
- Η τροχλία του αστραγάλου, η οποία είναι πλατύτερη προς τα επρός και απαρτίζεται από τις πάνω και από τις δύο πλάγιες σφυρίτιδες επιφάνειες (Δούκας, 1979).

Αρθρικός θύλακος:

Προσφύεται στα χείλη του αρθρικού χόνδρου των αρθρικών επιφανειών. Μέσα στην αρθρική κοιλότητα εισέχουν πρόσθιες και οπίσθιες ενάρθριες πτυχές (Platzer, 1985).

Υπαστραγαλική και αστραγάλοπτερνοσκαφοειδής διάρθρωση.

Οι διαρθρώσεις αυτές, αν και είναι χωριστές, λειτουργούν από κοινού. Οι αρθρικές επιφάνειες της υπαστραγαλικής διάρθρωσης σχηματίζονται από τον αστράγαλο και την πτέρνα. Ο αρθρικός θύλακος είναι χαλαρός, λεπτός και ενισχύεται από τον έσω και έξω αστραγαλοπτερνικό σύνδεσμο. Η αστραγαλοπτερνοσκαφοειδής διάρθρωση σχηματίζεται από τρία οστά. Εκτός από τις αρθρικές επιφάνειες του αστραγάλου, της πτέρνας και του σκαφοειδούς υπάρχει πρόσθετη αρθρική επιφάνεια καλυμμένη με χόνδρο στον πελματιαίο πτερνοσκαφοειδή σύνδεσμο. Ο σύνδεσμος αυτός συνδέει το υπέρεισμα του αστραγάλου, στην περιοχή της μέσης αρθρικής επιφάνειας, με το σκαφοειδές οστό και σχηματίζει μαζί με αυτό την αρθρική γλήνη που υποδέχεται την κεφαλή του αστραγάλου. Ο αρθρικός

θύλακός της προσφύεται στο χείλος του αρθρικού χόνδρου. Ο ισχυρός δισχιδής σύνδεσμος συνδέει την πτέρνα με το σκαφοειδές και το κυβοειδές και ενισχύει τον αρθρικό θύλακο.

Ποδική καμάρα

Όταν βλέπουμε το σκελετό του άκρου ποδός παρατηρούμε ότι ενώ πίσω τα οστά επικάθονται το ένα στο άλλο, στο έσω και στο πρόσθιο τμήμα βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο. Αυτή η διάταξη δημιουργεί τις καμάρες του ποδιού, που είναι γνωστές ως οβελιαία (επιμήκης) και εγκάρσια καμάρα. Αρχίζοντας από τον αστράγαλο, μια έσω σειρά οστών φέρεται κατευθείαν μπροστά, ενώ μια έξω σειρά οστών φέρεται από την πτέρνα προς τα εμπρός. Η έσω σειρά αποτελείται από τον αστράγαλο, το σκαφοειδές, τα σφηνοειδή και τα τρία έσω μετατάρσια με τις σύστοιχες φάλαγγες. Η έξω σειρά περιλαμβάνει τον αστράγαλο, το κυβοειδές και τα δύο έξω μετατάρσια με τις σύστοιχες φάλαγγες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το πόδι να είναι πλατύ εμπρός και στενό πίσω. Επίσης είναι υψηλότερο πίσω. Έτσι σχηματίζεται καμάρα που βλέπει προς τα έσω και είναι κυρτή και επιμηκώς και εγκαρσίως. Η επιμήκης καμάρα είναι πιο έκδηλη στο έσω χείλος παρά στο έξω χείλος του ποδιού. Η εγκάρσια καμάρα είναι έκδηλη μόνο στο έσω και στο πρόσθιο τμήμα του ποδιού (Δούκας, 1979).

Η ποδική καμάρα φυσιολογικά υποβαστάζει το βάρος του σώματος. Τα οστικά σημεία στήριξης της καμάρας επί του εδάφους είναι το κύρτωμα της πτέρνας, η κεφαλή του 1ου μεταταρσίου και η κεφαλή του 5^{ου} μεταταρσίου. Έτσι, η στηρικτική επιφάνεια έχει σχήμα τριγώνου. Αν εξετάσουμε ένα ποδικό αποτύπωμα, βρίσκουμε κάπως μεγαλύτερη την στηρικτική επιφάνεια που παράγεται από τα μαλακά όρια. Η γραμμή μεταβίβασης του βάρους του σώματος περνάει από την κνήμη στην πτέρνα και στο έσω και πρόσθιο τμήμα του ποδιού. Η μεταβίβαση της πίεσης στην καμάρα κατά τις δύο διευθύνσεις τείνει να την αποπλάτυνει. Στην αποπλάτυνση όμως αυτή αντιτίθενται οι σύνδεσμοι και οι πελματιαίοι μυς (Δούκας, 1979) .

1.2 ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ ΑΡΘΡΩΣΗ

Με την άρθρωση αυτή επιτυγχάνεται η ένωση των οστών της κνήμης με το σκελετό του άκρου πόδα. Είναι η σπουδαιότερη άρθρωση. Δια μέσου αυτής μεταφέρεται το βάρος του κορμού από την κνήμη στον άκρο πόδα.

Οι αρθρικές επιφάνειες της άρθρωσης αυτής είναι :

- Η κνημοπερονιαία γλήνη.
- Η τροχιλία του αστραγάλου, η οποία είναι πλατύτερη προς τα εμπρός και απαρτίζεται από τις πάνω και από τις δύο πλάγιες σφυρίτιδες επιφάνειες. (Δούκας, 1979)

Αρθρικός θύλακος:

Προσφύεται στα χείλη του αρθρικού χόνδρου των αρθρικών επιφανειών. Μέσα στην αρθρική κοιλότητα εισέχουν πρόσθιες και οπίσθιες έναρθρες πτυχές (Platzer, 1985).

1.2.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

Οι σύνδεσμοι είναι οι ταινίες από παχύ συνδετικό ιστό που προσφύονται μεταξύ των οστών και της άρθρωσης. Αυτοί που κυρίως ενισχύουν της άρθρωση είναι ο έσω και ο έξω πλάγιος σύνδεσμος, αλλά υπάρχουν και ο πρόσθιος και οπίσθιος σύνδεσμος της ποδοκνημικής διάρθρωσης που ουσιαστικά απλά αποτελούν παχύνσεις του ινώδη θύλακου της άρθρωσης στο πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα του. Οι σύνδεσμοι δεν υφίστανται κάματο και έχουν μεγαλύτερη αντίσταση στη διάτασή από τους μυς. Η αντίσταση τους δεν ποικίλλει, αλλά όταν υπερδιαταθούν δεν επανέρχονται στο προηγούμενο σχήμα τους. Ο αρθρικός θύλακος της ποδοκνημικής άρθρωσης ενισχύεται από τον έσω πλάγιο ή δελτοειδή και τον έξω πλάγιο σύνδεσμο (Δούκας, 1979).

Ο μεγαλύτερος σύνδεσμος κατά την έσω επιφάνεια είναι ο έσω πλάγιος και αποτελείται από τέσσερις δεσμίδες τον πρόσθιο και οπίσθιο ποδοκνημικό σύνδεσμο, τον κνημοσκαφοειδή σύνδεσμο και τον κνημοπτερνικό σύνδεσμο. Ο κνημοσκαφοειδής σύνδεσμος φέρεται από το έσω σφυρό στο σκαφοειδές και καλύπτει τον πρόσθιο αστραγαλοκνημικό σύνδεσμο, που καταφύεται στον αυχένα του αστραγάλου (Δούκας, 1979).

Ο κνημοσκαφοειδής σύνδεσμος φέρεται από το έσω σφυρό στο σκαφοειδές και καλύπτει τον πρόσθιο αστραγαλοκνημικό σύνδεσμο, που καταφύεται στον αυχένα του αστραγάλου. Ο κνημοπτερνικός σύνδεσμος φέρεται στο υπέρεισμα του αστραγάλου και

καλύπτει εν μέρει τον κνημοσκαφοειδή σύνδεσμο. Κατά την έξω επιφάνεια υπάρχει ο έξω πλατύς που αποσχίζεται στον πρόσθιο-οπίσθιο αστραγαλοπερονικό σύνδεσμο και τον περνοπερονικό σύνδεσμο. Ο πρόσθιος αστραγάλοπερονικός σύνδεσμος φέρεται από το έξω σφυρό στον αυχένα του αστραγάλου. Ο οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος φέρεται σχεδόν οριζόντια από το έξω σφυρό στην οπίσθια αστραγαλική υπόφυση. Η περονοκνημική γλήνη στηρίζεται με τον πρόσθιο και τον οπίσθιο περονοκνημικό σύνδεσμο. (Platzer, 1985)

Σύνδεσμοι της αστραγαλοκνημικής (ποδοκνημικής)

Ο αρθρικός θύλακος της ενισχύεται από τον έσω πλάγιο ή δελτοειδή και τον έξω πλάγιο σύνδεσμο (Δούκας, 1979). Ο μεγαλύτερος σύνδεσμος κατά την έσω επιφάνεια είναι ο έσω πλάγιος και αποτελείται από τέσσερις δεσμίδες, τον πρόσθιο και οπίσθιο αστραγαλοκνημικό, τον κνημοσκαφοειδή και τον κνημοπερνικό σύνδεσμο.

Σύνδεσμοι της ποδικής καμάρας

Στους συνδέσμους της ποδικής καμάρας υπάγονται η πελματιαία απονεύρωση, ο μακρός πελματικός σύνδεσμος, ο πελματιαίος περνοσκαφοειδής σύνδεσμος και οι βραχείς πελματικοί σύνδεσμοι. Η πελματιαία απονεύρωση συνδέει το κύρτωμα της πτέρνας με την πελματιαία επιφάνεια των δακτύλων. Λειτουργεί κυρίως στην ορθοστασία. Η τάση των εγκάρσιων ινών της απονεύρωσης, κατά το μετατάρσιο τμήμα του ποδιού, συγκρατεί και την επιμήκη και την εγκάρσια καμάρα. Ο μακρός πελματικός σύνδεσμος γεφυρώνει την έξω σειρά των οστών του ταρσού. Εκφύεται από την πελματιαία επιφάνεια της πτέρνας, πλατύνεται προς τα εμπρός και ως μακρά επιπολής ινώδης στιβάδα περνάει κάτω από τον τένοντα του μακρού περονιαίου και φτάνει στις βάσεις των μεταταρσίων. Βραχείες ίνες του καταφύονται στο φύμα του κυβοειδούς και αποτελούν τον πελματιαίο περνοκυβοειδή σύνδεσμο. Ο πελματιαίος αστραγαλοσκαφοειδής σύνδεσμος μαζί με τους βραχείς πελματικούς συνδέσμους αποτελούν την εν τω βάθει στιβάδα των συνδέσμων και επαυξάνουν το μέγεθος της γλήνης που υποδέχεται την κεφαλή του αστραγάλου. Η άνω του επιφάνεια καλύπτεται από ινώδη χόνδρο που καμιά φορά οστεοποιείται (Platzer, 1985).

1.2.2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

Η κύρια ενέργεια του έσω πλάγιου συνδέσμου είναι ο έλεγχος της κατάστασης του έσω χείλους του άκρου πόδα. Βίαιη υπέρμετρη κατάσταση του έσω χείλους (ή ανάσπαση του έξω χείλους) του άκρου πόδα μπορεί να προκαλέσει ρήξη του έσω συνδέσμου, αν και εξαιτίας της ισχύς του είναι δυνατόν να προηγηθεί κάταγμα του έσω σφυρού. Κύρια λειτουργία του έξω πλάγιου συνδέσμου είναι η παρεμπόδιση της υπέρμετρης ανάσπασης του έσω χείλους του άκρου πόδα, την οποία και επιτελεί διά του πτερνοπερονικού συνδέσμου. Ο σύνδεσμος σε αυτήν την λειτουργία φυσικά επικουρείται από τον τόνο των περνιαίων μυών (Δούκας, 1979).

2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Το ανθρώπινο σώμα απαρτίζεται από ένα μεγάλο αλλά συγκεκριμένο αριθμό συστατικών μερών. Τα συστατικά αυτά μέρη μπορούν να συνδυαστούν για να παράγουν μια τεράστια ποικιλία στάσεων και κινήσεων. Η γνώση των φυσικών αρχών που κυβερνούν το σώμα και των δυνάμεων που το επηρεάζουν αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εξέταση της δομής και λειτουργίας των επιμέρους συστατικών. Η μελέτη της μηχανικής του ανθρώπινου σώματος ονομάζεται βιομηχανική και συμπεριλαμβάνει την κινηματική και την κινητική. Η κινηματική ασχολείται με τη περιγραφή της κίνησης του σώματος χωρίς να αναφέρεται σε δυνάμεις που παράγουν την κίνηση. Η κινητική, αντίστοιχα, μελετά τις δυνάμεις που παράγουν μια κίνηση ή διατηρούν την ισορροπία (Levangie and Norkin 2001).

2.1 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Ο ανθρώπινος σκελετός ουσιαστικά αποτελείται από αλληλοσυνδεδεμένα συστήματα μοχλών. Κάθε μακρύ οστό συμπεριφέρεται ως μία άκαμπτη ράβδος που μπορεί να μεταφέρει και να τροποποιήσει τη δύναμη και την κίνηση που της ασκείται. Οι κινηματικές μεταβλητές

μιας κίνησης μπορεί να περιλαμβάνουν, τον τύπο της κίνησης που εμφανίζεται, τα επίπεδα, την κατεύθυνση, το εύρος και τη διάρκεια της κίνησης (Levangie and Norikin 2001, Δούκας, 1979).

2.1.1 ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΣΗΣ

Στροφική ή κυκλική ονομάζεται η κίνηση ενός σώματος ή τμήματος γύρω από ένα σταθερό άξονα, έτσι ώστε όλα τα τμήματα του σώματος να κινούνται σε ασπίδες και να διανύουν τις ίδιες γωνιακές μετατοπίσεις. Η γραμμική κίνηση παρουσιάζεται όταν όλα τα μέρη ενός σώματος κινούνται στην ίδια διεύθυνση και φορά και διανύουν για ίδιους χρόνους ίδια διαστήματα (Τσακλής, 2011).

Οι στροφικές και οι γραμμικές κινήσεις εμφανίζονται στις ανθρώπινες αρθρώσεις συνήθως ταυτόχρονα. Παρόλο που η κυκλική κίνηση μπορεί να επικρατεί στις περισσότερες αρθρώσεις, παρουσιάζεται συχνά και σύγχρονη κίνηση του άξονα στο διάστημα. Όταν ένα αντικείμενο στρέφεται γύρω από έναν άξονα και κινείται στο διάστημα την ίδια χρονική στιγμή, το αντικείμενο περιγράφει μια τρίτη διαδρομή, γνωστή ως καμπυλόγραμμη κίνηση. Η καμπυλόγραμμη κίνηση είναι σαν την τροχιά που διαγράφει ένα βλήμα (βαλλιστική). Κλασικό παράδειγμα καμπυλόγραμμης κίνησης αποτελεί το πέταγμα μιας μπάλας, όπου η μπάλα κινείται στο διάστημα και στρέφεται γύρω από τον άξονά της ταυτόχρονα. Η καμπυλόγραμμη κίνηση αποτελεί τον πιο συχνό τύπο κίνησης στο ανθρώπινο σώμα (Τσακλής, 2011).

2.1.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Υπάρχουν τρία επίπεδα κίνησης που περιλαμβάνουν τα τμήματα και τις αρθρώσεις του σώματος που κινούνται, καθώς επίσης την τοποθεσία και το επίπεδο της κίνησης. Το πρώτο είναι το οβελιαίο επίπεδο και χωρίζει το σώμα σε αριστερό και δεξιό τμήμα. Οι κινήσεις στο οβελιαίο επίπεδο γίνονται γύρω από έναν πρόσθιο (μετωπιαίο άξονα). Μετά είναι το εγκάρσιο επίπεδο που χωρίζει το σώμα σε άνω και κάτω τμήμα. Οι κινήσεις σε αυτό το επίπεδο γίνονται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα. Το μετωπιαίο επίπεδο είναι το τρίτο και χωρίζει το σώμα σε πρόσθιο και οπίσθιο τμήμα. Οι κινήσεις στο μετωπιαίο επίπεδο γίνονται γύρω από έναν πρόσθιο-οπίσθιο άξονα (Τσακλής, 2011).

2.1.3 ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η κάμψη αναφέρεται στην κίνηση ενός ή δύο οστικών μοχλών γύρω από μία αξονική άρθρωση έτσι ώστε οι επιφάνειές τους να πλησιάζουν η μία την άλλη. Η κίνηση αυτή στο ίδιο επίπεδο αλλά στην αντίθετη κατεύθυνση ονομάζεται έκταση. Η κάμψη και η έκταση συμβαίνουν συνήθως στο οβελιαίο επίπεδο γύρω από ένα μετωπιαίο άξονα (Τσακλής, 2011).

Απαγωγή είναι η κίνηση ενός ή δύο τμημάτων μιας άρθρωσης γύρω από έναν άξονα, έτσι ώστε τα περιφερικά τμήματα να απομακρύνονται από τη μέση γραμμή του σώματος. Η προσαγωγή συμβαίνει στο ίδιο επίπεδο αλλά στην αντίθετη κατεύθυνση. Όταν το τμήμα που κινείται είναι μέρος της μεσότητας του σώματος (π.χ. κεφάλι και κορμός), η κίνηση ονομάζεται πλάγια κάμψη. Η προσαγωγή, η απαγωγή και η πλάγια κάμψη συμβαίνουν στο μετωπιαίο επίπεδο γύρω από έναν προσθιοπίσθιο άξονα. Η έσω και η έξω στροφή καθώς και οι στροφές του κορμού και της κεφαλής γίνονται στο εγκάρσιο επίπεδο γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα (Τσακλής, 2011).

2.1.4 ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Τροχιά κίνησης ή εύρος κίνησης μιας άρθρωσης ονομάζεται το φυσιολογικό τόξο το οποίο μπορεί να διαγράψει το κινούμενο τμήμα της άρθρωσης. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως για τη μέτρηση του εύρους των αρθρώσεων είναι η γωνιομετρία. Το μέγεθος της κίνησης μπορεί επίσης να δοθεί ως οι μοίρες που διαγράφει ένα αντικείμενο καθώς στρέφεται ανά δευτερόλεπτο (γωνιακή ταχύτητα) (Τσακλής, 2011).

2.2 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΟΔΙΟΥ

Το μέγεθος των φορτίων που βιώνει το πέλμα είναι μεγάλο. Οι μέγιστες κατακόρυφες δυνάμεις φτάνουν στο 120% του σωματικού βάρους κατά τη βάδιση και στο 275% κατά το τρέξιμο. Υπολογίζεται ότι ένας μέσος άντρας 68 κιλών απορροφά φορτία βάρους 63.5 τόνων σε κάθε πόδι κατά την βάδιση. Όταν τρέχει για ένα μίλι, παράγει φορτία 110 τόνων στο κάθε πόδι (Mann, 1982). Ο Manter μέτρησε πειραματικά τις συμπιεστικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στον άκρο πόδα σε στατική φόρτιση, για να προσδιορίσει τη κατανομή των δυνάμεων μέσω των αρθρώσεων του ποδιού.

Το υψηλότερο μέρος της ποδικής καμάρας, η αστραγαλοπτερνοσκαφοειδής και η περνοκυβοειδής διάρθρωση δέχονται τα μεγαλύτερα φορτία απ' όλες τις αρθρώσεις των οστών του ταρσού. Το μεσαίο τμήμα του άκρου πόδα, που αποτελείται από τον αστράγαλο, το σκαφοειδές, τα σφηνοειδή οστά και τα τρία πρώτα μετατάρσια, δέχεται τα μεγαλύτερα φορτία. Το έξω πλάγιο τμήμα του άκρου πόδα, που αποτελείται από την περνοκυβοειδή διάρθρωση και τα δύο τελευταία μετατάρσια, δέχεται τα μικρότερα φορτία.

Η κατανομή των φορτίων στο πέλμα κατά τη στήριξη έχει γίνει το αντικείμενο συστηματικής έρευνας τον τελευταίο μισό αιώνα. Αρχικά, υποστηρίχθηκε η ιδέα μιας «εγκάρσιας μεταταρσιαίας καμάρας» στην οποία τα φορτία επιδέχονταν πρωταρχικά η πτέρνα, το πρώτο και πέμπτο μετατάρσιο, όπως σε ένα τρίποδο. Αυτή η ιδέα αμφισβητήθηκε από τον Morton (1935), ο οποίος πίστευε ότι το μπροστινό μέρος του πέλματος είχε έξι σημεία επαφής τα οποία μοιράζονταν ισομερώς τα φορτία, ονομαστικά, τα δύο σησαμοειδή οστά και οι κεφαλές των τεσσάρων τελευταίων μεταταρσίων. Μετέπειτα μελέτες των πελματιαίων φορτίων, σε άτομα χωρίς υπόδηση, από τον Cavagna et al., (1977) έδειξαν ότι η κατανομή των φορτίων στο πέλμα είναι η εξής: πτέρνα 60%, έσω πέλμα 8%, πρόσθιο πέλμα 28% και δάκτυλα 4%. Τα μέγιστα φορτία στην πτέρνα είναι 2.6 φορές μεγαλύτερα από αυτά του πρόσθιου τμήματος του πέλματος. Τα μέγιστα φορτία του πρόσθιου τμήματος του πέλματος εμφανίζονται κάτω από την κεφαλή του δεύτερου μεταταρσίου.

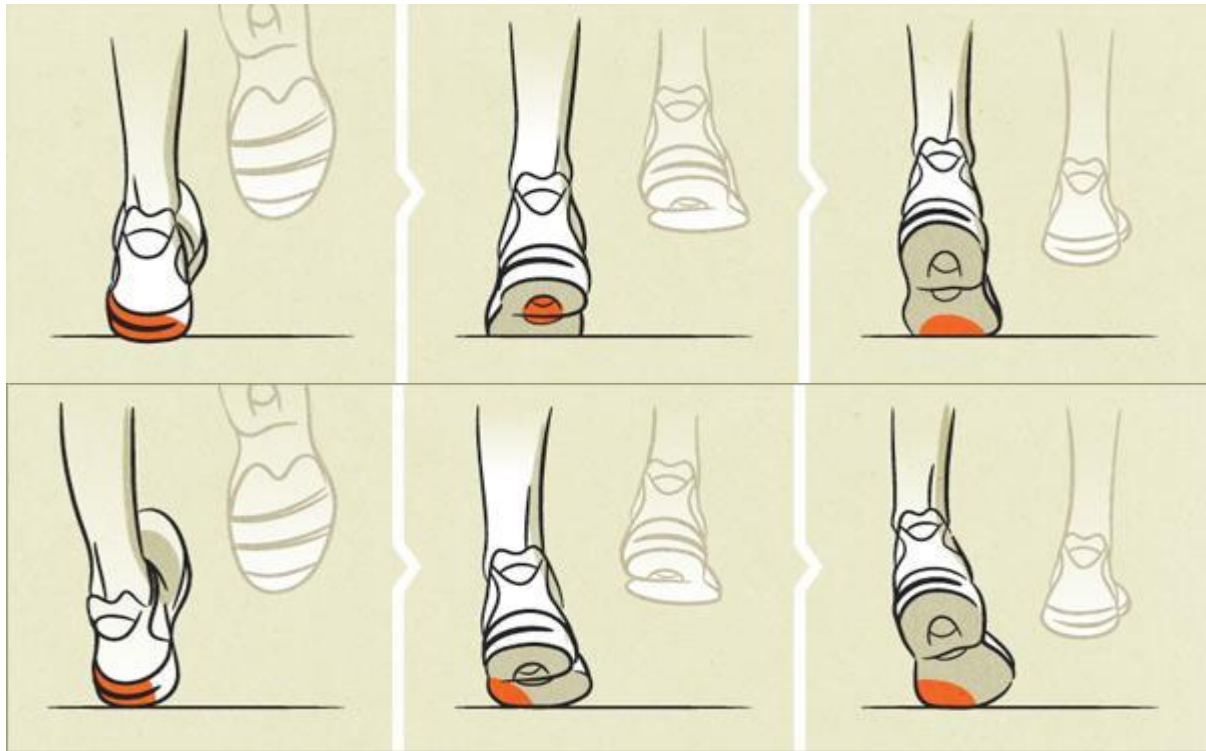
Οι ακτινογραφικές μετρήσεις του ποδιού κατά τη στάση απέτυχαν να προσδιορίσουν το 65% των διαφορετικών κατανομών των φορτίων, που εντοπίστηκαν σε ποικίλα αντικείμενα. Έτσι, η δυναμική της βάδισης επηρεάζει την κατανομή των φορτίων κατά τη βάδιση (Cavagna et al., 1977). Ο Stott et al., (1973) μελέτησε την μετακίνηση του σημείου μέγιστου φορτίου κατά μήκος του πέλματος στη βάδιση. Κατά τη βάδιση χωρίς υπόδηση, το σημείο μέγιστου φορτίου βρίσκεται αρχικά στο κέντρο της πτέρνας και

μετακινείται ραγδαία κατά μήκος του πέλματος για να φτάσει στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, όπου η ταχύτητα μετακίνησης του σημείου μειώνεται. Τα μέγιστα φορτία στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος φτάνουν στο 80%, στη φάση της στήριξης και εντοπίζονται στην κεφαλή του δεύτερου μεταταρσίου. Στη φάση ανύψωσης της πτέρνας το σημείο μέγιστου φορτίου βρίσκεται κάτω από το μεγάλο δάκτυλο. Οι κεφαλές των μεταταρσίων είναι σε επαφή με το έδαφος τουλάχιστον στο 50% της φάσης στήριξης. Ο Soames (1985) υποστήριξε ότι, κατά την βάδιση χωρίς υπόδηση, το σημείο μέγιστου φορτίου και η μεγαλύτερη αλληλεπίδραση πέλματος-εδάφους είναι κάτω από την κεφαλή του τρίτου μεταταρσίου και όχι του δεύτερου.

Η κατανομή των φορτίων στο πέλμα αλλάζει ανάλογα με την υπόδηση. Η υπόδηση μειώνει τη μέγιστη πίεση στην πτέρνα, δημιουργώντας έτσι μια πιο δίκαιη κατανομή φορτίων στην πτέρνα. Με την υπόδηση, η κατανομή του φορτίου στο πρόσθιο πέλμα μετακινείται κεντρικά, με μέγιστο φορτίο κάτω από την κεφαλή του πρώτου και δεύτερου μεταταρσίου. Τα φορτία κάτω από τα δάκτυλα, επίσης αυξάνονται με την υπόδηση (Soames, 1985). Η κατανομή των φορτίων στο πέλμα κατά το τρέξιμο έχει δημιουργήσει δύο τύπους δρομέων που χαρακτηρίζονται από το πρώτο τους σημείο επαφής με το έδαφος: οι πίσω επιθετικοί και οι μέσοι επιθετικοί. Οι πίσω επιθετικοί έχουν αρχική επαφή με το έδαφος με το πίσω τρίτο του παπουτσιού. Η αρχική επαφή για τους μέσους επιθετικούς είναι στο μέσο τρίτο του παπουτσιού. Και στις δύο ομάδες η πρώτη επαφή γίνεται στο πλευρικό τμήμα του ποδιού. Το μέγιστο φορτίο δεν διαφέρει μεταξύ των τύπων των δρομέων. Το σημείο μέγιστου φορτίου είναι στο περιφερειακό 20 με 40% του παπουτσιού και στις δύο ομάδες επαφής, για τον περισσότερο από το χρόνο φόρτισης, δείχνοντας ότι ο περισσότερος χρόνος φόρτισης δαπανάται στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος (Soames, 1985).

Κατά τη βάδιση και το τρέξιμο, διάφορες δυνάμεις ενεργούν μεταξύ του πέλματος και του εδάφους: κατακόρυφη δύναμη, διαμήκης διάτμηση (προσθιοπίσθια διάτμηση), μέση και πλάγια διάτμηση και περιστροφική ροπή. Η κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης του εδάφους παρουσιάζει μια διπλή κορυφή μετά την ανιούσα απόκλιση της φάσης επαφής πτέρνας-εδάφους. Η πρώτη κορυφή ακολουθεί τη φάση επαφής πτέρνας-εδάφους στην αρχική στήριξη και η δεύτερη κορυφή συμβαίνει στην τελική φάση στήριξης λίγο πριν από την ανύψωση της πτέρνας. Οι δυνάμεις διαμήκους διάτμησης μειώνονται στο πέλμα, καθώς το πέλμα εμφανίζει μια δύναμη πρόσθιας διάτμησης, που ακολουθείται από μια οπίσθια διάτμηση κατά την τελική φάση στήριξης. Το μεγαλύτερο

μέρος από τη μέση και πλάγια διάτμηση κατευθύνεται πλάγια, επειδή το κέντρο βάρους του σώματος βρίσκεται στη μέση περίπου του πέλματος. Η μεσαία (έσω περιστροφή) ροπή δημιουργείται αρχικά στη φάση στήριξης, καθώς η κνήμη περιστρέφεται εσωτερικά και το πέλμα πρηνίζεται, ακολουθούμενη από πλάγια (έξω περιστροφή) ροπή καθώς το πόδι στρέφεται προς τα έξω και το πέλμα υπτιάζεται (Εικ 2.1).

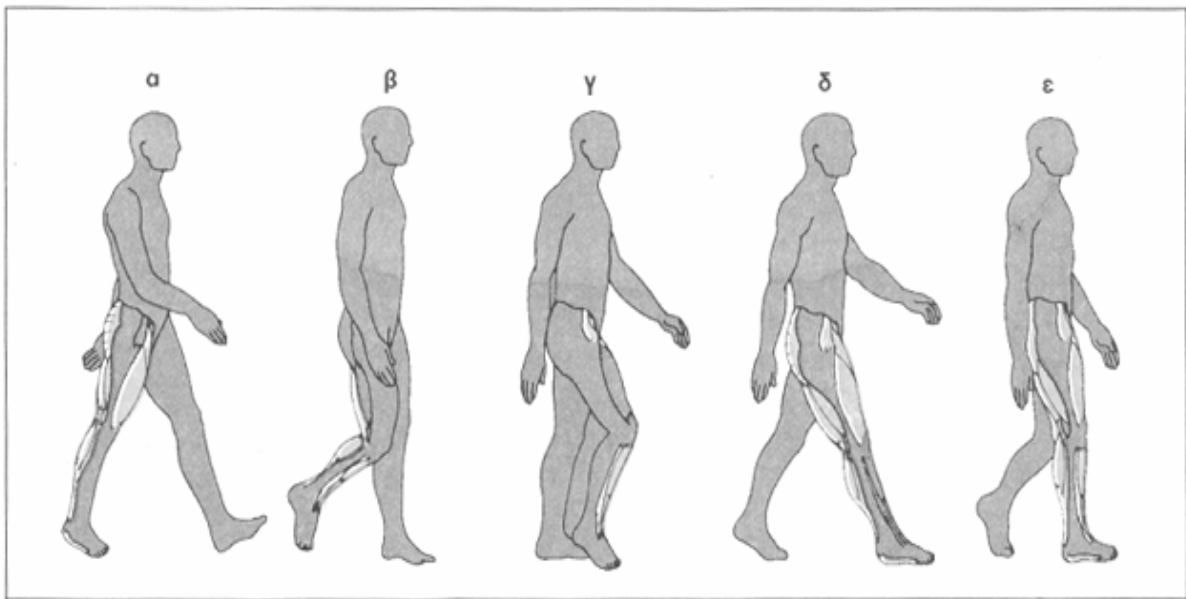


Εικόνα 2.1 Ουδέτερος πρηνισμός (επάνω) και Υποπρηνισμός (γνωστός και ως υπτιασμός) (κάτω) (από <http://www.asics.gr/running/knowledge/understanding-pronation/>)

2.2.1 ΚΙΝΗΣΗ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ

Η αστραγαλοκνημιαία κίνηση συμβαίνει νωρίς στο οβελιαίο επίπεδο με την πελματιαία και τη ραχιαία κάμψη. Όταν η υπαστραγαλική και η μεσοταρσιαία κίνηση περιλαμβάνονται μαζί με την αστραγαλοκνημιαία κίνηση, παρατηρούνται τρεις βαθμοί ελευθερίας. Κατά το χτύπημα της πτέρνας η γωνία του αστραγάλου είναι συνήθως στην ουδέτερη θέση όπως στην όρθια στάση, αλλά μπορεί να διαφέρει ελαφρώς λόγω της κατάστασης του εδάφους και του υποδήματος. Κατά το χτύπημα της πτέρνας, παρατηρείται αρχικά πελματιαία κάμψη μέχρι να ακουμπήσει όλο το πέλμα στο έδαφος. Από αυτό το σημείο μέχρι η πτέρνα να αφήσει το

έδαφος, παρατηρείται ραχιαία κάμψη (καθώς το σώμα μεταφέρεται πάνω από το πόδι), που ακολουθείται από γρήγορη πελματιαία κάμψη που σχετίζεται με τη φάση που το μεγάλο δάκτυλο απομακρύνεται από το έδαφος. Κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης, η ραχιαία κάμψη φέρνει τον αστράγαλο πίσω στην ουδέτερη θέση, έτσι ώστε το πόδι να προετοιμαστεί για το επόμενο κτύπημα της πτέρνας. Έχει βρεθεί από έρευνες ότι το εύρος που χρησιμοποιείται από υγιείς ενήλικες είναι από 10° ραχιαία κάμψη μέχρι 20° πελματιαία κάμψη (Chao and Cahalan, 1990).



Εικόνα 2.2 Μυϊκή συμμετοχή στη Βάδιση (Hamilton, Luttgens, 2003).

Η υψαστραγαλική άρθρωση είναι σε υπτιασμό κατά το χτύπημα της πτέρνας και γρήγορα γυρίζει σε πρηνισμό όταν όλο το πέλμα ακουμπά στο έδαφος, ενώ όταν η πτέρνα αφήνει το έδαφος υπτιάζεται ξανά. Το πόδι είναι ένα άκαμπτο τμήμα στη θέση υπτιασμού, ενώ έτοιμο για κίνηση όταν είναι σε πρηνισμό.

Η επαφή ποδιού-εδάφους γενικώς είναι σχετικά σταθερή. Η πτέρνα κάνει την αρχική επαφή συνήθως μένει στο πάτωμα για 55% της φάσης στήριξης. Η περιοχή κάτω από την κεφαλή του 5ου μεταταρσίου έρχεται σ' επαφή με το πάτωμα από 15 μέχρι 85% της φάσης στήριξης. Η περιοχή της κεφαλής του 1ου μεταταρσίου ακολουθεί στενά το 5ο ξεκινώντας την επαφή στο 20% και τέλος αφήνει το πάτωμα στο 95% της φάσης στήριξης. Η περιοχή των δακτύλων έρχεται σ' επαφή με το έδαφος περίπου όταν η πτέρνα αφήνει το πάτωμα, ή στο 55% της στήριξης και είναι το τελευταίο σημείο που απομακρύνεται από το έδαφος (Hamilton, Luttgens, 2003, Chao and Cahalan, 1990).

Κατά το χτύπημα της φτέρνας, η στιγμιαία δύναμη τείνει να κάμψει πελματιαία τον άκρο πόδα. Η διάρκεια αυτής της ροπής είναι μάλλον σύντομη, μέχρι το σημείο που το πόδι γίνεται επίπεδο στο έδαφος. Από εκείνη την στιγμή μέχρι το πόδι να αφήσει το έδαφος, το διάνυσμα δύναμης-αντίδρασης του εδάφους είναι μπροστά από τον αστράγαλο και τείνει να προκαλέσει ραχιαία κάμψη (Hamilton, Luttgens ,2003).

2.2.2 Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ

Η κίνηση του πέλματος είναι περίπλοκη και λαμβάνει χώρα σε 3 άξονες και σε 3 επίπεδα (Εικόνα 2.4). Η κάμψη-έκταση λαμβάνει χώρα στο οβελιαίο επίπεδο, η απαγωγή-προσαγωγή στο οριζόντιο ή εγκάρσιο επίπεδο και η στροφή στο στεφανιαίο ή πρόσθιο επίπεδο. Ο υπτιασμός και ο πρηνισμός είναι όροι κοινώς χρησιμοποιούμενοι για να περιγράψουν τη θέση της πελματιαίας επιφάνειας του ποδιού και η κίνηση γίνεται κυρίως στην ποδοκνημική διάρθρωση (αστραγαλοπερνική). Κατά τον υπτιασμό το πέλμα κλίνει προς τα μέσα και κατά τον πρηνισμό το πέλμα κλίνει προς τα έξω. Ο υπτιασμός είναι ένας συνδυασμός στροφής, κάμψης και προσαγωγής. Ο πρηνισμός είναι ένας συνδυασμός στροφής, έκτασης και απαγωγής (Δούκας, 1979) .

Οι κινήσεις των δακτύλων είναι η κάμψη, έκταση, προσαγωγή και απαγωγή. Για πρακτικούς λόγους, η κίνηση του πέλματος μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει δύο ακριβείς τύπους: με φόρτιση και χωρίς φόρτιση. Η παθητική κίνηση, στην οποία δεν υπάρχει φόρτιση, μπορεί να εφαρμοστεί με τον ασθενή σε καθιστή θέση και τον άκρο πόδα και τον αστράγαλο να κρέμονται ελεύθερα. Η κίνηση στην ποδοκνημική διάρθρωση ελέγχεται κρατώντας την κνήμη με το ένα χέρι και αναστρέφοντας τη φτέρνα με το άλλο. Η απαγωγή και η προσαγωγή του πρόσθιου μέρους του άκρου πόδα μπορεί να ελεγχθεί εάν η φτέρνα κρατηθεί ακίνητη. Ο υπτιασμός και ο πρηνισμός του άκρου πόδα ελέγχεται πάλι με τη φτέρνα ακινητοποιημένη, όπως και η κάμψη και έκταση των ταρσομεταταρσικών αρθρώσεων και των δακτύλων (Δούκας, 1979).

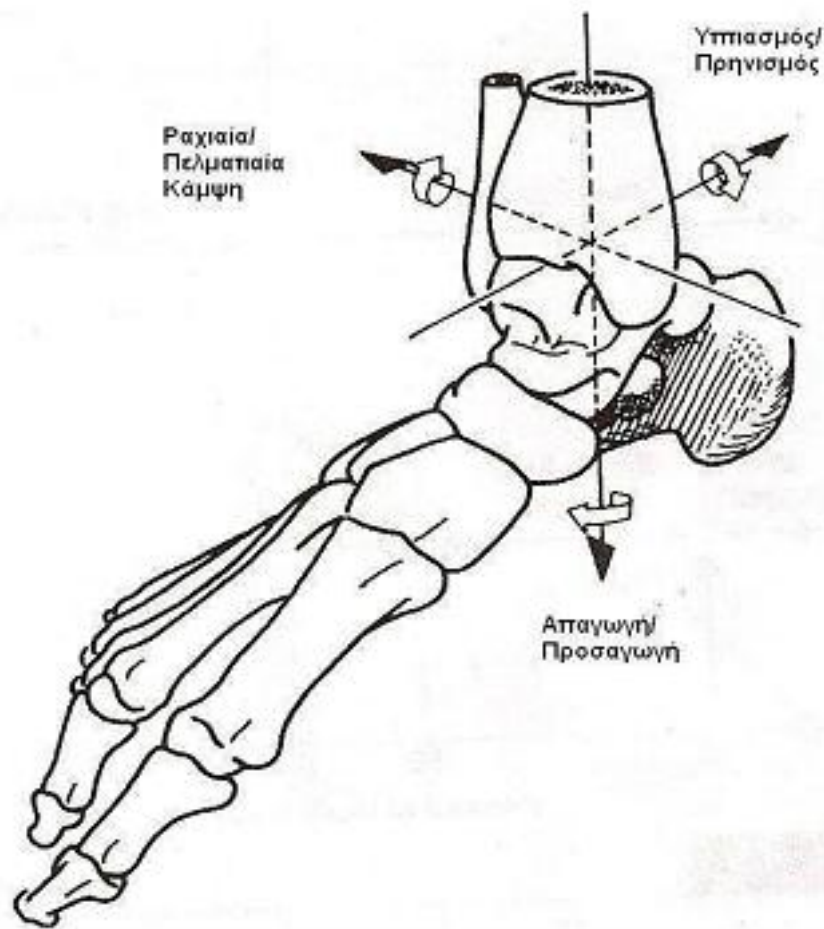
Η ενεργητική κίνηση του πέλματος, η οποία εμπεριέχει φόρτιση, διαφέρει από την παθητική κίνηση διότι οι δυνάμεις που αναπτύσσονται από το βάρος του σώματος και από μυϊκή σύσπαση δρουν για να σταθεροποιήσουν τις αρθρώσεις. Γενικά, το εύρος της

λειτουργικής ενεργητικής κίνησης του άκρου ποδός κατά τη βάδιση είναι μικρότερο από αυτό της παθητικής κίνησης του άκρου ποδός. Η στροφή του άκρου πόδα ελέγχεται βλέποντας τον προσανατολισμό της φτέρνας από πίσω και ζητώντας παράλληλα από τον ασθενή να σηκωθεί στα δάχτυλά του. Η έξω στροφή του άκρου ποδός κατά την φόρτιση ωθεί τη φτέρνα σε αναστροφή και το πρόσθιο μέρος του άκρου ποδός σε πρηνισμό, και επιπλέον σε ανόρθωση της ποδικής καμάρας. Στην έσω στροφή του άκρου ποδός έχουμε το αντίθετο αποτέλεσμα, πτώση της ποδικής καμάρας (Δούκας, 1979) .

2.2.3 ΕΥΚΑΜΨΙΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Ερεύνα σε άτομα που είχαν περιορισμένη ευκαμψία στην ποδοκνημική άρθρωση ($> 71.8^\circ$) κατά τη ραχιαία κάμψη σε σύγκριση με άτομα που είχαν μεγάλη ραχιαία κάμψη ($< 59.8^\circ$) έδειξε ότι, η περιορισμένη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής διαφοροποιεί την αφετηριακή θέση των αρθρώσεων στα άλματα από ημικάθισμα και κατά συνέπεια και του σώματος. Η συμμετοχή της ποδοκνημικής σε ένα άλμα εξαρτάται από την εφαρμογή της δύναμης των εκτεινόντων μυών και το εύρος κίνησής της και είναι αυτή που ουσιαστικά μεταφέρει τη συνολική ενέργεια στο έδαφος κατά τη αρχή αλλά και το τέλος ενός άλματος (Wilson, Elliot & Wood, 1991a).

Ο Van Gyn (1986), αναφέρει ότι ένα καλό επίπεδο ευκαμψίας συνεισφέρει στην εκτέλεση ειδικών κινήσεων από βιοκινητικής πλευράς. Ακόμη, ο Μανδρούκας (1990) και ο Ζάκας (2003), διαπίστωσαν ότι η καλή ευκαμψία των αρθρώσεων επηρεάζει θετικά την κινητική δεξιότητα, το συντονισμό των κινήσεων, τη μυϊκή αίσθηση και την ικανότητα απόδοσης, δίνοντας τη δυνατότητα για την εφαρμογή μέγιστων δυνάμεων σε όλο το κινητικό εύρος της άρθρωσης. Αντίθετα, οι αρθρώσεις με περιορισμένο εύρος κίνησης προκαλούν μυϊκές εντάσεις και αδυναμία χαλάρωσης των ανταγωνιστών μυών (Wilson et al, 1991a), ενώ η περιορισμένη λειτουργική ικανότητα των βραχέων ανταγωνιστών μυών τους μειώνει τη δυνατότητα αποθήκευσης της ελαστικής ενέργειας κατά την προδιάταση (Wilson, Wood & Elliot, 1991b).



Εικόνα 2.3 Η κίνηση του ποδιού σε τρεις άξονες (Λουκας, 1979)

2.2.4 Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΒΑΔΙΣΗ

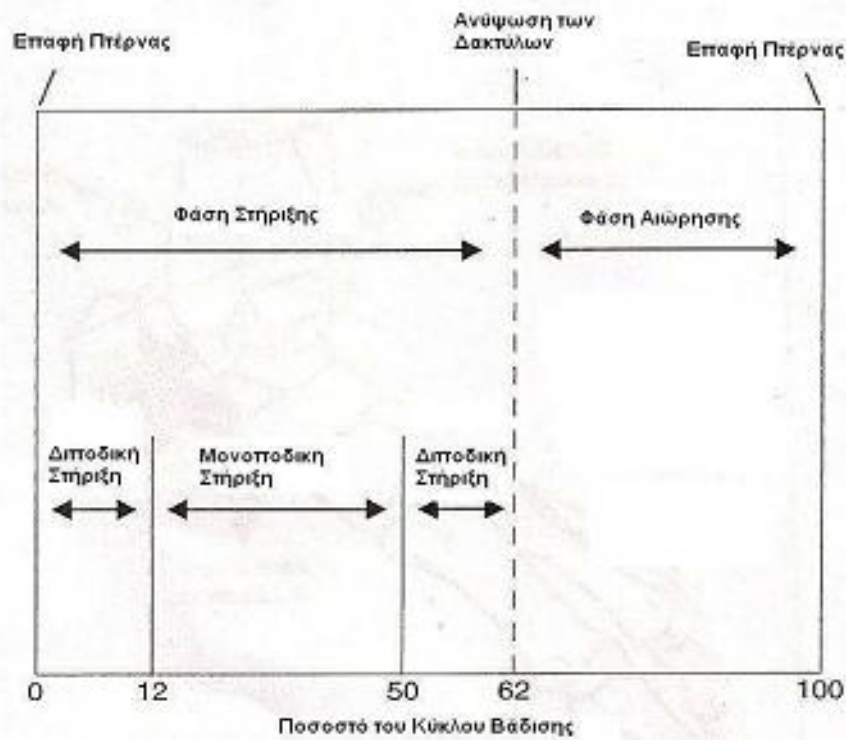
Ο κύκλος βάρδισης αποτελείται από τη φάση στήριξης και τη φάση αιώρησης. Η φάση στήριξης αποτελεί το 62% του κύκλου της βάρδισης και η φάση αιώρησης αντιστοιχεί στο υπόλοιπο 38%. Η φάση στήριξης χωρίζεται στην επαφή φτέρνας-εδάφους, στην ολική στήριξη του ποδιού, στη μερικώς στήριξη του ποδιού, στην ανύψωση της φτέρνας και στην ανύψωση του μεγάλου δακτύλου. Η φάση αιώρησης χωρίζεται στη φάση επιτάχυνσης, στη φάση μερικώς αιώρησης και στη φάση αναχαίτισης (Εικόνα 2.3). Το σημείο της φάσης στήριξης κατά το οποίο και τα δύο πόδια βρίσκονταν στο έδαφος είναι γνωστό ως πλήρης στήριξη των δύο κάτω άκρων και λαμβάνει χώρα κατά το πρώτο και τελευταίο 12% της φάσης στήριξης. Οι φυσιολογικοί άνδρες έχουν μια μέση ταχύτητα βηματισμού των 82 μέτρα/λεπτό και 58 επαφές φτέρνας-εδάφους/λεπτό (Waters et al., 1978). Το τρέξιμο

καθορίζεται σαν ταχύτητα βηματισμού πάνω από 201 μέτρα/λεπτό. Σε αυτήν την ταχύτητα, η πλήρης στήριξη εξαφανίζεται και μια αιωρούμενη φάση αναπτύσσεται στην οποία και τα δύο πόδια δεν βρίσκονται στο έδαφος.

Κατά τη διάρκεια φυσιολογικής βάρδισης, όλο το κάτω άκρο (συμπεριλαμβανομένης και της λεκάνης, του μηριαίου οστού και της κνήμης) στρέφεται εσωτερικά κατά το πρώτο 15% της φάσης στήριξης. Από την επαφή της φτέρνας-εδάφους μέχρι την ολική στήριξη του ποδιού, η ποδοκνημική άρθρωση στρέφεται προς τα έξω, το πέλμα πρηνίζεται και το μπροστινό μέρος του πέλματος γίνεται εύκαμπτο για να απορροφήσει το τράνταγμα και να προσαρμοστεί σε τυχόν ανωμαλίες στην επιφάνεια του εδάφους. Η ποδοκνημική διάρθρωση στρέφεται εν μέρει γιατί το σημείο επαφής της φτέρνας είναι πλευρικό ως προς το κέντρο της άρθρωσης του αστραγάλου, και έτσι προκαλεί εξαρθρωτικό χτύπημα στην ποδοκνημική διάρθρωση. Στη μέση της φάσης στήριξης και στην επιτάχυνση, ολόκληρο το κάτω άκρο αρχίζει να στρέφεται προς τα έξω καθώς η ποδοκνημική διάρθρωση ταυτόχρονα στρέφεται προς τα έξω. Με την στροφή της ποδοκνημικής διάρθρωσης και τον υπτιασμό του ποδιού, το πόδι μετατρέπεται σε μια άκαμπτη δομή ικανή για προώθηση. Οι Olerud και Rosendhal (1987) και Lundberg et al., (1989a-d) έχουν πειραματικά μετρήσει τη σχέση της στροφής της κνήμης με τη στροφή της ποδοκνημικής κατά την κίνηση. Έχουν δείξει ότι για κάθε στροφή της κνήμης από 0.2 έως 0.44° η ποδοκνημική υπτιάζεται κατά 1°.

2.2.5 ΑΙΤΙΑ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΒΑΔΙΣΗΣ

Ο Mann (1993) έχει περιγράψει το συντονισμό της κίνησης του αστραγάλου και της ποδοκνημικής ως ένα ιδανικό μοντέλο, το οποίο ονόμασε συνδεδεμένη άρθρωση. Καθώς η κνήμη στρέφεται προς τα έσω, η ποδοκνημική διάρθρωση αναστρέφεται (πρηνίζεται). Αντιστρόφως, η εξωτερική περιστροφή της κνήμης προκαλεί στροφή προς τα έξω (υπτιασμό) της ποδοκνημικής διάρθρωσης. Η έσω στροφή του κάτω άκρου στη φάση στήριξης οφείλεται στον πλάγιο άξονα κίνησης του αστραγάλου. Σύμφωνα με το μονοαξονικό μοντέλο του αστραγάλου, ο άξονας της άρθρωσης του αστραγάλου έχει κλίση προς τα κάτω και προς τα πίσω από τη μέση προς τα πλάγια.



Εικόνα 2.4 Η φάση στήριξης αποτελείται από δύο περιόδους διποδικής στήριξης και μια περίοδο μονοποδικής στήριξης. (Δούκας, 1979)

Εξαιτίας της πλαγιότητας του άξονα του αστραγάλου, ο άκρος πόδας στρέφεται προς τα έσω με ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και προς τα έξω με πελματιαία κάμψη. Επιπρόσθετοι μηχανισμοί κατά τους οποίους εμφανίζεται έξω στροφή του ποδιού κατά την τελευταία φάση της στήριξης είναι η ταλάντωση του αντιθέτου ποδιού που προκαλεί έξω στροφή του στηριζόμενου ποδιού και η απόκλιση του μεταταρσικού άξονα. Ο μεταταρσικός άξονας είναι ένας πλάγιος άξονας 50° με 70° σε σχέση με τον επιμήκη άξονα του πέλματος, που σχηματίζεται από τα κέντρα της στροφής των μεταταρσιοφαλαγγικών αρθρώσεων. Κατά την επιτάχυνση, ο άκρος πόδας και όλο το κάτω άκρο στρέφονται εξωτερικά σε σχέση με το οβελιαίο επίπεδο εξαιτίας αυτού του πλάγιου άξονα.

2.2.6 ΜΥΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ

Οι δώδεκα από τους δεκατρείς οπίσθιους και οι δεκαεννέα πρόσθιοι μύες ελέγχουν τον άκρο πόδα και την ποδοκνημική. Ο πελματικός μυς είναι ένας οπίσθιος μυς ο οποίος γενικά δεν έχει συνεισφορά στο μυϊκό έλεγχο του άκρου πόδα και της ποδοκνημικής. Οι οπίσθιοι μύες

είναι οι πιο δυνατοί και σημαντικοί για τον ενεργητικό έλεγχο κατά τη βάδιση. Ο Silver et al., (1985) έχει ζυγίσει και μετρήσει το μήκος των μυϊκών ινών, για να προσδιορίσει τα σχετικά μήκη των μυών που δρουν στον άκρο πόδα και την ποδοκνημική. Οι μύες του ποδιού, κατά τη φυσιολογική βάδιση, δρουν με βάση ένα πρότυπο, το οποίο εξασφαλίζει μια αποτελεσματική μεταφορά μυϊκής δύναμης στο έδαφος και μια ομαλή μετακίνηση του σωματικού βάρους μπροστά κατά μήκος του άξονα κίνησης. Η στιγμή δράσης κάθε μυϊκού τένοντα μπορεί να προσδιορισθεί από τη σχέση του άξονα της ποδοκνημικής και της υπαστραγαλικής διάρθρωσης.

Ο υποκνημίδιος και ο γαστροκνήμιος μυς συνδυάζονται για να συναποτελέσουν τον αχίλλειο τένοντα, ο οποίος καταφύεται στο κύρτωμα της πτέρνας και είναι ο πιο δυνατός καμπτήρας της ποδοκνημικής. Ένας μαθηματικός τύπος έχει υπολογίσει τις μέγιστες δυνάμεις του Αχίλλειου τένοντα κατά το τρέξιμο και είναι ίσες με 5.3 ως και με 10 φορές το σωματικό βάρος του ατόμου (Burdett, 1982). Η ενεργοποίηση των πελματιαίων καμπτηρών του ποδιού, κατά τη φάση μερικώς στήριξης του ποδιού, γίνεται για να επιβραδυνθεί η πρόσθια κίνηση της κνήμης πάνω από τον άκρο πόδα.

Ο πιο δυνατός εκτείνοντας της ποδοκνημικής είναι ο πρόσθιος κνημιαίος μυς, ο οποίος είναι ο πιο ενεργός κατά τη φάση στήριξης, από την επαφή πτέρνας-εδάφους ως την ολική στήριξη του ποδιού. Οι εκτείνοντες της ποδοκνημικής και των δακτύλων πυροδοτούνται κεντρικά για να επιβραδύνουν την κάμψη του πέλματος και να εμποδίσουν την απότομη πτώση του. Επίσης, είναι απαραίτητοι για την ανύψωση του πέλματος από το έδαφος, κατά τη φάση αιώρησης.

Ο πιο δυνατός υπτιαστής της ποδοκνημικής και του άκρου πόδα είναι ο οπίσθιος κνημιαίος μυς. Ο οπίσθιος κνημιαίος είναι ένας δυνατός υποστηρικτής της οβελιαίας (επιμήκης) καμάρας. Λειτουργεί για να υπτιάζει την ποδοκνημική διάρθρωση κατά την φάση ολικής στήριξης και μερικώς στήριξης, κλειδώνοντας έτσι την ποδοκνημική διάρθρωση και εξασφαλίζοντας σταθερότητα του ποδιού κατά τη φάση ανύψωσης της πτέρνας. Η δυσλειτουργία αυτού του μυός καταλήγει σε επίκτητη πλατυποδία με πτώση της ποδικής καμάρας, απαγωγή του μπροστινού μέρους του ποδιού και πρηνισμό της πτέρνας. Οι ασθενείς με δυσλειτουργία του οπίσθιου κνημιαίου τένοντα συνήθως είναι ανίκανοι να υπτιάσουν τη φτέρνα τους ενώ προσπαθούν να σηκώσουν ένα δάχτυλο. Δυσκολεύονται να εκτείνουν έστω και ένα μόνο δακτύλο, εξαιτίας της ανικανότητάς τους να σχηματίσουν μια άκαμπτη πλατφόρμα στην οποία να στηρίξουν το βάρος τους.

Οι κύριοι πρηνιστές της ποδοκνημικής και του άκρου πόδα είναι οι περονιαίοι μύες. Ο μακρός περονιαίος μυς καταφύεται στη βάση του πρώτου μεταταρσίου και στο έσω σφηνοειδές οστό και ενεργεί ώστε να κατασπά την κεφαλή του μεταταρσίου. Ο τραυματισμός ή η παράλυση αυτού του μυός μπορεί να προκαλέσει ανάσπαση της κεφαλής του πρώτου μεταταρσίου και μείωση των φορτίων στα πρώτα μετατάρσια και μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη βλαισού μεγάλου δακτύλου. Ο βραχύς περονιαίος σταθεροποιεί το πρόσθιο τμήμα του ποδιού αμφίπλευρα, εμποδίζοντας τον υπτιασμό. Διαπιστώθηκε από τον Hintermann και τους συνεργάτες του (1994) ότι είναι ο πιο δυνατός πρηνιστής του πέλματος. Η αδυναμία του περονιαίου μυ μπορεί να καταλήξει σε ραιβότητα του οπίσθιου τμήματος του ποδιού (Sammarco, 1973).

Οι μεσόστεοι μύες ενεργοποιούνται κατά την τελευταία φάση της στήριξης και συντελούν στην βελτίωση της ισορροπίας του ποδιού κατά τη φάση ανύψωσης της πτέρνας. Μια ανισορροπία μεταξύ των πρόσθιων και των οπίσθιων μυϊκών ομάδων θα οδηγήσει σε δυσμορφίες των δακτύλων όπως η σφυροδακτυλία, η γαμψοδακτυλία ή η γαμψοσφυροδακτυλία.

Και οι πρόσθιοι και οι οπίσθιοι μύες συντελούν στον ακούσιο έλεγχο του μεγάλου δακτύλου. Μια εγκάρσια διατομή της κεντρικής φάλαγγας δείχνει τη σχετική θέση των καμπτήρων, των εκτείνοντων, των απαγωγών και των προσαγωγών μυών. Τα σησαμοειδή οστά βρίσκονται κάτω από τον τένοντα του βραχύ καμπτήρα του μεγάλου δακτύλου, κάτω από την κεφαλή του πρώτου μεταταρσίου. Είναι παρόμοια με την επιγονατίδα, αυξάνουν τον μοχλοβραχίονα αντίστασης του βραχύ καμπτήρα του μεγάλου δακτύλου συντελούν στην αύξηση της καμπτικής ροπής στη μεταταρσιοφαλαγγική διάρθρωση. Επίσης ενεργούν ώστε να μεταφέρουν δυνάμεις από το έδαφος στην κεφαλή του πρώτου μεταταρσίου.

2.2.7 Η ΜΥΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΒΑΔΙΣΗ

Παρόλο που οι κινήσεις του ποδιού και της ποδοκνημικής κατά τον κύκλο της βάδισης συμβαίνουν αρχικά εξαιτίας της παθητικής αλληλεπίδρασης των αρθρώσεων και των συνδέσμων, το ηλεκτρομυογράφημα έχει δείξει ότι μυϊκή δραστηριότητα πράγματι

συμβαίνει κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής βάδισης. Στην επαφή πτέρνας-εδάφους, οι μύες της κνήμης αναχαιτίζουν το ρυθμό της πελματιαίας κάμψης για να εμποδίσουν τη βίαια πτώση του πέλματος.

Στη μέση φάση της στήριξης, οι μύες της γαστροκνημίας συμβάλλουν στη μείωση του ρυθμού της πρόσθιας κίνησης του σώματος πέρα από τον άκρο πόδα και εμποδίζουν τη δημιουργία μαζικού βηματισμού. Οι ενδιάμεσες μυϊκές ομάδες συντελούν στην αύξηση της σταθερότητας του άκρου ποδός από τη φάση μερικώς στήριξης του ποδιού μέχρι και τη φάση ανύψωσης του μεγάλου δακτύλου. Η ανύψωση του μεγάλου δακτύλου είναι αρχικά ένα παθητικό γεγονός. Το μυϊκό σύστημα της κνήμης ενεργεί ξανά κατά τη φάση αιώρησης για να εξασφαλίσει την ομαλή κίνηση του ποδιού κατά τη φάση μερικώς αιώρησης.

Οι μύες του κάτω άκρου είναι πιο ενεργητικοί κατά το τρέξιμο. Ο μέγας γλουτιαίος μυς και οι μύες του ισχίου είναι ενεργοί από τη φάση μερικώς αιώρησης ως και τη φάση ανύψωσης του μεγάλου δακτύλου και αυξάνουν τη δραστηριότητά τους 30 με 50% κατά τη φάση αναχαίτισης. Οι ραχιαίοι καμπτήρες του ποδιού είναι ενεργοί κατά το 70% του κύκλου τρεξίματος. Οι ενδιάμεσες μυϊκές ομάδες, οι πελματικοί καμπτήρες και οι περνιαίοι μύες είναι σημαντικοί σταθεροποιητές της πελματιαίας επιφάνειας και του πίσω μέρους του ποδιού κατά τη φάση της ολικής στήριξης (Adelaar, 1986).

2.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

2.3.1 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

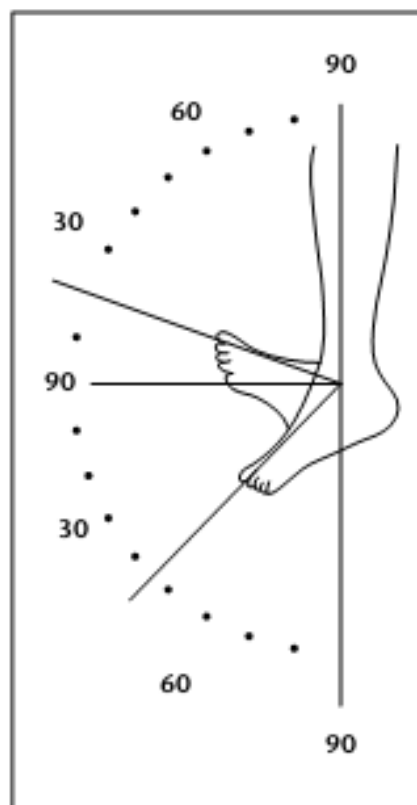
Κινήσεις που εμφανίζονται στην ποδοκνημική διάρθρωση:

- **Ραχιαία κάμψη:** Είναι μοχλός 3ου είδους και γίνεται στο οβελιαίο επίπεδο γύρω από τον εγκάρσιο άξονα της ποδοκνημικής διάρθρωσης ο οποίος διέρχεται από την κορυφή του έσω σφυρού και από το έξω σφυρό. Οι μύες που ενεργούν είναι ο πρόσθιος κνημιαίος, ο μακρός εκτείνων τους δακτύλους και ο μακρός εκτείνων το μεγάλο δάκτυλο. (Platzer, 1985). Οι ανασταλτικοί παράγοντες της ραχιαίας κάμψης είναι η πρόσκρουση του αυχένα του

αστραγάλου πάνω στο πρόσθιο χείλος της αρθρικής επιφάνειας της κνήμης. Επίσης η υπέρμετρη κίνηση ελέγχεται από τον αχίλλειο τένοντα και από την οπίσθια μοίρα του αρθρικού θύλακα (Δούκας, 1979).

- Πελματιαία κάμψη: Είναι μοχλός 1ου είδους χωρίς βάρος και 2^{ου} είδους με το βάρος του σώματος. Η κίνηση γίνεται στο οβελιαίο επίπεδο και σε εγκάρσιο άξονα (Δούκας, 1979).

Οι μυς που ενεργούν είναι ο γαστροκνήμιος, ο υποκνημίδιος (πρωταγωνιστές), ο μακρός περωναίος, ο βραχύς περωναίος, ο μακρός καμπτήρας του μεγάλου δακτύλου, ο μακρός καμπτήρας των δακτύλων και ο οπίσθιος κνημιαίος (Platzer, 1985). Ο περιοριστικός παράγοντας είναι η πρόσκρουση του φύματος του αστραγάλου πάνω στο οπίσθιο χείλος της κνήμης. Η κίνηση αναστέλλεται και από τα μαλακά μέρη όπως από τους ραχιαίους καμπτήρες και από την πρόσθια μοίρα του αρθρικού θύλακα.



Εικόνα 2.4 Εύρος κίνησης ποδοκνημικής άρθρωσης (ραχιαία έκταση, πελματιαία κάμψη) (από: Cassidy &, Petty 2001).

- Ανάσπαση έσω χείλους (υπτιασμός): Είναι μοχλός 3^{ου} είδους και παρουσιάζεται σε μετωπιαίο επίπεδο και σε άξονα περίπου οβελιαίο. Οι μυς που ενεργούν είναι ο

γαστροκνήμιος, ο υποκνημίδιος, ο οπίσθιος κνημιαίος, ο μακρός καμπτήρας του μεγάλου δακτύλου, ο μακρός καμπτήρας των δακτύλων και ο πρόσθιος κνημιαίος. Περιοριστικός παράγοντας είναι το υπέρεισμα του αστραγάλου, η πτέρνα και ο περνοσκαφοειδής σύνδεσμος που έρχονται σε επαφή με την κεφαλή του αστραγάλου με αποτέλεσμα να αναστέλλεται κάθε άλλο εύρος κίνησης. Ακόμη η τάση της έξω μοίρας του μεσόστευου αστραγάλοπτερνικού συνδέσμου, οι τένοντες των περνιαίων μυών και η τάση του περονοπτερνικού συνδέσμου.

- Ανάσπαση έξω χείλους (πρηνισμός): Είναι μοχλός 3^{ου} είδους. Η κίνηση γίνεται σε μετωπιαίο επίπεδο και σε οβελιαίο περίπου άξονα. Οι μυς που παρουσιάζουν την κίνηση αυτή είναι ο μακρός περνιαίος, ο βραχύς περνιαίος, ο μακρός εκτείνων τους δακτύλους και ο τρίτος περνιαίος (Platzer, 1985). Ο περιορισμός του υπέρμετρου εύρους στην κίνηση αυτή γίνεται από την πρόσκρουση του σώματος της πτέρνας πάνω στον αστράγαλο (πρόσθια άνω απόφυση της πτέρνας). Επίσης η κίνηση ελέγχεται και από την τάση του κνημοπτερνιού συνδέσμου και από τους τένοντες του πρόσθιου και του οπίσθιου κνημιαίου μυ (Δούκας, 1979).



Εικόνα 2.5 Η ποδοκνημική διάρθρωση αναλυτικά (Δούκας, 1979)

Η άρθρωση μεταξύ του αστραγάλου και του οστού της φτέρνας ονομάζεται ποδοκνημική διάρθρωση. Οι σύνθετες κινήσεις της, γίνονται σε τρία επίπεδα και είναι ο υπτιασμός και ο πρηνισμός, που αναφέρονται κλινικά ως ανάσπαση έσω και έξω χείλους της ποδοκνημικής αντίστοιχα. Η ποδοκνημική διάρθρωση μαζί με την αστραγαλοπτερνοσκαφοειδή διάρθρωση και την πτερνοκυβοειδή διάρθρωση είναι υπεύθυνες για τη μετατροπή της περιστροφής της κνήμης σε υπτιασμό και πρηνισμό του άκρου πόδα.

Επειδή, η άρθρωση του αστραγάλου είναι ως κάποιο βαθμό μονού άξονα άρθρωση, οι κινήσεις της ποδοκνημικής διάρθρωσης μειώνουν τις στροφικές πιέσεις στην άρθρωση του αστραγάλου. Η συγγενής μπλοκαρισμένη κίνηση της ποδοκνημικής διάρθρωσης μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό ενός σφαιροειδούς αστραγάλου σαν αποτέλεσμα της αυξανόμενης περιστροφικής πίεσης στην άρθρωση. Ο Mantel (1941) εντόπισε ότι ο άξονας περιστροφής της ποδοκνημικής βρίσκεται πάνω από το οριζόντιο επίπεδο κατά 45° και κατά 16° από τη μέση γραμμή.

Οι πλευρές της ποδοκνημικής διάρθρωσης μοιάζουν με τμήματα του «σπирάλ του Αρχιμήδη», σαν ένα δεξιόστροφο κατσαβίδι στο δεξί πέλμα, έτσι ώστε το οστό της φτέρνας να μεταβιβάζεται παράλληλα πρόσθια κατά μήκος του ποδοκνημικού άξονα καθώς περιστρέφεται με τη φορά του ρολογιού κατά τη στροφή της ποδοκνημικής. Η μέση κίνηση της ποδοκνημικής είναι 20° με 30° έσω στροφή και 5 με 10° έξω στροφή. Η λειτουργική κίνηση της ποδοκνημικής διάρθρωσης κατά τη βάρδιση είναι 10° με 15° . Κατά τον κύκλο βάρδισης, η φτέρνα χτυπάει στο έδαφος σε ελαφρά έσω στροφή που ακολουθείται από αστραπιαία έξω στροφή το πολύ από 5° ως 10° στο 10% του κύκλου βάρδισης (Sarraffian, 1993).

2.3.2.1 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

Η ποδοκνημική διάρθρωση είναι μια άρθρωση που αποτελείται από τον αστράγαλο, την έσω σφυρίτιδα επιφάνεια, την περονοκνημική γλήνη και την έξω σφυρίτιδα επιφάνεια. Ο αστράγαλος έχει σχήμα κώνου, με την κορυφή να βρίσκεται στη μέση (Inman, 1976). Ο αστράγαλος είναι 4.2 χιλιοστά πλατύτερος πρόσθια από ότι οπίσθια (Sarrafian, 1993a,b). Μόνο ένας άξονας της ποδοκνημικής διάρθρωσης έχει περιγραφεί και ο οποίος διαπερνά τον έσω σφυρό κεντρικά και τον έξω σφυρό πρόσθια (Inman, 1976). Αυτός ο εμπειρικός «θεωρητικός» άξονας της ποδοκνημικής μπορεί να εντοπιστεί ψηλαφώντας τα άκρα των σφυρών. Ο άξονας της ποδοκνημικής γωνιάζεται οπισθοπλάγια με το εγκάρσιο πεδίο και κάτω πλάγια με το στεφανιαίο πεδίο. Αρκετοί συγγραφείς έχουν αμφισβητήσει τη θεωρία μιας κίνησης του άξονα της ποδοκνημικής και έχουν περιγράψει πολλαπλούς άξονες κίνησης καθώς ο αστράγαλος κινείται από ραχιαία κάμψη προς πελματιαία κάμψη (Barnett & Napier, 1952, Hicks, 1953, Hintermann & Nigg, 1994, Lundberg et al., 1989 a-d, Sammarco et al., 1973). Οι Barnett & Napier (1952) περιγράφουν έναν άξονα κατά τη ραχιαία κάμψη, ο οποίος έχει κλίση προς τα κάτω και πλάγια και έναν άξονα κατά την πελματιαία κάμψη, που έχει κλίση προς τα κάτω και μέσα. Οι άξονες της ποδοκνημικής για ραχιαία και πελματιαία κάμψη διαφέρουν κατά 20° με 30° στο στεφανιαίο επίπεδο αλλά παραμένουν παράλληλοι στο κατακόρυφο επίπεδο.

Μια ελάχιστη στροφή συμβαίνει κατά την κίνηση της ποδοκνημικής, η οποία ποικίλει ανάλογα με τη φόρτιση. Οι Lundberg et al., (1989a-d) χρησιμοποίησαν στερεοφωτομέτρηση για να μετρήσουν την στροφή της ποδοκνημικής κατά την κίνηση του φορτωμένου με βάρος ποδιού σε φυσιολογικά άτομα. Η ποδοκνημική εξωτερικά περιστράφηκε 9° κατά την κίνηση από την ουδέτερη θέση στην ραχιαία κάμψη. Κατά την κίνηση από 0° έως 10° πελματιαίας κάμψης, ο αστράγαλος εσωτερικά περιστράφηκε 1.4°, ακολουθούμενος από εξωτερική περιστροφή 0.6° σε πελματιαία κάμψη 30°. Μια μελέτη ποδοκνημικών σε φόρτιση, σε εικονικό περιβάλλον, έδειξε 2.5° εξωτερική περιστροφή σε 25° ραχιαίας κάμψης και <1° εσωτερική περιστροφή σε 35° πελματιαίας κάμψης (Michelson & Helgemo, 1995).

2.3.2.2 ΕΥΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η κίνηση της ποδοκνημικής που γίνεται στο οβελιαίο επίπεδο περιγράφεται ως πελματιαία κάμψη (κάμψη) και ραχιαία κάμψη (έκταση). Ένα μεγάλο εύρος φυσιολογικής κίνησης για την ποδοκνημική έχει αναφερθεί και εξαρτάται από το αν η κίνηση μετριέται κλινικά με ένα γωνιόμετρο ή αν μετριέται ακτινογραφικά. Οι γωνιομετρικές μετρήσεις αποδίδουν μια φυσιολογική κίνηση ραχιαίας κάμψης 10° με 20° και πελματιαίας κάμψης 40° με 55° . Οι Lundberg et al., (1989a-d) ανακάλυψαν ότι οι αρθρώσεις του μεσαίου τμήματος του άκρου ποδός συμβάλλουν κατά 10 με 41% στην ραχιαία κάμψη, από την ουδέτερη θέση ως τις 30° πελματιαίας κάμψης. Επομένως, αυτό που φαίνεται κλινικά ως ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, συμβαίνει στην πραγματικότητα περιφερειακά στην ίδια την ποδοκνημική. Αυτή η κίνηση του μεσαίου τμήματος εξηγεί την προφανή ικανότητα του πέλματος να κάμπτεται ραχιαία και πελματιαία ακολουθώντας την άρθρωση της ποδοκνημικής. Επίσης, εξηγείται έτσι η ικανότητα των χορευτών και των γυμναστών να ευθυγραμμίζουν τον άκρο πόδα με το υπόλοιπο πόδι κατά τη φάση ανύψωσης της πτέρνας. Ο Sammarco και οι συνεργάτες του (1973) βρήκαν το έσο όρο κίνησης της ποδοκνημικής χωρίς φόρτιση, μετρημένο ακτινογραφικά, να είναι 24 ° σε ραχιαία κάμψη και 24 ° σε πελματιαία κάμψη.

Ο φυσιολογικός τύπος της κίνησης της ποδοκνημικής έχει μελετηθεί εκτενέστατα (Murray et al., 1964, Stauffer et al, 1977). Στη φάση επαφής πτέρνας-εδάφους, η ποδοκνημική είναι σε ελαφρώς πελματιαία κάμψη. Η πελματιαία κάμψη αυξάνεται μέχρι το πόδι να είναι επίπεδο, αλλά η κίνηση αστραπιαία αντιστρέφεται σε ραχιαία κάμψη κατά τη μέση φάση στήριξης καθώς το σώμα περνά πάνω από το πέλμα. Η κίνηση μετά επιστρέφει σε πελματιαία κάμψη κατά τη φάση ανύψωσης της πτέρνας. Η ποδοκνημική κάμπτεται ραχιαία ξανά στο έσο της φάσης αιώρησης και αλλάζει σε ελαφρώς πελματιαία κάμψη στη φάση επαφής πτέρνας-εδάφους. Οι μέσοι όροι κίνησης της ποδοκνημικής κατά τη φυσιολογική βάδιση είναι 10.2 ° ραχιαίας κάμψης και 14.2 ° πελματιαίας κάμψης, με συνολική κίνηση 25 °. Η μέγιστη ραχιαία κάμψη προκύπτει στο 70% της φάσης στήριξης και η μέγιστη πελματιαία κάμψη προκύπτει στην ανύψωση του μεγάλου δακτύλου (Stauffer et al., 1977).

2.3.2.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Οι Sammarco et al., (1973) παρουσίασαν αναλύσεις των στιγμιαίων κέντρων στροφής και των ταχυτήτων επιφάνειας, τόσο σε φυσιολογικά άτομα, όσο και σε άτομα με κάποια παθολογία. Ανακάλυψαν ότι τα στιγμιαία κέντρα στροφής έπεφταν μέσα στις ποδοκνημικές διαρθρώσεις των φυσιολογικών ατόμων, αλλά οι θέσεις τους άλλαζαν με την κίνηση της ποδοκνημικής. Αυτό επιβεβαιώνει ότι ο άξονας στροφής της ποδοκνημικής δεν παραμένει σταθερός με την κίνηση. Η επιφάνεια κίνησης από πλήρη πελματιαία σε πλήρη ραχιαία κάμψη καθορίστηκε επίσης. Ξεκινώντας από πλήρη πελματιαία κάμψη, η ποδοκνημική εμφανίζει κάποια πρόωρη απόσπαση καθώς αρχίζει η ραχιαία κάμψη. Οπότε, η ολίσθηση της ποδοκνημικής λαμβάνει χώρα μέχρι την πλήρη ραχιαία κάμψη και την σταθεροποίηση της άρθρωσης. Είναι πιθανόν η απόσπαση και η σταθεροποίηση της ποδοκνημικής διάρθρωσης να παίζει κάποιο ρόλο στην λίπανση της άρθρωσης. Στις ποδοκνημικές με αρθρίτιδα, η κατεύθυνση μετατόπισης των σημείων επαφής δεν έδειξε κανένα σταθερό πρότυπο. Οι επιφάνειες της ποδοκνημικής διάρθρωσης αποσπώνται, με ένα η προβλέψιμο τρόπο, και ολισθαίνουν όταν η ποδοκνημική είναι σε ουδέτερη θέση παρά στο τέλος της ραχιαίας κάμψης .

2.3.3 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΘΡΩΣΗΣ

Η σταθερότητα της ποδοκνημικής διάρθρωσης εξαρτάται τόσο από την ίδια την άρθρωση όσο και από την υποστήριξη των συνδέσμων της περιοχής. Οι πλάγιοι σύνδεσμοι της ποδοκνημικής, που είναι υπεύθυνοι για την παροχή αντίστασης κατά την ανάσπαση του έσω και έξω χείλους, είναι ο πρόσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, ο περνοπερονικός σύνδεσμος και ο οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος. Ο δελτοειδής σύνδεσμος είναι υπεύθυνος για τη παροχή αντίστασης κατά τον πρηνισμό και για την τάση κατά την έξω στροφή. Οι σύνδεσμοι που είναι υπεύθυνοι για την διατήρηση της σταθερότητας μεταξύ των κάτω περιφερειακών άκρων της κνήμης και της περόνης αποτελούν την κνημοπερονιαία συνδέσμωση. Η κνημοπερονιαία συνδέσμωση αποτελείται από τον πρόσθιο κνημοπερονιαίο σύνδεσμο, τον οπίσθιο κνημοπερονιαίο σύνδεσμο, τον εγκάρσιο

κνημοπερνιαίο σύνδεσμο (ο οποίος αναφέρεται επίσης ως ένα βαθύ τμήμα του οπίσθιου κνημοπερνιαίου συνδέσμου) και τον μεσόστεο υμένα.

Οι πλάγιοι σύνδεσμοι της ποδοκνημικής είναι αυτοί που τραυματίζονται συνήθως και επομένως αυτοί που μελετώνται συχνότερα. Οι πρόσθιοι κνημοπερνιαίοι και αστραγαλοπερονικοί σύνδεσμοι σχηματίζουν ο ένας με τον άλλο μια γωνία 105°. Δρουν σε συνεργασία ώστε να αντιστέκονται στις δυνάμεις υπτιασμού. Ο πρόσθιος κνημοπερνιαίος σύνδεσμος βρίσκεται υπό μεγαλύτερη ένταση στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και ο περνοπερονικός σύνδεσμος κατά την πελματιαία κάμψη (Cawley & France, 1991).

Ο πρόσθιος κνημοπερνιαίος σύνδεσμος, επομένως, αντιστέκεται στον υπτιασμό της ποδοκνημικής κατά την πελματιαία κάμψη και ο περνοπερονικός σύνδεσμος αντιστέκεται στον υπτιασμό της ποδοκνημικής κατά τη ραχιαία κάμψη. Οι βοηθητικές λειτουργίες του πρόσθιου αστραγαλοπερονικού συνδέσμου είναι η αντίσταση στην πρόσθια μετατόπιση του αστραγάλου, που αναφέρεται κλινικά ως «πρόσθιο συρτάρι», και η αντίσταση στην ανάσπαση του έσω χείλους.

Ο περνοπερονικός σύνδεσμος καλύπτει τόσο την διάρθρωση της ποδοκνημικής όσο και την υπαστραγαλική διάρθρωση, συμβάλλοντας έτσι στην σταθερότητα της ποδοκνημικής διάρθρωσης (Stephens & Sammarco, 1992). Ο οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος βρίσκεται υπό μεγάλη πίεση στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και δρα ώστε να περιορίσει τη οπίσθια μετατόπιση της ποδοκνημικής καθώς και να περιορίζει την έξω στροφή του αστραγάλου (Sarrafian, 1993a). Η εξέταση στο εργαστήριο, ποδοκνημικών χωρίς φόρτιση, οι οποίες υποβάλλονταν σε δοκιμασία «πρόσθιου συρταριού», έδειξε ότι ο πρόσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος συμβάλει περισσότερο στην πελματιαία κάμψη και ότι ο περνοπερονικός και ο οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος συμβάλουν στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής (Bulucu et al., 1991).

Κλινικά, ο πιο συχνά τραυματιζόμενος σύνδεσμος της ποδοκνημικής είναι ο πρόσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, ακολουθούμενος από τον περνοπερονικό σύνδεσμο. Αυτοί οι τραυματισμοί πιο συχνά συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της προσγείωσης ή της πτώσης με τον άκρο πόδα σε πελματιαία κάμψη και σε υπτιασμό. Κατά τη διάρκεια περιόδων αποφόρτισης του ποδιού, η ποδοκνημική ξεκουράζεται σε μια θέση πελματιαίας κάμψης και υπτιασμού. Αν συναντήσει απρόσμενα το έδαφος, επέρχεται

τραυματισμός του πλαγίου συνδέσου. Οι Attarian et al., (1985) έλεγξαν την δύναμη των συνδέσμων της ποδοκνημικής, φορτίζοντας οριακά και πειραματικά τους συνδέσμους, και ανακάλυψαν ότι οι δυνάμεις των συνδέσμων, από τον πιο αδύναμο μέχρι τον πιο δυνατό, είναι 139N στον πρόσθιο αστραγαλοπερονικό, 261N στον οπίσθιο αστραγαλοπερονικό, 346N στον περνοπερονικό και 714N στον δελτοειδή σύνδεσμο. Επομένως, η συχνότητα εμφάνισης τραυματισμών στους συνδέσμους της ποδοκνημικής συνδέεται με το μηχανισμό τραυματισμού και τη δύναμη των συνδέσμων.

Ο δελτοειδής σύνδεσμος δρα έτσι ώστε να αντιστέκεται στον πρηνισμό, στην ανάσπαση του έξω χείλους και την πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής διάρθρωσης (Harper,1991, Kjaersgaard-Andersen et al., 1989, Nigg et al., 1990). Επίσης, αντιστέκεται στην πλάγια μετατόπιση του αστραγάλου μέσα στον ενδοαρθρικό χώρο, όταν ο ενδοαρθρικός χώρος αυξάνεται, λόγω κάποιου περιφερειακού τραυματισμού των συνδέσμων ή κάποιου κατάγματος στο κάτω άκρο της περόνης (Michelson, Clark & Jinnah, 1990).

Σε φυσιολογική φόρτιση, η συνταύτιση των αρθρικών επιφανειών της ποδοκνημικής έχει μεγαλύτερη σημασία (Cawley & France, 1991, Stiehl et al., 1993, Stormont et al., 1985). Οι Stormont et al., (1985) βρήκαν ότι σε μια κατάσταση με έντονες φορτίσεις, οι αρθρικές επιφάνειες της ποδοκνημικής παρείχαν 30% στροφικής σταθερότητας και 100% αντίστασης στον υπτιασμό/ πρηνισμό. Υπέθεσαν ότι κατά τη διάρκεια φόρτισης, οι σύνδεσμοι της ποδοκνημικής δεν συμβάλλουν στην στροφική σταθερότητα της ποδοκνημικής, παρόλο που μπορεί να εμφανιστεί στροφική αστάθεια. Οι Cawley και France (1991) έδειξαν ότι η δύναμη που προκαλεί υπτιασμό και πρηνισμό της ποδοκνημικής αυξάνεται κατά 91% και 80%, αντίστοιχα, κατά τη φόρτιση.

Οι Stiehl et al., (1993) βρήκαν ότι η φόρτιση της ποδοκνημικής έχει ως αποτέλεσμα το μειωμένο εύρος κίνησης (ειδικά της πελματιαίας κάμψης), μειωμένη προσθιοπίσθια ολίσθηση, καθώς επίσης αυξημένη σταθερότητα κατά τις ανασπάσεις και τις στροφές. Οι Cass και Settles (1994) παρουσίασαν CT σαρώσεις εικονικών φορτιζόμενων ποδοκνημικών, σε μια συσκευή που δεν προκαλούσε στροφή, και επέδειξαν ότι κάποια κλίση της ποδοκνημικής μέσου όρου 20° εμφανιζόταν, ακόμη και σε φορτιζόμενες ποδοκνημικές με τομή στον πρόσθιο αστραγαλοπερονικό και τον περνοπερονικό σύνδεσμο. Δεν εντόπισαν ότι οι αρθρικές επιφάνειες εμπόδιζαν την σταθερότητα κατά τον υπτιασμό, όταν η ποδοκνημική φορτίζει. Οι περισσότερες μελέτες

συμφωνούν ότι η φόρτιση της ποδοκνημικής καταλήγει σε αυξημένη σταθερότητα ως αποτέλεσμα της συνταύτισης των αρθρικών επιφανειών, ειδικά κατά τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής.

Η σταθερότητα των συνδέσμων εξαρτάται από την ακεραιότητα των δυο σφυρών, την κνημοπερονιαία συνδέσμωση και το σύμπλεγμα του δελτοειδή συνδέσμου. Κατά τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, εμφανίζεται αύξηση του ενδοαρθρικού χώρου κατά 1 χιλιοστό και 2^ο έξω στροφή της περόνης (Close, 1956). Η φυσιολογική μετατόπιση του κάτω άκρου της περόνης κατά τη φόρτιση είναι 1 χιλιοστό (Wang et al., 1996). Η μετατόπιση του κάτω άκρου της περόνης εξυπηρετεί στο να μεγαλώνει ο ενδοαρθρικός χώρος της ποδοκνημικής και να αυξάνεται η οστική σταθερότητα (Scranton et al., 1976). Με τη διάρρηξη του ενδοαρθρικού χώρου της ποδοκνημικής σε ένα τραυματισμό έξω στροφής, η κνημοπερονιαία συνδέσμωση και ο δελτοειδής σύνδεσμος σχίζονται βίαια, το κάτω άκρο της περόνης υπόκειται ρήξη και ο αστράγαλος μετατοπίζεται πλάγια. Η συμβολή στην αντίσταση στην πλάγια μετατόπιση του αστραγάλου από τους συνδέσμους είναι 35 % για τον πρόσθιο αστραγαλοπερονικό σύνδεσμο, 40% για τον οπίσθιο αστραγαλοπερονικό, 22% για τον μεσόστεο σύνδεσμο και λιγότερο από 10 % για τον μεσόστεο υμένα.

Ο δελτοειδής σύνδεσμος εμφανίζεται ως το κλειδί στο να εμποδιστεί η πλάγια μετατόπισή του αστραγάλου. Οι Burns et al., (1993) βρήκαν μόνο ελάχιστη μετατόπιση αστραγάλου, σε μια μελέτη εικονικά φορτιζόμενης ποδοκνημικής, με διατομή των συνδέσμων μέχρι ο δελτοειδής σύνδεσμος να διαχωριστεί. Ο Michelson και οι συνάδελφοι του (1990) σε μια μελέτη δημιούργησαν 4 χιλιοστά πλάγιας μετατόπισης της περόνης και τοποθέτησαν στην ποδοκνημική φορτίο 45 κιλών. Η πλάγια μετατόπιση του αστραγάλου διπλασιάστηκε από 1 σε 2 χιλιοστά δημιουργώντας διαχωρισμό του δελτοειδούς συνδέσμου.

Οι Pereira et al., (1996) προσομοίωσαν ένα κάταγμα περόνης λόγω πλάγιας μετατόπισης 4 χιλιοστών και τοποθέτησαν την ποδοκνημική σε φορτίο 500N, σε ποικίλες στατικές θέσεις ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής. Η διατομή του δελτοειδούς συνδέσμου σε αυτή τη μελέτη δεν επέφερε σημαντική πλάγια μετατόπιση του αστραγάλου ή αλλαγή στην περιοχή επαφής της άρθρωσης ή πίεση. Συμπέραναν ότι, υπό στατική φόρτιση, ο αστράγαλος κινείται μέσα στον ενδοαρθρικό χώρο και δεν μετατοπίζεται πλάγια με το κάτω άκρο της περόνης. Οι περισσότερες μελέτες συμφωνούν ότι ο δελτοειδής σύνδεσμος και το έσω σφυρό είναι οι

πιο σημαντικοί στο να αντιστέκονται στην έξω στροφή και την πλάγια μετατόπιση του αστραγάλου. Ο υπτιασμός της ποδοκνημικής διάρθρωσης και της υπαστραγαλικής διάρθρωσης είναι συχνά δύσκολο να διαχωριστούν κλινικά. Ο αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος παρέχει σταθερότητα στον υπτιασμό και στις στροφικές πιέσεις, στην υπαστραγαλική και στην ποδοκνημική διάρθρωση.

Οι Stephens & Sammarco (1992) δημιούργησαν μια πίεση υπτιασμού σε ποδοκνημικές στο εργαστήριο και διαδοχικά διαχώρισαν τους πρόσθιους αστραγαλοπερονικούς και περνοπερονικούς συνδέσμους. Βρήκαν ότι μέχρι και το 50% του υπτιασμού που παρατηρήθηκε κλινικά προερχόταν από την υπαστραγαλική διάρθρωση. Οι δομές που συμβάλλουν στη σταθερότητα της υπαστραγαλικής διάρθρωσης είναι ο περνοπερονικός σύνδεσμος, ο εγκάρσιος σύνδεσμος, ο μεσόστεος σύνδεσμος, ο πλάγιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος και ο καθεκτικός σύνδεσμος (Harper, 1991).

2.3.3.1 ΣΤΑΤΙΚΗ

Οι δυνάμεις αντίδρασης στην ποδοκνημική διάρθρωση κατά τη βάδιση είναι ίσες ή μεγαλύτερες από αυτές στις αρθρώσεις του ισχίου και του γονάτου, αντίστοιχα. Οι ακόλουθες στατικές και δυναμικές αναλύσεις υπολόγισαν το μέγεθος των δυνάμεων αντίδρασης στην ποδοκνημική διάρθρωση κατά τη στάση, τη βάδιση και το τρέξιμο.

Σε μια στατική ανάλυση των δυνάμεων που δρουν στην ποδοκνημική διάρθρωση, το μέγεθος της δύναμης που παράγεται από τη σύσπαση των μυών της γαστροκνημίας και των πελματιαίων μυών έσω του Αχίλλειου τένοντα και συνεπώς το μέγεθος της δύναμης αντίδρασης της άρθρωσης, μπορούν να μετρηθούν μέσω της χρήσης ενός διαγράμματος στο ελεύθερο σώμα.

Η δύναμη αντίδρασης της άρθρωσης είναι περίπου 2.1 φορές το βάρος του σώματος, και η δύναμη του Αχίλλειου τένοντα φτάνει περίπου 1.2 φορές το βάρος του σώματος. Η μεγάλη δύναμη που χρειάζεται για να σηκωθεί στα δάχτυλα του ποδιού εξηγεί το γιατί ο ασθενής με αδύναμους μύες στη γαστροκνημία και στο πέλμα δυσκολεύεται να εκτελέσει την άσκηση 10 φορές με γρήγορη διαδοχή. Το μέγεθος της δύναμης αντίδρασης της ποδοκνημικής διάρθρωσης εξηγεί γιατί ένας ασθενής με εκφυλιστική

αρθρίτιδα του αστραγάλου πονάει ενώ σηκώνεται στα δάχτυλα. Σε μια μελέτη σε τεχνητό περιβάλλον, από τους Wang et al., (1996), βρέθηκε ότι η περόνη διαβιβάζει το 17 % του φορτίου στο κατώτερο άκρο. Με την ποδοκνημική σε ραιβότητα ή σε πελματιαία κάμψη, το φορτίο στην περόνη μειώνεται. Με την διατομή των άκρων των συνδέσμων μειώνεται η μεταφορά φορτίου στην περόνη και αυξάνεται η μετατόπιση του κάτω άκρου της περόνης. Κατά την τομή του μεσόστεου υμένα δεν υπήρξε επίδραση στη μεταφορά φορτίου στην περόνη. Οι σύνδεσμοι είναι επομένως σημαντικοί για την εμπόδιση μετατόπισης του κάτω άκρου της περόνης και την διατήρηση του φορτίου στην περόνη.

2.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ

Η ποδοκνημική έχει μια επιφάνεια με μεγάλη αντοχή σε φορτίσεις και με εμβαδόν 11 με 13 cm², η οποία προκαλεί μικρότερες πιέσεις κατά πλάτος αυτής της άρθρωσης από ότι στο γόνατο ή το ισχίο (Greenwald & Matejczyk, 1977). Η κατανομή του φορτίου στον αστραγάλο καθορίζεται από την θέση της ποδοκνημικής και την ακεραιότητα των συνδέσμων. Κατά τη φόρτιση, 77 με 90% του βάρους μεταδίδεται έσω της κνήμης στο θόλο του αστραγάλου, και το υπόλοιπο στις μέσες και πλάγιες αρθρικές επιφάνειες του αστραγάλου. Καθώς η φορτιζόμενη ποδοκνημική κινείται σε υπτιασμό, η μέση αρθρική επιφάνεια του αστραγάλου φορτίζεται περισσότερο. Ο πρηνισμός της ποδοκνημικής αυξάνει το φορτίο στην πλάγια αρθρική επιφάνεια του αστραγάλου. Το κέντρο βάρους της επιφάνειας επαφής κινείται από πίσω προς τα μπροστά, κατά την κίνηση από πελματιαία σε ραχιαία κάμψη, και από μέσα προς τα έξω κατά τη διάρκεια της κίνησης από υπτιασμό σε πρηνισμό. Η συνολική επαφή του αστραγάλου ήταν μεγαλύτερη και η μέση υψηλή πίεση ήταν χαμηλότερη στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής. Η κατανομή του φορτίου στην ποδοκνημική καθορίζεται επίσης από τις δυνάμεις των συνδέσμων. Ο διαχωρισμός της κνημοπτερνικής δεσμίδας ινών του επιφανειακού δελτοειδή συνδέσου σε ένα φορτιζόμενο μοντέλο καταλήγει σε μείωση κατά 43% της επιφάνειας επαφής του αστραγάλου, μια 30% αύξηση των υψηλών πιέσεων και μια 4 χιλιοστών πλευρική μετατόπιση του κέντρου βάρους (Earll et al., 1996).

Οι δυναμικές μελέτες της ποδοκνημικής διάρθρωσης είναι απαραίτητες για να εκτιμηθούν οι δυνάμεις που δρουν στη φυσιολογική ποδοκνημική κατά τη βάδιση και το τρέξιμο. Οι Stauffer et al., (1997) χρησιμοποίησαν μια πλατφόρμα μέτρησης της δύναμης, με υψηλής ταχύτητας φωτογραφία, ακτινογραφίες και υπολογισμούς ελεύθερου σώματος για να καθορίσουν τις συμπιεστικές και ελκτικές δυνάμεις στην ποδοκνημική διάρθρωση. Η κύρια συμπιεστική δύναμη στη φυσιολογική ποδοκνημική κατά τη βάδιση παράγεται με σύσπαση των μυών της γαστροκνημίας και του πέλματος. Το μυϊκό σύστημα της κνήμης παράγει ήπιες συμπιεστικές δυνάμεις, κατά την αρχική φάση της στήριξης, μεγέθους <20% του βάρους του σώματος. Μια συμπιεστική δύναμη 5 φορές το βάρος του σώματος παράγεται στην τελευταία φάση της στήριξης, με σύσπαση του οπίσθιου μυϊκού συστήματος της γαστροκνημίας. Η ελκτική δύναμη έφτασε μια μέγιστη τιμή 0.8 φορές το βάρος του σώματος κατά το σήκωμα της πτέρνας.

Οι Proctor & Paul (1982) επίσης μέτρησαν τις συμπιεστικές δυνάμεις στην ποδοκνημική κατά τη βάδιση και βρήκαν μέγιστες συμπιεστικές δυνάμεις 4 φορές το βάρος του σώματος. Σε αντίθεση με το έργο των Stauffer et al., (1977), βρήκαν ουσιώδεις συμπιεστικές δυνάμεις ίσες με το βάρος του σώματος, που παραχθήκαν από τη σύσπαση της μυϊκής ομάδας του πρόσθιου τμήματος της κνήμης. Το πρότυπο δημιουργίας αντιδραστικών δυνάμεων στην ποδοκνημική κατά τη βάδιση διαφοροποιείται ανάλογα με το ρυθμό βάδισης. Σε ένα ταχύτερο ρυθμό, το πρότυπο έδειξε 2 μέγιστες δυνάμεις ίσες με 3 ως 5 φορές το βάρος του σώματος, μια στην αρχική φάση στήριξης και την άλλη στην τελική φάση στήριξης. Σε έναν πιο αργό ρυθμό, μόνο μια μέγιστη δύναμη εμφανίστηκε ίση με περίπου 5 φορές το βάρος του σώματος, κατά την τελική φάση στήριξης (Stauffer et al., 1977). Κατά το τρέξιμο, οι εντοπισμένες δυνάμεις στην ποδοκνημική μπορεί να είναι τόσο μεγάλες όσο 13 φορές το σωματικό βάρος (Burdett, 1982).

Στο ειδικό μέρος θα αναλυθεί η σχέση της πλευρικότητας στον έλεγχο της ποδοκνημικής ιδιαίτερα στους αθλητές, που αποτελούν μια ιδιαίτερη ομάδα και από την άποψη καταπόνησης, αλλά και επικινδυνότητας για τραυματισμούς.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3 ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΑ ΣΤΟΥΣ ΑΘΛΗΤΕΣ

Η διεξαγωγή καθημερινών δραστηριοτήτων π.χ. το άνοιγμα μιας πόρτας, το γράψιμο, ο χειρισμός κάποιου εργαλείου κλπ., αλλά και η εκτέλεση αθλητικών κινήσεων, γίνεται συνήθως με το άκρο που νιώθει άνετα το άτομο, αυτό που στη καθομιλουμένη απλά ονομάζεται «καλό» χέρι ή πόδι. Στο στίβο, για παράδειγμα, υπάρχουν αθλητές, κατά τη φάση στήριξης- απογείωσης που στηρίζονται πάντα στο ίδιο πόδι, ενώ στο ποδόσφαιρο, η προτίμηση αυτή εκφράζεται στο κάτω άκρο, με το οποίο γίνεται το λάκτισμα της μπάλας. (Peters, 1988, McLean & Tumilty, 1993). Ο Schenk, (1980) χαρακτηρίζει το φαινόμενο αυτό της λειτουργικής κυριαρχίας ενός άκρου ή της μιας πλευράς του σώματος έναντι της άλλης ως «πλευρικότητα».

3.1 Η ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑ ΩΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑ

Παράλληλα με την προτίμηση μιας πλευράς, συναντάται και το φαινόμενο της πλευρικής κυριαρχίας. «Πλευρική κυριαρχία είναι η λειτουργική υπεροχή της μιας πλευράς σε ποσοτικά ή ποιοτικά χαρακτηριστικά κατά την εκτέλεση διάφορων κινητικών δραστηριοτήτων» (Ullmann, 1987).

Πλευρική προτίμηση και πλευρική κυριαρχία δεν είναι απαραίτητο να είναι πάντοτε ταυτόσημες για την ίδια πλευρά. Αυτό σημαίνει πως σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν άλλη να είναι η πλευρά που προτιμάται για την εκτέλεση κάποιων δεξιοτήτων και ταυτόχρονα η αντίθετη πλευρά να υπερτερεί στην επίδοση σε συγκεκριμένες παραμέτρους της φυσικής κατάστασης. Δηλαδή μπορεί, για παράδειγμα, άλλο να είναι το δυνατότερο πόδι και άλλο πόδι να χρησιμοποιείται σαν πόδι στήριξης, όταν κάποιος θέλει να ανέβει ένα μεγάλο σκαλοπάτι. Επίσης, κάποιος μπορεί κάλλιστα να γράφει π.χ. με το δεξί χέρι, ενώ παράλληλα να σηκώνει όλα τα μεγάλα βάρη με το αριστερό του.

Σε βιβλιογραφικές πηγές αναφέρονται έρευνες με κεντρικό θέμα την πλευρικότητα των κάτω άκρων, στις οποίες οι δοκιμασίες που εφαρμόστηκαν σκοπό είχαν να διαγνώσουν

τόσο την «κυριαρχία προτίμησης», όσο και την «κυριαρχία επίδοσης». Το «tapping» με το ένα σκέλος είναι μια δοκιμασία, η οποία συνήθως εφαρμόζεται για τον έλεγχο της «κυριαρχίας επίδοσης» και κριτήριο επίδοσης θεωρείται ο αριθμός των επαφών του πέλματος με το έδαφος μέσα σε ορισμένο χρονικό διάστημα (Peters & Durdin, 1979). Επίσης, για τον ίδιο σκοπό, χρησιμοποιήθηκαν δοκιμασίες, στις οποίες ο δοκιμαζόμενος καλείται να εκτελέσει διάφορες κινητικές δραστηριότητες, όπως το επαναλαμβανόμενο κτύπημα μιας μπάλας, άλματα διαφόρων ειδών, εφαρμογή μέγιστης δύναμης κλπ (McLean et al., 1993, Oberbeck, 1989).

Για τον έλεγχο της «κυριαρχίας προτίμησης» εφαρμόστηκαν στο παρελθόν αρκετά διαφορετικές δοκιμασίες, όπως το τσαλάκωμα ενός χαρτιού, η συλλογή και μεταφορά βόλων με τα δάχτυλα του ποδιού, το ανέβασμα σε πλινθείο, η υπερπήδηση ενός χαμηλού εμποδίου, το γρήγορο «κουτσό» σε απόσταση κλπ. Το φαινόμενο της πλευρικότητας υπήρξε ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα αντικείμενο έρευνας στις μελέτες των ψυχολόγων και των νευροφυσιολόγων, πρώτιστα για παθολογικές καταστάσεις, που οφείλονται σε ασθένειες ή τραυματισμούς και εντοπίζονται σε ένα από τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου. (Ullmann, 1987).

Οι ανατομικές και λειτουργικές ασυμμετρίες των άκρων, είναι αντικείμενο μελέτης ενός μεγάλου αριθμού ερευνών στη Φυσιολογία και τη Φυσικοθεραπεία. Έτσι, για παράδειγμα, οι Kovalski, et al., (1997) ερεύνησαν την ισομετρική δύναμη των κάτω άκρων στο Cybex σε σχέση με την πλευρική κυριαρχία, ενώ οι Beling, et al., (1998) ασχολήθηκαν με δοκιμασίες για τον προσδιορισμό της κυρίαρχης πλευράς των κάτω άκρων σε όρθια και καθιστή στάση, σε αδρές και λεπτές δεξιότητες, σε πληθυσμούς ατόμων που υποβάλλονταν σε ορθοπεδική και φυσιοθεραπευτική αγωγή.

Ανεξάρτητες από τον αθλητισμό μελέτες, στις οποίες ερευνήθηκε το φαινόμενο της πλευρικότητας των κάτω άκρων, διεξήγαγαν για τη βάρδιση οι Maupas, et al., (1999) και οι Sadeghi, et al., (2000). Στο πλαίσιο της Κινητικής Μάθησης, οι Gabbard, (1998, 1996), Iteya & Gabbard, (1996), Iteya, Gabbard & Okada, (1995) εξέτασαν την πλευρικότητα των άκρων κυρίως σε παιδιά και ειδικά σε απλές δεξιότητες, όπως το κτύπημα, η ρίψη σε στόχο και το tapping με το δεξί και αριστερό άκρο. Οι Kauranen & Vanharanta, (1996) εξέτασαν την επίδραση της ηλικίας και του φύλου στην προτίμηση της μιας πλευράς των άκρων, χρησιμοποιώντας δοκιμασίες μέτρησης χρόνου αντίδρασης, ταχύτητας και αναπήδησης. Στο παρελθόν, οι έρευνες για την πλευρικότητα επικεντρώθηκαν στη μελέτη των

πλευρικών διαφορών των άνω άκρων, ενώ συγκριτικά πολύ λιγότερες ασχολήθηκαν με τα κάτω άκρα (Peters, 1988, Peters et al., 1979, Reis, 1996).

Εξετάζοντας την πλευρική προτίμηση στα άνω άκρα, οι ερευνητές διαχωρίζουν τους δοκιμαζόμενους των διαβαθμίζοντάς τους σε «τελείως» ή «εν μέρει» δεξιόχειρες, αριστερόχειρες και αμφιδέξιους (Elias et al., 1998, Fischer, 1992). Γενικά, έγινε προσπάθεια να κατανοηθεί το φαινόμενο της πλευρικότητας όχι σαν μια ολότητα, αλλά σαν ένα σύνολο επιμέρους φαινομένων, το οποίο διαχωρίζεται σε διάφορους παράγοντες. Αυτοί οι παράγοντες είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους προδιαθέτουν την πλευρικότητα των άνω άκρων, την πλευρικότητα των κάτω άκρων και την πλευρικότητα του κορμού, δηλαδή την προτίμηση μιας πλευράς κατά την εκτέλεση περιστροφών, κυρίως γύρω από τον κατακόρυφο-επιμήκη άξονα.

3.1.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΤΙΜΗΣΗΣ ΠΟΔΙΟΥ

Στην ξενόγλωσση βιβλιογραφία (Hardyck & Petrinovich, 1977, Reis, 2000), δύο μέθοδοι συναντώνται που περιγράφουν την αξιολόγηση της προτίμησης του ποδιού, η ποιοτική και η ποσοτική. Η ποιοτική μέθοδος συνδέεται με την εκτίμηση της αποτελεσματικότερης χρήσης του ενός ή και των δύο ποδιών, κατά την εκτέλεση σύνθετων κινητικών δεξιοτήτων (Bell & Gabbard, 2000, Grouios & et al, 2002). Η ποσοτική μέθοδος αναφέρεται στη μέτρηση της διαφορετικής επίδοσης των δύο ποδιών κατά την εκτέλεση σύνθετων κινητικών δεξιοτήτων (Charman & Allen, 1987, Haaland & Hoff, 2003).

Οι μελέτες που διερευνούν την προτίμηση ποδιού μέσω ποιοτικών μετρήσεων εστιάζονται στη χρήση ερωτηματολογίων. Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιούνται συχνότερα για τη διερεύνηση της προτίμησης ποδιού είναι των Charman, Charman, και Allen (1987) και των Elias, Bryden και Bulman–Flemming (1998). Οι συχνότερα αναφερόμενες δοκιμασίες στα ερωτηματολόγια για την αξιολόγηση της προτίμησης του ποδιού είναι η στάση και ισορροπία στο ένα πόδι για ένα λεπτό, το λάκτισμα της μπάλας σε στόχο και τα άλματα στο ένα πόδι για δέκα δευτερόλεπτα.

Η ποιοτική μέτρηση πλεονεκτεί στην εύκολη εφαρμογή της στην πράξη και στην αξιολόγηση πολλών ατόμων μέσα σε ελάχιστο χρόνο με την αναφορά τους σε πολλές

κινητικές δραστηριότητες (Bryden, Roy, McManus, & Bulman- Flemming, 1997). Το μειονέκτημά της σχετίζεται με την υποκειμενικότητά τους σε ότι αφορά τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα και τη μεγάλη πιθανότητα να παρερμηνεύσουν τις οδηγίες συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου (Pryde, & Roy, 2000).

Σε αντίθεση με την ποιοτική μέτρηση, η ποσοτική μέτρηση-εκτέλεση παρέχει πιο αντικειμενική αξιολόγηση της προτίμησης ποδιού επιτρέποντας την ποσοτικοποίηση της κινητικής ασυμμετρίας σε μια συνεχή κλίμακα (Annett, 1996, Peters & Durbing, 1979 a,b). Τα μειονεκτήματα της ποσοτικής μέτρησης αφορούν στην αξιολόγηση μίας μόνο κινητικής δραστηριότητας, στη δυσκολία αξιολόγησης μεγάλου αριθμού ατόμων και στο μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για την ολοκλήρωση της ερευνητικής προσπάθειας (Bryden, Roy, McManus, & Bulman-Flemming, 1997).

3.2 Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟ

Η πλευρικότητα και στον αθλητισμό είναι ένα φαινόμενο γνωστό ήδη πριν από πολλά χρόνια, συνεχίζει όμως να προσελκύει διαρκώς το αμείωτο ενδιαφέρον των ερευνητών, λόγω της πρακτικής του σημασίας. Στον τομέα του αθλητισμού έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες σε διάφορα αθλήματα, αναφορικά με τη διάγνωση της πλευρικότητας. Η «κινητική» αυτή πλευρικότητα συντίθεται από ανεξάρτητους μεταξύ τους παράγοντες, οι οποίοι είναι η «χειρο-πλευρικότητα» (handedness), η «ποδο-πλευρικότητα» (footedness) και η «πλευρικότητα στρέψεως» (torsion laterality), (Hardt et al., 2009, Carey 2001, Bryden et al., 1997).

Περίπου το 90 % του ανθρώπινου πληθυσμού είναι δεξιόχειρες, ενώ οι αριστερόχειρες αποτελούν μια μικρή μειοψηφία, που φθάνει σχεδόν το υπόλοιπο 10 %, και πάρα πολύ μικρό (< 1 %) είναι το ποσοστό των αμφιδέξιων ατόμων. Αυτή η μορφή της πλευρικής ασυμμετρίας αναπτύσσεται στα πρώτα δύο χρόνια της ζωής του ανθρώπου και είναι ανεξάρτητη από τη φυλετική του καταγωγή. Κατάλληλες δοκιμασίες για τη διάγνωση της χειρο-πλευρικότητας θεωρούνται κινήσεις με υψηλές απαιτήσεις στην επίδοση, όπως η ρίψη μπάλας σε μεγάλη απόσταση, το άναμμα σπύρων, η παρακολούθηση ενός φωτεινού σημείου σε μόνιτορ με ειδικό στυλό, η σχεδίαση σε προτυπωμένα ίχνη κλπ, οι

οποίες όμως γίνονται γρήγορα και σε συγκεκριμένα χρονικά περιθώρια (Bryden et al., 1997).

Η πλευρικότητα στα κάτω άκρα διακρίνεται σε «πλευρικότητα επιδεξιότητας» (σουτ για γκολ) και «πλευρικότητα αλτικής ικανότητας» (άλμα εις μήκος). Σε ποσοστό 90 % για τους δεξιόχειρες και 25 % για τους αριστερόχειρες υπερέχει η δεξιά πλευρά των κάτω άκρων στην «πλευρικότητα επιδεξιότητας», ενώ η «πλευρικότητα αλτικής ικανότητας» είναι κατανομημένη απόλυτα ισοδύναμα (50 % - 50 %). Ενδιαφέρον γεγονός για την πράξη στον αθλητισμό αποτελεί το ότι η πλευρική προτίμηση στατιστικά δε συσχετίζεται με τη μέγιστη δύναμη και αυτό σημαίνει πως το άκρο στο οποίο δείχνεται προτίμηση, δεν είναι απαραίτητα και το πιο δυνατό. Έτσι, λοιπόν, κατά τη διεξαγωγή ενός άλματος στο στίβο ή στο ποδόσφαιρο, ένας παίκτης, μπορεί να επιλέγει να στηρίζεται στο δυνατό του πόδι και να προτιμά να σουτάρει μια μακρινή πάσα με το άλλο του πόδι (Bryden et al., 1997).

Λιγότερο από τις άλλες μορφές της πλευρικότητας ερευνήθηκε και αξιολογήθηκε η πλευρικότητα στρέψεως, αν και η σημασία της για την αθλητική πράξη θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική. Εμφανίζεται κυρίως σε τοξοειδείς ή περιστροφικές κινήσεις σε περιορισμένο χώρο, ενώ περίπου 70 % όλων των ατόμων που ερευνήθηκαν προτιμούν τη στροφή προς τα αριστερά, γύρω από τον κατακόρυφο άξονά τους. Στον αθλητισμό η επιρροή της σημασίας της προτίμησης προς την αριστερή πλευρά γίνεται ευκολότερα κατανοητή, όταν παρατηρηθεί η επιλογή της δρομικής κατεύθυνσης στα στάδια του στίβου, της αγωνιστικής ποδηλασίας και της αγωνιστικής παγοδρομίας.

Υψηλότερες προϋποθέσεις στην πλευρικότητα στρέψεως γύρω από τον κατακόρυφο άξονα απαιτούν οι κινήσεις που συνδυάζουν τα άλματα με τις περιστροφές. Παραδείγματα τέτοιων κινήσεων και αθλημάτων αποτελούν οι πιρουέτες στην καλλιτεχνική παγοδρομία, ο δίσκος, η σφύρα και η σφαίρα στο στίβο, καθώς και ο αθλητισμός, και ειδικότερα η Αντισφαίριση για άτομα με ειδικές ανάγκες σε τροχήλατη αναπηρική καρέκλα, ενώ παραδείγματα ενός συνδυασμού αλμάτων και της πλευρικότητας στρέψεως γύρω από διαφορετικούς άξονες του ανθρώπινου σώματος συναντώνται στη ρυθμική αγωνιστική γυμναστική, στην ενόργανη γυμναστική, στις καταδύσεις από βατήρα, στο τραμπολίνο, στα ακροβατικά άλματα, στο σκι κλπ. (Hardt et al., 2009, Bryden et al., 1997).

Ανάλογα φαινόμενα πλευρικότητας στρέψεως παρατηρήθηκαν και μελετήθηκαν από τον Weineck, (1992) στο ποδόσφαιρο. Συγκεκριμένα, κατά την εκτέλεση γρήγορων

σπριντ με σκοπό την αλλαγή κατεύθυνσης κίνησης (με γωνίες > 90°), αρκετοί παίκτες προτιμούσαν μια ορισμένη πλευρά, γύρω από την οποία συστηματικά στρέφονταν. Αυτό είναι ένα μεγάλο πρόβλημα για τους παίκτες κυρίως στη διάρκεια κατοχής της μπάλας, επειδή τους καθιστά προβλέψιμους για τους αντιπάλους τους. Όμως δεν κατορθώθηκε να μετρηθεί ποσοτικά η πλευρικότητα στρέψεως με κατάλληλες δοκιμασίες, ώστε να εφαρμοσθούν αντίστοιχα προπονητικά μέτρα, για να βελτιωθεί η επίδοση της πλευράς που υστερεί.

Ενδιαφέρον προκαλεί ο προβληματισμός αν οι συνθήκες στην πλευρικότητα είναι διαφορετικές στον πληθυσμό των αθλητών υψηλών επιδόσεων απ' ότι στον υπόλοιπο πληθυσμό ή, απλά, αν διαφέρει ο τρόπος κατανομής τους. Πάντως, με κανέναν τρόπο δεν αποδείχθηκε πως οι εξαιρετοι αθλητές και αθλήτριες διαθέτουν ευνοϊκότερες προϋποθέσεις πλευρικότητας. Αν και όντως παρουσιάζουν άλλες συσχετίσεις στη «χειρο-πλευρικότητα», στην «ποδο-πλευρικότητα» και την «πλευρικότητα στρέψεως» απ' ότι οι ασχολούμενοι μόνο με το μαζικό αθλητισμό ή τα απροπόνητα άτομα, ωστόσο, το πρόβλημα της πλευρικότητας ισχύει» και αυτούς (Spry, Zebas & Visser, 1993).

Η ικανότητα ατομικής προσαρμογής είναι παράγοντας αποφασιστικής σημασίας στην προσπάθεια να αμβλυνθούν οι διαφορές της δυνατής και της αδύνατης πλευράς. Όμως, για να κατορθωθεί αυτό, πρέπει πρώτα να διαγνωσθεί σε ατομικό επίπεδο η ποιότητα και ποσότητα της πλευρικότητας. Η περαιτέρω σπουδή του φαινομένου πρέπει να συνεχιστεί, ώστε οι αρνητικές συνέπειες της πλευρικότητας να καταστούν γνωστές σε περισσότερους προπονητές. Έτσι θα μπορέσουν και τα άτομα, τα οποία δεν διαθέτουν προϋποθέσεις ευνοϊκής πλευρικότητας, να αντεπεξέλθουν καλύτερα σε ένα περιβάλλον που είναι προσανατολισμένο στην «κλασσική» μορφή της πλευρικότητας, δηλαδή: δεξί χέρι – αριστερό πόδι και αριστερή πλευρικότητα στρέψεως (Hardt et al., 2009, Bryden et al., 1997).

Οι Friberg & Kvist, (1988), στην έρευνά τους μεταξύ αθλητών από διάφορα αθλήματα, στρατιωτών και αθλητών του άλματος εις μήκος, επιχείρησαν να συσχετίσουν το πόδι προτίμησης, που χρησιμοποιείται στη φάση στήριξης και απογείωσης στη διάρκεια διεξαγωγής αλμάτων στο στίβο, με την προτιμώμενη πλευρά των άνω άκρων, καθώς και με την ασυμμετρία στο μήκος των κάτω άκρων, το οποίο μετρήθηκε ακτινολογικά. Διαπίστωσαν πως στα κατακόρυφα άλματα με το ένα πόδι, οι αθλητές προτιμούσαν να χρησιμοποιούν σταθερά το σκέλος μιας πλευράς ως πόδι στήριξης. Σε 60 % των

περιπτώσεων το πόδι ώθησης ήταν το αριστερό. Ο δείκτης συσχέτισης με την πλευρικότητα των άνω άκρων βρέθηκε να είναι ιδιαίτερα χαμηλός, ενώ αντίθετα αποδείχθηκε πως η μεγάλη πλειοψηφία των εξετασμένων χρησιμοποιούσε για τη στήριξη και απογείωση στα άλματα την πλευρά των κάτω άκρων, η οποία ήταν και η μακρύτερη. Πάντως στην έρευνα δεν διευκρινίζεται αν το αυξημένο μήκος της μιας πλευράς είναι αποτέλεσμα της προπόνησης ή αν αυτό προϋπήρχε και, βάσει αυτού του φαινομένου, επιλέχθηκε η πλευρά για τη στήριξη των αθλητών.

Οι Maupas et al., (1999) συμφωνούν με τους Friberg et al.,(1988), πως ο περιορισμένος αριθμός ερευνών σχετικά με την πλευρικότητα των κάτω άκρων οφείλεται κυρίως στο ότι, σε αντίθεση με τα χέρια, τα οποία στις καθημερινές δραστηριότητες διαρκώς συμμετέχουν σε διαφοροποιημένες κινήσεις, μόνο λίγες ενέργειες απαιτούν την ενεργή συμμετοχή των ποδιών. Συνήθως ο ρόλος των κάτω άκρων είναι υποστηρικτικός στις κινήσεις που εκτελούν τα άνω άκρα και, επιπλέον, σε μεγάλο βαθμό, καθορίζεται από αυτές. Η λειτουργική ασυμμετρία στα κάτω άκρα είναι λιγότερο έντονη απ' ό τι στα άνω άκρα και δεν είναι εύκολο να διαγνωσθεί. Εξάιρεση αποτελεί ο τομέας του αθλητισμού, όπου τα κάτω άκρα εμπλέκονται μόνο σε δραστηριότητες, όπου υπάρχει γνήσια διαφοροποίηση κινήσεων. Ως εκ τούτου, ο ορισμός της «ποδο-πλευρικότητας» («footedness») είναι δυσκολότερος και, γι' αυτόν το λόγο, έχει ερευνηθεί σε μικρότερο βαθμό από την «χειρο-πλευρικότητα» («handedness») (Peters, 1988).

Οι Vagenas & Hoshizaki, (1992) ερεύνησαν το φαινόμενο της πλευρικότητας των κάτω άκρων σε άρρενες δρομείς μεγάλων αποστάσεων. Με τη βοήθεια της κινηματικής ανάλυσης (κινηματογραφική κάμερα υψηλών ταχυτήτων) έλεγξαν τους δοκιμαζόμενους τους, οι οποίοι έτρεχαν πάνω σε κυλιόμενο δαπεδοεργόμετρο. Στις μετρήσεις η μία προσπάθεια έγινε φορώντας αθλητικά παπούτσια, ενώ στη δεύτερη που ακολούθησε, οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να τρέχουν ανυπόδητοι. Βρέθηκε πως στο τρέξιμο χωρίς παπούτσια υπάρχουν αρκετές παράμετροι (γωνίες, ταχύτητες κλπ.), που διαφέρουν από τη μία στην άλλη πλευρά. Τα αθλητικά παπούτσια όμως φαίνεται πως εξομαλύνουν ως ένα βαθμό αυτές τις διαφορές και έκαναν τις κινήσεις των κάτω άκρων πιο συμμετρικές.

Στην έρευνά τους οι Kovaleski et al.,(1997) εξέτασαν σε ευκαιριακά αθλούμενους φοιτητές την πλευρική κυριαρχία στα κάτω άκρα, μετρώντας τη δύναμη και την ισχύ σε ειδικό μηχάνημα. Διαπίστωσαν διαφορές στις επιδόσεις των δύο πλευρών και εφιστούν την προσοχή των προπονητών για τις περιπτώσεις που το ίδιο συμβαίνει και στον αγωνιστικό

αθλητισμό. Σε μια άλλη μελέτη οι Oestenberg, et al., (1998) έλεγξαν την ισομετρική δύναμη της αδύνατης και δυνατής πλευράς των κάτω άκρων και, μεμονωμένα, την επίδοσή τους σε πέντε λειτουργικές δοκιμασίες σε υγιείς γυναίκες ποδοσφαιριστές, αλλά δεν διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πλευρών. Συγκεκριμένα, διερεύνησαν τη σχέση της μυϊκής δύναμης των κάτω άκρων, με την επίδοση σε πέντε δοκιμασίες, οι οποίες ήταν: «κουτσό» με ένα πόδι, άλμα τριπλούν, κατακόρυφο άλμα, «ανύψωση ενός ποδιού» και «κουτσό» σε τετράγωνο. Παράλληλα και αυτοί συνέλεξαν δεδομένα για τον υπολογισμό ενός «δείκτη συμμετρίας», ο οποίος εξέφραζε τη σχέση μη-κυρίαρχο προς κυρίαρχο κάτω άκρο, και οι τιμές του κυμάνθηκαν από 83,9 % μέχρι 96,3 %.

Σε αρκετές έρευνες τονίζεται πως στους ποδοσφαιριστές με υψηλό επίπεδο επιδόσεων είναι επιθυμητή η ικανότητα να «χειρίζονται» και να κτυπούν τη μπάλα το ίδιο καλά και με τις δύο πλευρές των κάτω άκρων τους. Έτσι, στην έρευνα των McLean & Tumilty, (1993) μελετήθηκαν χαρακτηριστικά της ασυμμετρίας των δύο πλευρών των κάτω άκρων σε σχέση με την ικανότητα επίδοσης σε δύο είδη σουτ στο ποδόσφαιρο (χαμηλό μακρινό σουτ και σουτ «συρτό», παράλληλο με το έδαφος), σε νεαρούς επίλεκτους ποδοσφαιριστές.

Ειδικότερα, εξετάστηκαν η ταχύτητα του ποδιού στο λάκτισμα, ο χρόνος από τη στήριξή του ενός ποδιού μέχρι την επαφή του άλλου με τη μπάλα και η ακρίβεια της τροχιάς της μπάλας. Επίσης, με δυναμόμετρο Cybex μετρήθηκε η ισχύς κατά την έκταση και κάμψη της άρθρωσης του γόνατος, μεμονωμένα για το κάθε σκέλος σε διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες. Βρέθηκε πως στο χαμηλό μακρινό σουτ η ομάδα των δοκιμαζόμενων, αναφορικά με την ισχύ, είχε «πλευρική κυριαρχία» στο δεξί σκέλος. Ακόμα, πέτυχε καλύτερες επιδόσεις στην ακρίβεια του σουτ και στην ταχύτητα λακτίσματος σε σύγκριση με την αριστερή πλευρά. Η κυρίαρχη πλευρά ήταν ταχύτερη (79 Km/h) έναντι της μη-κυρίαρχης (66 Km/h), ενώ επίσης και η ευστοχία με αυτήν ήταν διπλάσια έναντι της αδύνατης πλευράς (66,6 % προς 33,3 %). Αντίθετα, δεν αποκαλύφθηκαν σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των δύο πλευρών στο συρτό σουτ. Τέλος, συσχέτισαν την επίδοση των συγκεκριμένων παικτών στο σουτ με τις επιδόσεις τους στο Cybex και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως το σκέλος, με το οποίο πέτυχαν τις καλύτερες επιδόσεις στο Cybex, ήταν και το κυρίαρχό τους στο σουτ.

Σε αντίθετα αποτελέσματα κατέληξαν οι Carey et al., (2001) οι οποίοι ανέλυσαν την πλευρικότητα των κάτω άκρων σε ποδοσφαιριστές υψηλών επιδόσεων από 16 ομάδες

που συμμετείχαν στο παγκόσμιο κύπελλο «Γαλλία '98». Διαπίστωσαν πως οι παίκτες είχαν τη δεξιά ως κυρίαρχη πλευρά σε ποσοστό 79%, κάτι που δεν διαφέρει σχεδόν καθόλου απ' ό τι στον υπόλοιπο γενικό πληθυσμό. Οι υπόλοιποι παίκτες ήσαν κυρίως «αριστεροί», ενώ ελάχιστοι χρησιμοποιούσαν και τις δύο πλευρές με την ίδια συχνότητα. Επισημαίνουν, πάντως, πως όλοι οι παίκτες ήταν το ίδιο ικανοί με το μη-κυρίαρχο άκρο τους, όσο και με το κυρίαρχο, στις λίγες περιπτώσεις που το χρησιμοποίησαν. Γι' αυτό είναι επιφυλακτικοί στο να γενικεύσουν τις διαπιστώσεις τους και να ισχυρισθούν πως η διαφορετική σε συχνότητα χρήση του ενός σκέλους (κυρίαρχου) είναι ένδειξη σημαντικών διαφορών ως προς τις ικανότητες των δύο πλευρών. Συμπερασματικά, απορρίπτουν την καταλληλότητα των ποδοσφαιριστών υψηλής επίδοσης ως δοκιμαζόμενων για έρευνες σχετικές με τις πλευρικές ασυμμετρίες.

Σκοπός μιας άλλης μελέτης των Kramer & Balsor, (1990) ήταν να διερευνηθεί το πώς η προτίμηση της μιας πλευράς των κάτω άκρων επηρεάζει τη σχέση μεταξύ των εκτεινόντων μυών του γονάτου του κυρίαρχου και μη-κυρίαρχου ποδιού σε παίκτες ποδοσφαίρου. Από τις αρχές της δεκαετίας του '90, σε μια σειρά από παρόμοιες έρευνες, μελετήθηκε η ισχύς των κάτω άκρων κατά την έκταση του γονάτου της κυρίαρχης και μη-κυρίαρχης πλευράς, μεταξύ αθλητών και μη-παικτών στο ποδόσφαιρο.

Τα αποτελέσματα συγκλίνουν προς την ίδια κατεύθυνση, ότι δηλαδή οι ποδοσφαιριστές παρουσιάζουν μεν μια υπεροχή της μιας πλευράς των κάτω άκρων στις επιδόσεις που εξετάστηκαν, όμως αυτή δεν είναι τόσο έντονη, όσο στους μη-ποδοσφαιριστές. Όσο δε καλύτερο είναι το επίπεδο των ποδοσφαιριστών, τόσο μικρότερη είναι και η ασυμμετρία στην επίδοση των δύο πλευρών. Επίσης, διαπιστώθηκε πως η σχέση κυρίαρχου / μη-κυρίαρχου κάτω άκρου δεν επηρεάζεται από το είδος της μυϊκής σύσπασης ή τη γωνιακή ταχύτητα στις δοκιμασίες στο Cybex (Kramer & Balsor, 1990).

3.3 ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΔΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΑΘΛΗΜΑΤΑ

Έρευνες για την πλευρικότητα των άνω και κάτω άκρων έγιναν επίσης και σε μια πληθώρα γνωστών, αλλά και λιγότερο διαδεδομένων, αθλημάτων, όπως το μπάσκετ, (Bale & Scholes, 1986), η ποδηλασία (Smak, Neptune & Hull, 1999), το σκι (Willits, 1998), η ξιφασκία (Bisiacchi, et al., 1985) κ. α. Επίσης, ερευνήθηκε η πλευρικότητα των κάτω άκρων μέσω της εξέτασης των παραγόντων που επηρεάζουν την «ηλεκτρομυϊκή» δραστηριότητά τους κατά την εκτέλεση κατακόρυφων αλμάτων (Γούργουλης, 1997).

Σημαντικές έρευνες έχουν γίνει σε πολύ γνωστά αθλήματα όπως η αντισφαίριση και το ποδόσφαιρο ενδεικτικά αναφέρονται μερικές παρακάτω.

3.3.1 Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΦΑΙΡΙΣΗ

Έχοντας υπόψη το γεγονός πως οι παίκτες στην αντισφαίριση (Tennis) έχουν ένα κυρίαρχο χέρι στην εκτέλεση των κτυπημάτων, τίθεται τουλάχιστον το ερώτημα, αν το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση των κάτω άκρων (Γούργουλης, 1997). Υπάρχουν δηλαδή διαφορές μεταξύ των δύο πλευρών, ώστε να δικαιολογούν το χαρακτηρισμό «κυρίαρχο» και «μη-κυρίαρχο» κάτω άκρο και πόσο αυτές οι διαφορές επηρεάζουν την επίδοση στο άθλημα της αντισφαίρισης?

Αναφορικά με την έρευνα της πλευρικότητας, η αντισφαίριση, σε σύγκριση με την πλειοψηφία των άλλων αθλημάτων, δεν απετέλεσε εξαίρεση και οι σχετικά λίγες ερευνητικές προσεγγίσεις της προτιμώμενης πλευράς των άκρων στο χώρο της ασχολήθηκαν, κυρίως με τα άνω και λιγότερο με τα κάτω άκρα. Συγκεκριμένα, οι Holtzen (2000), Kibler et al., (1996), κ. α. ερεύνησαν κυρίως την πλευρικότητα των άνω άκρων στην αντισφαίριση.

Οι Zhanel, Vaverka, & Cernosek (2000) στην έρευνά τους, που διήρκεσε 3 χρόνια, μέτρησαν με ειδικό δυναμόμετρο σε νεαρές αθλήτριες αντισφαίρισης την αύξηση της δύναμης των χεριών, μεμονωμένα για την κάθε πλευρά, και διαπίστωσαν τη συνεχή τάση για

αύξηση της δύναμης της προτιμώμενης πλευράς, σε αντίθεση με τη μη-κυρίαρχη πλευρά. Σε άλλη έρευνα, οι Zhanel & Kadlcikova (2000) διεξήγαγαν μετρήσεις σε αθλήτριες αντισφαίρισης, οι οποίες περιείχαν, μεταξύ άλλων, δοκιμασίες μέτρησης της ταχύτητας αντίδρασης των άνω και κάτω άκρων σε οπτικό ερέθισμα.

Από τους Krahl, et al., (1994) εξετάσθηκαν σε αθλητές υψηλών επιδόσεων οι μακροχρόνιες προσαρμογές που επιφέρει η αντισφαίριση στα οστά του σκελετού του προτιμώμενου άνω άκρου (αυτού που χειρίζεται τη ρακέτα). Βρέθηκε πως η συνεχής μονομερής άσκηση αυτής της πλευράς οδηγεί στην αύξηση της πυκνότητας της οστεϊνης μάζας, καθώς και στην ελαφρά επιμήκυνση των οστών του βραχίονα και της άκρας χειρός, λόγω της διαρκώς αυξανόμενης υπεραιμίας και της μηχανικής επιβάρυνσης.

Στην αντισφαίριση εστιάζεται περισσότερο η προσοχή στην ταχύτητα, ως ειδοποιός διαφορά στη πλευρικότητα των κάτω άκρων σύμφωνα με τους Ferrauti et al., 1997, Bos et al., 1994. Οι έρευνές τους όμως έγιναν σε μικρό σχετικά δείγμα ατόμων και εξέτασαν μόνο μία παράμετρο της πλευρικότητας, την ταχύτητα ενώ οι μετρήσεις δεν επαναλήφθηκαν.

Τις αρνητικές επιπτώσεις της πλευρικότητας στην επίδοση των αθλητών της αντισφαίρισης επεσήμανε ο Hotz (1990), ο οποίος έρχεται σύμφωνος με την άποψη του Oberbeck (1989). Ο Oberbeck, με τη σειρά του, υποστηρίζει πως «ήδη από τη βασική εκπαίδευση στον αθλητισμό ο βαθμός διάκρισης της πλευρικότητας και, κατά συνέπεια, η διαφορά στην επίδοση των δύο πλευρών πρέπει να κρατηθεί, κατά το δυνατό, σε χαμηλό επίπεδο» και συμπληρώνει πως «επιτυχημένος αθλητής είναι αυτός, ο οποίος μπορεί να εφαρμόσει με ιδανικό τρόπο αμφίπλευρα το κινητικό του πρόγραμμα».

3.3.2 Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ

Οι Capranica et al., (1992) διερεύνησαν μεταβολές που επιφέρει η προπόνηση ποδοσφαίρου σε εφήβους σε ότι αφορά τη δύναμη, την ταχυδύναμη και την προτίμηση στα κάτω άκρα. Το δείγμα αποτέλεσαν 20 παιδιά τα οποία χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: στην παρεμβατική ομάδα (n=10) συμμετείχαν νεαροί ποδοσφαιριστές που λάμβαναν μέρος στο πρωτάθλημα νέων της Ιταλίας. Οι παραπάνω αθλητές προπονούνταν 2 φορές την εβδομάδα, για 90 λεπτά και τουλάχιστον για 2 χρόνια. Την ομάδα ελέγχου (n=10)

αποτελέσαν παιδιά τα οποία δεν είχαν καμία προηγούμενη αγωνιστική και προπονητική εμπειρία. Μετρήσεις της δύναμης και της ταχοδύναμης πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση εργομετρικού ποδηλάτου.

Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αύξηση στη δύναμη και στην ταχοδύναμη του κάθε ποδιού ξεχωριστά στους ποδοσφαιριστές που ακολουθούσαν συγκεκριμένο πρόγραμμα προπόνησης, ενώ δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στη δύναμη και στην ταχοδύναμη μεταξύ των δύο ποδιών. Σε ότι αφορά την ομάδα ελέγχου, από τα αποτελέσματα δε διαφάνηκε καμία μεταβολή στην αύξηση της δύναμης και της ταχοδύναμης όπως επίσης και καμία διαφορά μεταξύ προτιμώμενου και μη προτιμώμενου ποδιού.

Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η προπόνηση ποδοσφαίρου που εμπεριέχει ασκήσεις και για τα δύο πόδια, βελτιώνει την απόδοση του ποδοσφαιριστή χωρίς να του δημιουργεί μυϊκές ασυμμετρίες.

Στο ποδόσφαιρο, καθότι πολύ δημοφιλές άθλημα, έχει γίνει πληθώρα ερευνών όχι μόνο στη πλευρικότητα αλλά και στις μυοδυναμικές ασυμμετρίες οι οποίες θα αναφερθούν διεξοδικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.

3.3.3 Η ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗ

Ο Γάτσος (2003) διερεύνησε τις δυναμικές και κινηματικές διαφορές των κατακόρυφων αλμάτων σε σκληρό έδαφος και σε άμμο. Δεκαπέντε άνδρες επαγγελματίες παίκτες της πετοσφαίρισης (Volley) και της πετοσφαίρισης παραλίας (Beach Volley), συμμετείχαν στην έρευνα. Οι εξεταζόμενοι εκτέλεσαν άλματα από ημικάθισμα, με προδιάταση (με και χωρίς τη χρήση των χεριών) και μετά από πτώση 40 cm. Τα άλματα εκτελέστηκαν σε σκληρό έδαφος και σε άμμο.

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι το ύψος άλματος ήταν μεγαλύτερο στο σκληρό έδαφος σε όλα τα είδη αλμάτων με στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.01$). Το ποσοστό της διαφοράς κυμάνθηκε από 13.4 – 20.5% στα διάφορα είδη αλμάτων. Η μεγαλύτερη διαφορά βρέθηκε στα άλματα μετά από πτώση. Οι λόγοι της μικρότερης απόδοσης

στην άμμο οφείλονται στην υποχωρητικότητα και την αστάθεια της άμμου που μείωσε τις τιμές της μέγιστης δύναμης και της μέγιστης ισχύος, παρόλο που αύξησε το χρόνο ώθησης. Ακόμη, η υποχωρητικότητα της άμμου δεν επέτρεψε στην ποδοκνημική να εφαρμόσει μεγάλες δυνάμεις στο τέλος της φάσης προώθησης με αποτέλεσμα το κέντρο μάζας του σώματος να διανύσει μικρότερη απόσταση και να εκμεταλλευτεί σε μικρότερο ποσοστό τη μέγιστη ταχύτητα που προάχθηκε στην απογείωση. Η μέγιστη τιμή της δύναμης κατά την προσγείωση ήταν μεγαλύτερη στο σκληρό έδαφος. Επίσης, το μέγιστο θετικό έργο ήταν μεγαλύτερο στο σκληρό έδαφος. Το μεγαλύτερο ύψος άλματος λόγω της προδιάτασης και της χρήσης των χεριών υφίσταται και στην άμμο.

Οι αρθρώσεις της ποδοκνημικής και του ισχίου κινήθηκαν σε μεγαλύτερο εύρος στην άμμο, ενώ η σειρά ενεργοποίησης των αρθρώσεων ήταν η ίδια και στα δύο εδάφη (από το κέντρο προς την περιφέρεια). Η ποδοκνημική άρθρωση κινήθηκε με μεγαλύτερη γωνιακή ταχύτητα στην άμμο λόγω της υποχώρησης της, χωρίς όμως να συντελέσει στην καλύτερη απόδοση. Το μεγαλύτερο εύρος κίνησης της ποδοκνημικής στην άμμο είχε ως αποτέλεσμα την υπερέκταση της άρθρωσης του ισχίου τη στιγμή της απογείωσης για εξισορροπιστικούς λόγους. Αυτός ίσως είναι ένας από τους λόγους του μεγαλύτερου ποσοστού των τραυματισμών στην περιοχή της μέσης στην πετοσφαίριση παραλίας.

Τα άκρα δεν μπορεί να είναι απολύτως συμμετρικά, όταν, παρατηρούνται διαφορετικά αριστερά και δεξιά φυσικά χαρακτηριστικά (Meislin, 1996, Peters, 1988). Αυτό είναι πιο εμφανές στο άνω άκρο, όπου το κυρίαρχο χέρι είναι συνήθως πιο ισχυρό και πιο ικανό (Peters 1988). Στο κάτω άκρο, οι διαφορές μπορεί να μην είναι τόσο προφανής σε αθλητές δίποδικών αθλημάτων (Daly & Cavanaugh, 1976, Mangine et al., 1990) (π.χ., δρομείς και κολυμβητές) και μη αθλητές (Lucca & Kline, 1989, Yang et al., 1997) (π.χ., γενικός πληθυσμός). Ωστόσο, σε μονοποδικά αθλήματα (άλματα κτλ.) μπορεί να εμφανίσουν μπορεί να εμφανίσουν μια σημαντική διμερή ασυμμετρία που οφείλεται σε μια σταθερή υπερφόρτωση κατάρτιση σχετικά με το αλματικό άκρο (Peters, 1988).

Κλινικά, μια διμερής σύγκριση γίνεται ανάμεσα στα άκρα με την υπόθεση ότι τα άκρα είναι συμμετρικά. Ωστόσο, προ-τραυματισμού ασυμμετρίες μεταξύ των άκρων μπορεί να ακυρώσουν τη διμερή αυτή σχέση και να περιπλέξουν τη διαδικασία αποκατάστασης. Υποθέτοντας προ-τραυματισμού συμμετρία ή ασυμμετρία όταν υπάρχει το αντίθετο, θέτει λανθασμένα λειτουργικά κριτήρια διάγνωσης. Στην έρευνα, υποθέτοντας διμερή συμμετρία έχουμε μια απλούστερη μεθοδολογική προσέγγιση, αλλά δύναται τα δεδομένα να παρερμηνευτούν αν υπάρχει ασυμμετρία.

Ασυμμετρίες δύναμης μεταξύ των δύο άκρων ή μεταξύ αγωνιστικών-ανταγωνιστικών μυϊκών ομάδων έχουν αναφερθεί σε αθλήματα με ασύμμετρα κινητικά μοτίβα, όπως το ποδόσφαιρο (Arnason et al., 2004, Dauty et al., 2003) και βόλεϊ (Markou and Vagenas, 2006) καθώς και σε αθλήματα με συμμετρικά κινητικά μοτίβα όπως το τρέξιμο (Vagenas and Hoshizaki, 1991, 1992) και η ποδηλασία (Smak et al, 1999). Στο ποδόσφαιρο, οι ασυμμετρίες δύναμης έχουν εμπλακεί σε τραυματισμούς στα κάτω άκρα (Tsepis et al, 2004, 2006), καθώς η μυϊκή δύναμη είναι ζωτικής σημασίας για τις επιδόσεις και την πρόληψη των τραυματισμών (Bangsbo, 1994).

Οι Rahnema, et al., (2005), διερεύνησαν κατά πόσο υφίσταται μυοδυναμική ασυμμετρία μεταξύ κυρίαρχου και μη κυρίαρχου ποδιού σε σχέση με τη δύναμη και την ευλυγισία σε ποδοσφαιριστές. Για τον παραπάνω σκοπό εξέτασαν 41 επαγγελματίες και ημιεπαγγελματίες ποδοσφαιριστές σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Οι συμμετέχοντες υποδείκνυαν το προτιμώμενο κάτω άκρο για την εκτέλεση του λακτίσματος της μπάλας. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των καμπτήρων των κάτω άκρων εμφανίζοντας πιο δυνατούς τους καμπτήρες μύες του μη κυρίαρχου ποδιού. Οι 28 από τους 41 ποδοσφαιριστές είχαν μια μυϊκή ανισορροπία άνω του 10%. Για την ευλυγισία στην άρθρωση του ισχίου δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ προτιμώμενου και μη προτιμώμενου ποδιού. Οι ερευνητές ερμήνευσαν το παραπάνω αποτέλεσμα ισχυριζόμενοι ότι η δύναμη των καμπτήρων μυών του γόνατος επηρεάζεται από την προτίμηση ποδιού και τις ιδιαίτερες απαιτήσεις της τεχνικής εκτέλεσης των κινητικών δεξιοτήτων του ποδοσφαίρου. Επομένως, το παραπάνω φαινόμενο οδηγεί στην ύπαρξη μυϊκής ανισορροπίας στα κάτω άκρα, γεγονός που πρέπει να αποφεύγεται διότι αποτελεί ένα σοβαρό παράγοντα υψηλού κινδύνου για την εμφάνιση μυϊκού τραυματισμού.

Οι Fousekis, Tsepis και Vagenas (2010α) ασχολήθηκαν διεξοδικά με το θέμα μέσω του ποδοσφαίρου. Οι ποδοσφαιριστές έχουν διάφορους βαθμούς λειτουργικής ασυμμετρίας των κάτω άκρων. Τα κάτω άκρα τους, υποβάλλονται σε συνεχές ασύμμετρο φορτίο και νευρομυϊκές προσαρμογές και έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ασύμμετρων πρότυπων λειτουργίας του μυοσκελετικού συστήματος. Η μελέτη επικεντρώθηκε στο μυοδυναμικό προφίλ του γόνατου και της ποδοκνημικής σε εκατό επαγγελματίες ποδοσφαιριστές. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην πολυμετάβλητη ποσοτικοποίηση των τριών τύπων της ασυμμετρίας: κατεύθυνσης (αριστερά εναντίον δεξιά), κυμαινόμενης (κυρίαρχη σε σχέση με μη δεσπόζουσα θέση) και απόλυτης (αριστερά εναντίον δεξιά).

Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα κάτω άκρα των επαγγελματιών ποδοσφαιριστών χαρακτηρίζονται από σημαντικές διαφορές στη μυοδυναμικότητα μυών. Τα ευρήματα αυτά τεκμηριώνουν την άποψη πως στους ποδοσφαιριστές παρουσιάζονται σημαντικές μυοδυναμικές ασυμμετρίες σε γόνατο και ποδοκνημική. Η ατομική τροποποίηση του

φορτίου εκπαίδευσης, στοχεύοντας στη διόρθωση της δυναμικής ασυμμετρίας, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την πρόληψη των τραυματισμών.

Οι παίκτες ποδοσφαίρου αναγκάζονται να χρησιμοποιούν τα κάτω άκρα τους μονομερώς σε όλες σχεδόν τις κλοτσιές και στα τάκλιν (Reilly, 1996) και αυτό αλλάζει την ισορροπία ισχύος μεταξύ των δύο άκρων ή μεταξύ ανταγωνιστικών μυϊκών ομάδων (Fousekis et al., 2010). Με την πλειοψηφία των τραυματισμών στο ποδόσφαιρο να συμβαίνουν από τα κάτω άκρα (Le Gall et al., 2006) η ανάπτυξη της μυϊκής συμμετρίας και ισορροπίας μπορεί να μειώσει τη συχνότητα εμφάνισης τραυματισμών (Croisier et al., 2008).

Οι μελέτες δείχνουν ότι οι ποδοσφαιριστές έχουν διάφορες μυοδυναμικές ασυμμετρίες, που οφείλονται κυρίως στην προτιμώμενη μονομέρεια στην εκτέλεση των περισσότερων από τις μονομερείς δεξιότητες του ποδοσφαίρου (Chin et al., 1994, Ergun et al., 2004, Masuda et al., 2005, McLean and Tumilty, 1993). Στο ποδόσφαιρο ειδικά, οι κινητικές προσαρμογές και οι ασυμμετρίες δύναμης μάλλον αλληλεπιδρούν με κάποιους κρίσιμους εξωγενείς παράγοντες των επιδόσεων ποδοσφαίρου όπως η επαγγελματική εμπειρική ηλικία (ΕΕΗ) (Amato et al., 2001, Γεροδήμος et al., 2003) και τη θέση που παίζουν στο γήπεδο (Davis et al., 1996, Wisloff et al., 1998). Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν το βαθμό της προϋπάρχουσας ανατομικής και λειτουργικής ασυμμετρίας οδηγώντας έτσι σε τραυματισμό στο ποδόσφαιρο.

Οι επιπτώσεις της ΕΕΗ στην συνολική μυοδυναμική ασυμμετρία δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς, αν και η ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης είναι μια μακροπρόθεσμη διαδικασία. Οι σχετικές μελέτες που ανέλυσαν τη μέγιστη ροπή των μυών του γονάτου σε παίκτες διαφορετικών ηλικιών διαπίστωσαν ότι υπάρχουν χαμηλές αυξήσεις δύναμης στα άκρα των μυών με την ηλικία (Amato et al., 2001, Gerodimos et al., 2003, Gur et al., 1999, Κέλλης et al., 2001, Rochongar et al., 1988, Voutselas et al., 2007). Δύο μελέτες ανέφεραν μια σημαντική επίδραση της χρονολογικής (Gur et al., 1999) ή επαγγελματικής προπονητικής ηλικίας (Voutselas et al., 2007) κυρίως για την αμοιβαία σχέση των δυνάμεων των μυών του γονάτου και έδειξαν ότι οι μεγαλύτερης ηλικίας ποδοσφαιριστές έχουν την τάση να έχουν σημαντικά υψηλότερες αναλογίες δύναμης στο γόνατο στο κυρίαρχο άκρο τους σε σύγκριση με τους νεότερους παίκτες.

Οι Fousekis, Tsepis και Vagenas (2010b) ασχολήθηκαν περαιτέρω και με αυτό το θέμα και τα ευρήματά τους σε εκατό επαγγελματίες ποδοσφαιριστές με διαφορετικές ΕΕΗ επιβεβαιώνουν την υπόθεση της ασυμμετρίας στην μυοδυναμικότητα που λαμβάνει χώρα

στο γόνατο και στη ποδοκνημική άρθρωση από κοινού από ποδοσφαιριστές, κυρίως αυτών με σύντομες και ενδιάμεσες ΕΕΗ. Οι παίκτες με τη μεγαλύτερη ΕΕΗ φαίνεται να υιοθετούν μια πιο ισορροπημένη χρήση των κάτω άκρων τους προσαρμοσμένη στις ήδη ανεπτυγμένες μυοσκελετικές ασυμμετρίες και ενδεχομένως για να μειώσουν τον κίνδυνο τραυματισμού. Αυτό έχει ορισμένες συνέπειες όσον αφορά την κατάλληλη εκπαίδευση και την πρόληψη των τραυματισμών σε σχέση με την επαγγελματική εμπειρία στο ποδόσφαιρο.

4.2 ΣΧΕΣΗ-ΑΛΛΗΛΟΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΚΥΡΙΑΡΧΙΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΕΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΗΑΡΘΡΩΣΗΣ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ.

Αν η έμφυτη προτίμηση για τα άκρα ορίζεται με βάση μια αξιόπιστη διαφοροποίηση του ρόλου των δύο πελμάτων και των ποδιών, οι δεξιόχειρες δείχνουν προτίμηση στο δεξί πόδι για τις δραστηριότητες που απαιτούν λεπτό χειρισμό και την εστίαση της προσοχής. Σε ενήλικες δεξιόχειρες, το αριστερό πόδι έχει την τάση να είναι το μακρύτερο και βαρύτερο, σύμφωνα με το ρόλο του ως ποδιού στήριξης. Στους αριστερόχειρες, οι ανατομικές ασυμμετρίες τείνουν να είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση, και οι λειτουργικές προτιμήσεις είναι κάπως λιγότερο αποσαφηνισμένες (Peters, 1988).

4.2.1 ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΜΥΕΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Μια συγκριτική μελέτη των So et al., (1994) στα ισοκινητικά χαρακτηριστικά της ποδοκνημικής άρθρωσης (πελματιαία κάμψη-και ραχιαία κάμψη) σε αθλητές και μη δεν έδειξε μόνο τη διαφοροποίηση μεταξύ τους αλλά και πλευρικές ανισότητες μεταξύ των αθλημάτων. Αναλυτικότερα, 6 ποδηλάτες, 7 γυμναστές, 10 ποδοσφαιριστές και 25 μη αθλητές νεαροί άνδρες εξετάστηκαν στο Cybex II + δυναμόμετρο. Μετρήθηκαν η μέγιστη ροπή, η επιτάχυνση της ροπής ενέργειας, και η μέση ισχύς. Οι ποδηλάτες είχαν ελαφρώς υψηλότερη (5%) πελματιαία κάμψη από τους άλλους. Η κατάσταση αυτή αντιστράφηκε στη ραχιαία κάμψη. Επιπλέον, η μέση ραχιαία κάμψη ανά μονάδα πελματιαία κάμψης ήταν σημαντικά υψηλότερη στους γυμναστές από ότι ήταν στους ποδηλάτες και για τη ροπή και

την εργασία. Αυτό υποδηλώνει ότι σε μια συγκεκριμένο επίπεδο της πελματιαίας κάμψη, οι γυμναστές είχαν ισχυρότερη ραχιαία κάμψη σε σύγκριση με τους ποδηλάτες και ότι στα αθλήματα που αφορούν το άλμα και το τρέξιμο, αυξημένη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην ενίσχυση των ομάδων των ανταγωνιστών μυών, προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ισορροπία μεταξύ αγωνιστή και ανταγωνιστή μυ προλαμβάνοντας τους τραυματισμούς.

Αξίζει να τονιστεί ότι μεταξύ των αθλητών των τριών αθλημάτων βρέθηκαν σημαντικές πλευρικές διαφορές αλλά όχι μεταξύ των μη αθλητών, αντανακλώντας ειδικές διμερείς διαφορές στα σπορ που έχουν να κάνουν με ειδικές απαιτήσεις του συγκεκριμένου αθλήματος όπως η σημαντικά μεγαλύτερη πελματιαία κάμψη των γυμναστών στη μη κυρίαρχη πλευρά και η χρήση της μη κυρίαρχου πλευρά για την εκκίνηση άλματος. Είναι πλέον γνωστό ότι τα ισοκινητικά χαρακτηριστικά του κάθε αθλήματος αντικατοπτρίζουν το συγκεκριμένο άθλημα (Cisar et al., 1989 Imwold, et al., 1983, Li et al., 1986, Thorland 1987) Συνεπώς είναι λογικό να υποτεθεί ότι συγκεκριμένα μυϊκά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στους αστράγαλο-πελματιαίους και γαστροκνήμιους μύες.

Στην ισοκινητική αξιολόγηση παικτών του baseball σε χαμηλές και υψηλές ταχύτητες, ο Tippet (1986) βρήκε μια σημαντική διμερή διάφορα στη δύναμη της ραχιαίας κάμψης, η οποία ουσιαστικά ήταν αποτέλεσμα του πλευρικού μηχανισμού ρίψης της μπάλας. Αυτό υποστηρίζει τον Fugl-Meyer (1981), ο οποίος διαπίστωσε ότι η ισοκινητικά μέγιστη ροπή της αστράγαλοπελματιαίας κάμψης των νέους αθλητές, που χρειάζονταν δυνατή πελματιαία κάμψη, ήταν σημαντικά υψηλότερη από ότι μη-αθλητών.

4.2.2 ΜΥΟΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ ΑΡΘΡΩΣΗ

Οι βιομηχανικές διαφορές ανάμεσα στο κυρίαρχο και μη-κυρίαρχο άκρο σπάνια έχουν μελετηθεί κατά τη διάρκεια της προσγείωσης με τα δυο πόδια. Οι Niu et al., (2010) αξιολόγησαν την σχέση της πλευρικότητας των άκρων στην κινηματική της ποδοκνημικής, κινητική και ηλεκτρομυογράφημα (EMG), σε δεκαέξι άτομα με πτώσεις από τρία διαφορετικά ύψη (0,32 μ, 0,52 μ και 0,72 μ). Μετρήθηκαν η δύναμη αντίδρασης του εδάφους, η κινηματική της ποδοκνημικής άρθρωσης, και το επιφανειακό EMG του προσθίου

κνημιαίου και του πλευρικού γαστροκνημίου και στα δύο κάτω άκρα. Η κορυφαία γωνιακή ταχύτητα σε ραχιαία κάμψη και η απαγωγή ήταν σημαντικά υψηλότερες στη κυρίαρχη ποδοκνημική άρθρωση, ενώ τα προ και μετά τη προσγείωση ηλεκτρομυογράφηματά του προσθίου κνημιαίου είχαν σημαντικά υψηλότερα πλάτη στο μη-κυρίαρχο άκρο.

Σε σύγκριση με την κυρίαρχη πλευρά, η μη δεσπόζουσα ποδοκνημική άρθρωση έχει ένα πιο αποτελεσματικό προστατευτικό μηχανισμό στο ότι η υπερβολική κίνηση των αρθρώσεων συγκρατείται από τη μεγαλύτερη δραστηριότητα του καμπτήρα μυ. Σε σύγκριση με τη μη-κυρίαρχη πλευρά, η κυρίαρχη ποδοκνημική άρθρωση είναι σε μεγαλύτερο κίνδυνο τραυματισμού κατά τη διάρκεια της προσγείωσης από πτώση, και τα δεδομένα των μετρήσεων στο κυρίαρχο άκρο μπορεί να παράγουν πιο συντηρητικά συμπεράσματα για την προστασία κατά τραυματισμών.

Η μελέτη των Kobayashi, et al., (2010) είχε ως στόχο να εξετάσει τη διμερή ασυμμετρία στην κοινή ροπή κατά τη διάρκεια της άσκησης squat που εκτελούνται από έμπειρους άλτες με τη χρήση κινηματικής και κινητικής ανάλυσης. Δεκαοκτώ άλτες του άλμα εις μήκος συμμετείχαν στη μελέτη αυτή. Έκαναν 3 επαναλήψεις της άσκησης με τα φορτία των 50, 70, και 90% του κατ'ανώτατο όριο τους σε τρεις επανάληψης (3RM).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κορυφή κατακόρυφη και οριζόντια δύναμη αντίδρασης δεν διέφερε μεταξύ των δυο ακρών σε οποιαδήποτε κατάσταση φόρτωσης. Ωστόσο, η μέγιστη γωνία απόκλισης και μέγιστη ροπή του ισχίου έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των άκρων υπό οποιεσδήποτε συνθήκες φόρτισης ($p < 0,05$). Επιπλέον, η μέγιστη ροπή της ποδοκνημικής στο πόδι απογείωσης ήταν μεγαλύτερη από ότι στο πόδι της μη απογείωσης υπό φορτίο 90% σε 3RM. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η από κοινού ροπές μπορεί να είναι διμερώς ασύμμετρες, σε άλτες, κάτι το οποίο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για τη μείωση κίνδυνου τραυματισμού.

Εν κατακλείδι η παρακάτω έρευνα εξετάζει το εύρος της κίνησης της ποδοκνημικής σχετικά με την πλευρικότητα.

Ασυμμετρίες στο εύρος της κίνησης της ποδοκνημικής άρθρωσης (ROM) έχουν αναφερθεί, αλλά το αμέτοχο άκρο χρησιμοποιείται συχνά ως μέτρο αναφοράς στην κλινική πρακτική. Η μελέτη των Ferrario et al., (2007) θέλησε να ποσοτικοποιήσει τις ενδοατομικές ασυμμετρίες στην ραχιαία-πελματιαία κάμψη στο πόδι και το εύρος της κίνησης ποδοκνημική άρθρωσης ROM και σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες κινήσεις στο άλλο πόδι.

30 εθελοντές άντρες, (μέση ηλικία 22,8 χρόνια,) 35 γυναίκες εθελοντές, (μέσης ηλικίας 23,8 χρόνια). Συνολικά, το 20% των γυναικών και το 34% των ανδρών είχαν ασυμμετρίες $> 5^\circ$ στο κύριο πεδίο, και 50% των ατόμων είχαν ασυμμετρίες $> 5^\circ$ στις σχετιζόμενες κινήσεις. Έκριναν ότι σε νεαρούς ενήλικες, οι ατομικά ασυμμετρίες στην ποδοκνημική άρθρωση είναι αρκετά σημαντικές ώστε θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρήση του αμέτοχου άκρου ως σημείο αναφοράς για την κλινική εξέταση.

Ένα εύρημα το οποίο ανάγεται πολύ λογικά και σε πάσης φύσεως αθλητές καθότι όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, έχουν πιο έντονες μυοδυναμικές ασυμμετρίες και πλευρικές επιρροές λόγω προπονητικών ιδιαιτεροτήτων σχετικών με το άθλημα τους.

4.2.3 ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΣΤΙΣ ΚΑΚΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Στους αθλητές οι κακώσεις της ποδοκνημικής μπορούν να χωριστούν σε τρεις γενικές κατηγορίες : τις οξείες κακώσεις, τα χρόνια σύνδρομα και τα σύνδρομα υπέρχρησης ή καταπόνησης. Επιδημιολογικά οι κακώσεις του άκρου πόδα και της ποδοκνημικής μαζί αποτελούν το 31% του συνόλου των αθλητικών κακώσεων. (Boyce et al 2005)

Οι πιο συχνές κακώσεις του άκρου πόδα και της ποδοκνημικής είναι τα διαστρέμματα. Ο όρος «διαστρέμματα» σημαίνει τη διάταση ή ρήξη κάποιου ή κάποιων από τους συνδέσμους που συνδέουν τα οστά γύρω από την άρθρωση της ποδοκνημικής. (Boyce et al 2005) Αποτελούν το 15% όλων των αθλητικών κακώσεων. Στο μπάσκετ αποτελούν το 42% του συνόλου των κακώσεων που συμβαίνουν στους αθλητές.

Ως προς τη θεραπεία των διαστρεμμάτων, τα τελευταία χρόνια, στα μεγαλύτερα κέντρα θεραπείας αθλητικών κακώσεων των κάτω άκρων η αρχική αντιμετώπιση ανεξάρτητα με τη βαρύτητα του διαστρέμματος είναι συντηρητική. Αυτή συνίσταται τις πρώτες μέρες σε ανάπαυση, ψυχρά επιθέματα, ανάρροπη θέση του σκέλους και τοποθέτηση λειτουργικού νάρθηκα. Στη συνέχεια με πρόωμη λειτουργική αποκατάσταση στην οποία δίνεται έμφαση στην ενδυνάμωση των έσω στροφέων με την ποδοκνημική σε πελματιαία κάμψη. Το 90% των αθλητών αποθεραπεύεται πλήρως συντηρητικά. Από το υπόλοιπο 10%, το 2-3% θα παρουσιάσει αστάθεια στην ποδοκνημική ή την υαστραγαλική. Ενώ το στο άλλο 7%

συνυπάρχουν σύνοδες βλάβες όπως τενοντίτιδες και εξάρθρηματα των περνιαίων τενόντων που απλά επιμηκύνουν το χρόνο της αποκατάστασης. (Boyce et al 2005)

Η χρόνια αστάθεια της ποδοκνημικής (Peters et al, 1991) μπορεί να περιγραφεί από τον αθλητή ως επαναλαμβανόμενα επεισόδια μιας άρθρωσης που συστρέφεται εύκολα, δεν έχει μηχανική σταθερότητα και δίνει το αίσθημα της χαλαρότητας. Η αστάθεια της ποδοκνημικής μπορεί να διαπιστωθεί κλινικά και ακτινολογικά με τρεις δοκιμασίες. Το πρόσθιο συρταροειδές, το τεστ ραιβότητας και το τεστ της πλάγιας έξω εισρόφησης (μόνο κλινικό) (Peters et al, 1991). Οι δοκιμασίες πάντοτε θα πρέπει να γίνονται σε συνάρτηση με την αντίστοιχη ποδοκνημική. Στη θεραπεία εδώ, έχει θέση η χειρουργική. Δύο είναι οι κύριες χειρουργικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα : η πρώτη είναι η τροποποιημένη Bronstrom (Pijnenburg et al, 2000) τεχνική στην οποία έχουμε άμεση διόρθωση και συρραφή του πρόσθιου αστραγαλοπερνιαίου και του περνοπερνιαίου και ενίσχυση της της συρραφής με τον έξω καθεκτικό σύνδεσμο ο οποίος ενισχύει τη συρραφή και σταθεροποιεί την άρθρωση. Είναι μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε χορευτές και γυμναστές, οι οποίοι θέλουν πλήρες εύρος κίνησης.

Η τεχνική Chrisman-Snook είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε βαρείς αθλητές, όπως οι παίκτες του αμερικάνικου ποδοσφαίρου και καλαθοσφαιριστές στους οποίους η συνδεσμική σταθερότητα και ενίσχυση της ποδοκνημικής παίζει μεγαλύτερο ρόλο από την ευλυγισία (Hennirkus et al, 1996). Χρησιμοποιείται επίσης σε αθλητές με αδύναμους περνιαίους. Στην τεχνική αυτή το πρόσθιο μισό του βραχέως περνιαίου παρασκευάζεται κι διεκβάλλεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υποκαταστήσει τον πρόσθιο αστραγαλοπερνιαίο και περνοπερνιαίο σύνδεσμο.

Αυτές είναι σε γενικές γραμμές μερικές από τις σημαντικότερες αθλητικές κακώσεις της ποδοκνημικής με μια απλή αναφορά στους τρόπους θεραπείας τους. Κάθε μία από αυτές αποτελεί κλινική οντότητα που χρειάζεται περισσότερη μελέτη και έχει πολλές παραμέτρους.

Η διαρκώς αυξανόμενη επιρροή των διάφορων επιστημών στην αθλητική προπόνηση και η αδιάκοπη βελτίωση τη υλικοτεχνικής υποδομής του εξοπλισμού των αθλητών οδήγησαν στη θεαματική άνοδο των υψηλών επιδόσεων (Willimczik, 1989). Όπως τονίζουν και οι Ferrauti et al., (1997), ακόμα και τα εξαιρετικά σωματικά προσόντα (σωματικό ύψος, μήκος των άνω και κάτω άκρων, κλπ) πολλές φορές δεν επαρκούν για να αντισταθμίσουν αυτή τη βελτίωση. Εξάλλου, οι ερευνητές που στις μελέτες τους ασχολήθηκαν με τη διαχείριση του χρόνου πτήσης της μπάλας στην αντισφαίριση στα διάφορα κτυπήματα, κατά την υποδοχή της εκ μέρους των παικτών, απέδειξαν πως χρονικά διαστήματα διάρκειας μερικών μόνο msec είναι ικανά να διαφοροποιήσουν την ποιότητα των κτυπημάτων σε τέτοιο βαθμό, ώστε να έχουν άμεσο αποτέλεσμα στην έκβαση των αποτελεσμάτων του αγώνα (Chow et al., 1999, Kleinöder, 1997).

Ο αθλητισμός σήμερα και ιδιαίτερα ο πρωταθλητισμός κάθε είδους έχει τεράστιο ανταγωνισμό. Αυτός ο ανταγωνισμός έχει ωθήσει τους αθλητές να προσπαθούν για καλύτερες επιδόσεις με αποτέλεσμα να αυξάνονται και οι κίνδυνοι τραυματισμού. Οι αθλητικές κακώσεις είναι πολυπαραγοντικά φαινόμενα (Meeuwisse, 1994). Σε γενικές γραμμές, υπάρχει ένας διαχωρισμός των παραγόντων κινδύνου σε εγγενείς και εξωγενείς (van Mechelen, 1992).

Το πλευρικό διάστρεμμα της ποδοκνημικής άρθρωσης είναι ένας εξαιρετικά κοινός αθλητικός τραυματισμός του οποίου τα αίτια παραμένουν αρκετά αινιγματικά. Λόγω της υψηλής συχνότητας των τραυματισμών, όχι μόνο σε επαγγελματικό επίπεδο αθλητισμό, είναι σαφές ότι οι αναλύσεις των παραγόντων κινδύνου για αθλητικές κακώσεις, είναι προϋπόθεση για την ανάπτυξη προγραμμάτων πρόληψης (Junge, 2000). Οι Beynnon et al., (2002) αποκάλυψαν ότι οι έρευνες για τους εξωγενείς παράγοντες κινδύνου για τα διαστρέμματα της ποδοκνημικής άρθρωσης συγκλίνουν και οι Willems et al., (2005) έκαναν μια σημαντική έρευνα η οποία ανέδειξε αυτούς τους ενδογενείς παράγοντες. Η μελέτη έδειξε ότι οι παράγοντες κινδύνου που προδιαθέτουν άρρενες αθλητές για τραυματισμό στη ποδοκνημική άρθρωση είναι η αργή ταχύτητα, η μειωμένη καρδιοαναπνευστική αντοχή, η χαμηλή γενική ισορροπία ο χαμηλότερος συντονισμού των κινήσεων, το μειωμένη εύρος της

κίνησης των μυών, και ο μειωμένο χρόνο αντίδρασης του πρόσθιου κνημιαίου και του γαστροκνημίου μυ.

Σε αυτή τη βιβλιογραφική εργασία ο σκοπός ήταν να αποδειχθεί εν μέρει τουλάχιστον εάν αυτοί οι τραυματισμοί σχετίζονται με την έμφυτη πλευρική αλλία και τις πλέον αναγνωρισμένες μυοδυναμικές ασυμμετρίες που υπάρχουν σε όλους τους αθλητές και να αναλυθεί και η δική τους σχέση.

Αρχίζοντας από την ίδια τη ποδοκνημική άρθρωση είναι προφανές ότι είναι ένα πολύπλοκο σύστημα οστών και μυών το οποίο αναλαμβάνει να στηρίξει το σώμα σε κάθε του κίνηση όσο ακραία και αν είναι αυτή (Levangie and Norkin 2001, Δούκας, 1979, Chao and Cahalan, 1990).

Ένα καλό επίπεδο ευκαμψίας είναι απαραίτητο στους αθλητές συνεισφέρει στην εκτέλεση ειδικών κινήσεων από βιοκινητικής πλευράς (Van Gyn, 1986). Ακόμη, ο Μανδρούκας (1990) και ο Ζάκας (2003), διαπίστωσαν ότι η καλή ευκαμψία των αρθρώσεων επηρεάζει θετικά την κινητική δεξιότητα, το συντονισμό των κινήσεων, τη μυϊκή αίσθηση και την ικανότητα απόδοσης, δίνοντας τη δυνατότητα για την εφαρμογή μέγιστων δυνάμεων σε όλο το κινητικό εύρος της άρθρωσης. Αντίθετα, οι αρθρώσεις με περιορισμένο εύρος κίνησης προκαλούν μυϊκές εντάσεις και αδυναμία χαλάρωσης των ανταγωνιστών μυών (Wilson et al, 1991a), ενώ η περιορισμένη λειτουργική ικανότητα των βραχέων ανταγωνιστών μυών τους μειώνει τη δυνατότητα αποθήκευσης της ελαστικής ενέργειας κατά την προδιάταση (Wilson, Wood & Elliot, 1991b).

Η πλευρική κυριαρχία και οι ανατομικές και λειτουργικές ασυμμετρίες των άκρων, είναι αντικείμενο μελέτης ενός μεγάλου αριθμού ερευνών στη Φυσιολογία και τη Φυσικοθεραπεία. Έτσι, για παράδειγμα, οι Kovalski, et al., (1997) ερεύνησαν την ισομετρική δύναμη των κάτω άκρων στο Cybex σε σχέση με την πλευρική κυριαρχία, ενώ οι Beling, et al., (1998) ασχολήθηκαν με δοκιμασίες για τον προσδιορισμό της κυρίαρχης πλευράς των κάτω άκρων σε όρθια και καθιστή στάση, σε αδρές και λεπτές δεξιότητες, σε πληθυσμούς ατόμων που υποβάλλονταν σε ορθοπεδική και φυσιοθεραπευτική αγωγή. Εξετάζοντας την πλευρική προτίμηση στα άκρα, οι ερευνητές διαχωρίζουν τους δοκιμαζόμενους των διαβαθμίζοντάς τους σε «τελείως» ή «εν μέρει» δεξιόχειρες, αριστερόχειρες και αμφιδέξιους (Elias et al., 1998, Fischer, 1992). Στην ξενόγλωσση βιβλιογραφία (Hardyck & Petrinovich, 1977, Reiss & Reiss, 2000), δύο μέθοδοι συναντώνται

που περιγράφουν την αξιολόγηση της προτίμησης του ποδιού, η ποιοτική και η ποσοτική.

Λιγότερο από τις άλλες μορφές της πλευρικότητας ερευνήθηκε και αξιολογήθηκε η πλευρικότητα στρέψεως, αν και η σημασία της για την αθλητική πράξη θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, και από ότι διαφαίνεται από σχετικές έρευνες παίζει μείζονα ρόλο σε πολλά αθλήματα. Παραδείγματα τέτοιων κινήσεων και αθλημάτων αποτελούν οι πιρουέτες στην καλλιτεχνική παγοδρομία, ο δίσκος, η σφύρα και η σφαίρα στο στίβο, καθώς και ο αθλητισμός, και ειδικότερα η Αντισφαίριση για άτομα με ειδικές ανάγκες σε τροχήλατη αναπηρική καρέκλα, ενώ παραδείγματα ενός συνδυασμού αλμάτων και της πλευρικότητας στρέψεως γύρω από διαφορετικούς άξονες του ανθρώπινου σώματος συναντώνται στη ρυθμική αγωνιστική γυμναστική, στην ενόργανη γυμναστική, στις καταδύσεις από βατήρα, στο τραμπολίνο, στα ακροβατικά άλματα, στο σκι κλπ. (Oberbeck, 1989). Ανάλογα φαινόμενα πλευρικότητας στρέψεως παρατηρήθηκαν και μελετήθηκαν από τον Weineck, (1992) στο ποδόσφαιρο. Ενδιαφέρον προκαλεί ο προβληματισμός αν οι συνθήκες στην πλευρικότητα είναι διαφορετικές στον πληθυσμό των αθλητών υψηλών επιδόσεων απ' ότι στον υπόλοιπο πληθυσμό ή, απλά, αν διαφέρει ο τρόπος κατανομής τους αυτούς (Spry, Zebas & Visser, 1993).

Υπάρχουν πολλές μελέτες για την πλευρική κυριαρχία σε διάφορα αθλήματα με κυρίαρχα το ποδόσφαιρο (Capranica et al., 1992) την Πετοσφαίριση (Γατσης, 2003) και την αντισφαίριση (Oberbeck, 1989) καθότι πιο δημοφιλή. Οι απόψεις δεν συγκλίνουν τελείως αλλά συμφωνούν σε ότι υπάρχει μια διαφορά απόδοσης αλλά όχι στο ποσό μεγάλη είναι (Kramer et al., 1990).

Στις μυοδυναμικές ασυμμετρίες μεταξύ των δύο άκρων ή μεταξύ αγωνιστικών-ανταγωνιστικών μυϊκών ομάδων έχουν αναφερθεί έρευνες σε αθλήματα με ασύμμετρα κινητικά μοτίβα, όπως το ποδόσφαιρο (Arnason et al., 2004, Dauty et al., 2003) και βόλεϊ (Markou and Vagenas, 2006) καθώς και σε αθλήματα με συμμετρικά κινητικά μοτίβα όπως το τρέξιμο (Vagenas and Hoshizaki, 1991, 1992) και η ποδηλασία (Smak et al, 1999).

Κλινικά, μια διμερής σύγκριση γίνεται ανάμεσα στα άκρα με την υπόθεση ότι τα άκρα είναι συμμετρικά. Υποθέτοντας προ-τραυματισμού συμμετρία ή ασυμμετρία όταν υπάρχει το αντίθετο, θέτει λανθασμένες λειτουργικές κριτήρια διάγνωσης. Στην έρευνα, υποθέτοντας διμερή συμμετρία υπάρχει απλούστερη μεθοδολογική προσέγγιση, αλλά τα δεδομένα μπορεί να παρερμηνευτούν αν υπάρχει ασυμμετρία.

Στο ποδόσφαιρο, οι ασυμμετρίες δύναμης έχουν εμπλακεί σε τραυματισμούς στα κάτω άκρα (Tsepis et al, 2004, 2006), καθώς η μυϊκή δύναμη είναι ζωτικής σημασίας για τις επιδόσεις και την πρόληψη των τραυματισμών (Bangsbo, 1994).

Όμως, υπάρχει ειδοποιός διαφορά και στη φυσιολογία, σε δεξιόχειρες το αριστερό πόδι έχει την τάση να είναι το μακρύτερο και βαρύτερο, σύμφωνα με το ρόλο του ως ποδιού στήριξης. Στους αριστερόχειρες, οι ανατομικές ασυμμετρίες τείνουν να είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση, και οι λειτουργικές προτιμήσεις είναι κάπως λιγότερο αποσαφηνισμένες (Peters, 1988).

Η συγκριτική μελέτη των So et al., (1994) στα ισοκινητικά χαρακτηριστικά της ποδοκνημικής άρθρωσης (πελματιαία κάμψη-και ραχιαία κάμψη) αθλητές και μη, δεν έδειξε μόνο τη διαφοροποίηση μεταξύ τους, αλλά και πλευρικές ανισότητες μεταξύ των αθλημάτων. Είναι πλέον γνωστό ότι τα ισοκινητικά χαρακτηριστικά του κάθε αθλήματος αντικατοπτρίζουν το συγκεκριμένο άθλημα (Cisar et al., 1987, Gerard et al., 1986, Imwold, et al., 1983, Li et al., 1986, Thorland 1987). Συνεπώς είναι λογικό να υποτεθεί ότι συγκεκριμένα μυϊκά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στους αστράγαλο-πελματιαίους και γαστροκνήμιους μύες της ποδοκνημικής.

Η μελέτη των Ferrario et al., (2007) κατέδειξε ότι σε νεαρούς ενήλικες, οι ατομικά ασυμμετρίες στην ποδοκνημική άρθρωση είναι αρκετά σημαντικές ώστε θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρήση του αμέτοχου άκρου ως σημείο αναφοράς για την κλινική εξέταση. Ένα εύρημα το οποίο ανάγεται πολύ λογικά και σε πάσης φύσεως αθλητές καθότι όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, έχουν πιο έντονες μυοδυναμικές ασυμμετρίες και πλευρικές επιρροές λόγω προπονητικών ιδιαιτεροτήτων σχετικών με το άθλημα τους.

Καταλήγοντας και πάλι στους Willem, et al., (2005) και με βάση τα ευρήματά τους, η ταχύτητα κυκλοφορίας, η καρδιοαναπνευστική αντοχή, η ισορροπία, η δύναμη της ραχιαίας κάμψης, ο συντονισμός, η αντίδραση των μυών, και το εύρος της ραχιαία κάμψη της κίνησης στον αστράγαλο συνδέονται με τον κίνδυνο του διαστρέμματος αστραγάλου στους αθλητές. Από όλα τα προαναφερθέντα συμπεραίνεται ότι η πλευρικότητα και οι μυοδυναμικές ασυμμετρίες επηρεάζουν σημαντικά όλες τις πτυχές των αθλημάτων και της φυσικής κατάστασης και αντίδρασης ενός αθλητή, επομένως και τη χρήση της ποδοκνημικής άρθρωσης και των μυών που την περιβάλλουν (So et al., 1994, Ferrario et al., 2007).

Έχει αρχίσει να γίνεται κατανοητό αυτό και αλλάζουν τα προπονητικά προγράμματα ανάλογα, για την πρόληψη τραυματισμών στην ποδοκνημική (Chin et al., 1994, Ergun et al., 2004, Masuda et al., 2005, McLean and Tumilty, 1993, Fousekis, Tsepis και Vagenas, 2010b).

Συμπερασματικά η βιβλιογραφική αυτή έρευνα έδειξε τα εξής:

- Οι αθλητικές κακώσεις είναι πολυπαραγοντικά φαινόμενα (Meeuwisse, 1994). Σε γενικές γραμμές, υπάρχει ένας διαχωρισμός των παραγόντων κινδύνου σε εγγενείς και εξωγενείς (van Mechelen, 1992).
- Λόγω της υψηλής συχνότητας των τραυματισμών, όχι μόνο σε επαγγελματικό επίπεδο αθλητισμό, είναι σαφές ότι οι αναλύσεις των παραγόντων κινδύνου για αθλητικές κακώσεις, είναι προϋπόθεση για την ανάπτυξη προγραμμάτων πρόληψης (Junge, 2000).
- Η μελέτη των Willems et al., (2005) έδειξε ότι οι παράγοντες κινδύνου που προδιαθέτουν άρρενες αθλητές για τραυματισμό στη ποδοκνημική άρθρωση είναι η αργή ταχύτητα, η μειωμένη καρδιοαναπνευστική αντοχή, η χαμηλή γενική ισορροπία ο χαμηλότερος συντονισμού των κινήσεων, το μειωμένο εύρος της κίνησης των μυών, και ο μειωμένο χρόνο αντίδρασης του πρόσθιου κνημιαίου και του γαστροκνημίου μυ.
- Ένα καλό επίπεδο ευκαμψίας είναι απαραίτητο στους αθλητές συνεισφέρει στην εκτέλεση ειδικών κινήσεων από βιοκινητικής πλευράς (Van Gyn, 1986).
- Αντίθετα, οι αρθρώσεις με περιορισμένο εύρος κίνησης, προκαλούν μυϊκές εντάσεις και αδυναμία χαλάρωσης των ανταγωνιστών μυών (Wilson et al, 1991a), ενώ η περιορισμένη λειτουργική ικανότητα των βραχέων ανταγωνιστών μυών τους μειώνει τη δυνατότητα αποθήκευσης της ελαστικής ενέργειας κατά την προδιάταση (Wilson, Wood & Elliot, 1991b).
- Η πλευρική κυριαρχία και οι ανατομικές και λειτουργικές ασυμμετρίες των άκρων, είναι αντικείμενο μελέτης ενός μεγάλου αριθμού ερευνών στη Φυσιολογία και τη Φυσικοθεραπεία. Στην ξενόγλωσση βιβλιογραφία (Hardyck & Petrinovich,

1977, Reiss & Reiss, 2000), δύο μέθοδοι συναντώνται που περιγράφουν την αξιολόγηση της προτίμησης του ποδιού, η ποιοτική και η ποσοτική.

- Λιγότερο από τις άλλες μορφές της πλευρικότητας ερευνήθηκε και αξιολογήθηκε η πλευρικότητα στρέψεως, αν και η σημασία της για την αθλητική πράξη θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, και από ότι διαφαίνεται από σχετικές έρευνες παίζει μείζονα ρόλο σε πολλά αθλήματα (Oberbeck, 1989).
- Υπάρχουν πολλές μελέτες για την πλευρική κυριαρχία σε διάφορα αθλήματα με κυρίαρχα το ποδόσφαιρο (Carpanica et al., 1992) την Πετοσφαίριση (Γατσής, 2003) και την αντισφαίριση (Oberbeck, 1989) καθότι πιο δημοφιλή. Οι απόψεις δεν συγκλίνουν τελείως αλλά συμφωνούν στο ότι υπάρχει μια διαφορά απόδοσης αλλά όχι στο ποσό μεγάλη είναι (Kramer et al., 1990).
- Στις μυοδυναμικές ασυμμετρίες μεταξύ των δύο άκρων ή μεταξύ αγωνιστικών-ανταγωνιστικών μυϊκών ομάδων έχουν αναφερθεί έρευνες σε αθλήματα με ασύμμετρα κινητικά μοτίβα, όπως το ποδόσφαιρο (Arnason et al., 2004, Dauty et al., 2003) και βόλεϊ (Markou and Vagenas, 2006) καθώς και σε αθλήματα με συμμετρικά κινητικά μοτίβα όπως το τρέξιμο (Vagenas and Hoshizaki, 1991, 1992) και η ποδηλασία (Smak et al, 1999).
- Η συγκριτική μελέτη των So et al., (1994) στα ισοκινητικά χαρακτηριστικά της ποδοκνημικής άρθρωσης (πελματιαία κάμψη-και ραχιαία κάμψη) αθλητές και μη, δεν έδειξε μόνο τη διαφοροποίηση μεταξύ τους, αλλά και πλευρικές ανισότητες μεταξύ των αθλημάτων.
- Τα ισοκινητικά χαρακτηριστικά του κάθε αθλήματος αντικατοπτρίζουν το συγκεκριμένο άθλημα (Cisar et al., 1987, Gelard et al., 1986, Imwold, et al., 1983, Li et al., 1986, Thorland 1987).
- Η μελέτη των Ferrario et al., (2007) κατέδειξε ότι, οι ατομικά ασυμμετρίες στην ποδοκνημική άρθρωση είναι αρκετά σημαντικές ώστε θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρήση του αμέτοχου άκρου ως σημείο αναφοράς για την κλινική

εξέταση. Ένα εύρημα το οποίο ανάγεται πολύ λογικά και σε πάσης φύσεως αθλητές καθότι όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, έχουν πιο έντονες μυοδυναμικές ασυμμετρίες και πλευρικές επιρροές λόγω προπονητικών ιδιαιτεροτήτων σχετικών με το άθλημα τους.

- Από όλα τα προαναφερθέντα συμπεραίνεται ότι η πλευρικότητα και οι μυοδυναμικές ασυμμετρίες επηρεάζουν σημαντικά όλες τις πτυχές των αθλημάτων και της φυσικής κατάστασης και αντίδρασης ενός αθλητή, επομένως και τη χρήση της ποδοκνημικής άρθρωσης και των μυών που την περιβάλλουν (So et al., 1994, Ferrario et al., 2007).

Adelaar, R.S., (1986) The practical biomechanics of running. *Am J Sports Med.*, 14(6): p. 497-500.

Amato, M., Lemoine, F., Gonzales, J., Schmidt, C., Afriat, P. and Bernard, P.L. (2001) Influence of age and physical activity on isokinetic characteristics of hamstrings and quadriceps muscles of young gymnasts and soccer players. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique* 44, 581-590.

Annett, M. (1996). Atypical cerebral dominance: predictions and tests of the right shift theory. *Neuropsychologia*, 34, 1215-1227.

Arnason, A., Sigurdsson, S.B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L. and Bahr, R. (2004) Risk factors for injuries in football. *American Journal of Sports Medicine* 32 (Suppl. 1), 5S-16S

Attarian, D.E., et al., 1985. A biomechanical study of human lateral ankle ligaments and autogenous reconstructive grafts. *Am J Sports Med*, 13(6): p. 377-81.

Bale, P. & Scholes, S. (1986). Lateral dominance and basketball performance. *Journal of Human Movement Studies*, 12, 145 – 151.

Bangsbo, J. (1994) The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 15(619), 1-156.

Barnett, C.H. and J.R. Napier, (1952) The axis of rotation at the ankle joint in man; its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. *J Anat*, 86(1): p. 1-9.

Bartlett, R. (2007) *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns* (2nd edition), London, Routledge

Baumhauer, J.F., et al., (1995). A prospective study of ankle injury risk factors. *Am J Sports Med*, 1995. 23(5): p. 564-70.

- Beling, J., Wolfe, G. A., Allen, K. A. & Boyle, J. M. (1998). Lower extremity preference during gross and fine motor skills performed in sitting and standing postures. *The Journal of Orthopaedic and sports physical therapy*, 6, 400 – 404.
- Bell, J. & Gabbard, C. (2000). Foot preference changes through adulthood. *Laterality*, 5, 63-69.
- Beynon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. *J Athl Train*. 2002;37:376-380
- Bisiacchi, P. S., Ripoll, H., Stein, J. F., Simonet, P. & Azemar, G. (1985). Left-handedness in fencers: an attentional advantage? *Perceptual and motor skills*, 62, 507 – 513.
- Bös, W., Fichte, R. B., Frick, U., Schmidtbleicher, D. & Sturtz, R. (1994). Entwicklung und Erprobung eines Schnelligkeitstests für Tennisspieler. *Leistungssport*, 24, 15 – 20.
- Boyce SH, Quigley MA, Campbell S (2005): Management of ankle sprains: a randomised controlled trial of the treatment of inversion injuries using an elastic support bandage or an Aircast ankle brace. *Br J Sports Med*, 39:91-96.
- Bryden M.P., Roy E.A., McManus I.C., & Bulman-Flemming M.B. (1997). On the genetics and measurement of human handedness. *Laterality*, 2, 317-336.
- Bulucu, C., et al., (1991) Biomechanical evaluation of the anterior drawer test: the contribution of the lateral ankle ligaments. *Foot Ankle*, 11(6): p. 389-93.
- Burdett, R. G., R. Habasevich, et al. (1985). "Biomechanical comparison of rising from two types of chairs." *Phys Ther* 65(8): 1177-83.
- Burns, W.C., 2nd, et al., (1993) Tibiotalar joint dynamics: indications for the syndesmotomic screw--a cadaver study. *Foot Ankle*,. 14(3): p. 153-8.
- Capranica, I., Cama, G., Fanton, F., Tessitore, A., & Figura, F. (1992). Force and power of preferred and non-preferred leg in young soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32, 358 – 363.
- Carey, D.P., et al., (2001) Footedness in world soccer: an analysis of France '98. *J Sports Sci*,. 19(11): p. 855-64.

Cass, J.R. and H. Settles, (1994) Ankle instability: in vitro kinematics in response to axial load. *Foot Ankle Int*, 15(3): p. 134-40.

Cavagna, G.A., & Kaneko, M. (1977). Mechanical work and efficiency in level walking and running. *Journal of Physiology*, 268, 467-481.

Cavanagh PR, La fortune MA. (1980) Ground reaction forces in distance running. *J Biomech* ; 13:397-406.

Cawley, P.W. and E.P. France, (1991) Biomechanics of the lateral ligaments of the ankle: an evaluation of the effects of axial load and single plane motions on ligament strain patterns. *Foot Ankle*, 12(2): p. 92-9.

Chao, E.Y.S., Cahalan T. D., Chapter 3: "Kinematics and Kinetics of Normal Gait", Gary L. Smidt "Clinics in Physical Therapy, Gait in Rehabilitation", Churchill Livingstone, 1990

Chapman, J. P., Chapman, L. J., & Allen, J. J. (1987). The measurement of foot preference. *Neuropsychologia*, 25, 579-584.

Chin, M.K., So, R., Yuan, Y., Li, R., & Wong, A. (1994). Cardiorespiratory fitness and isokinetic muscle strength of elite Asian junior soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34, 250-257.

Cisar CJ, Johnson GO, Fry AC, Housh TJ, Hughes AJ, Ryan AJ, Thorland WG. (1987). Preseason body composition, build, as predictors of high school wrestling success. *Journal of Applied Sport Science Research*; 1: 66-70.

Cisar, C.J., et al., (1989). Validity of anthropometric equations for determination of changes in body composition in adult males during training. *J Sports Med Phys Fitness*, 29(2): p. 141-8.

Close, J.R., (1956) Some applications of the functional anatomy of the ankle joint. *J Bone Joint Surg Am*, 38-A(4): p. 761-81.

Croisier, J.L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M. and Ferret, J.M. (2008) Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine* 36, 1469-1475.

Daly, D. and Cavanaugh, P. R. (1976) Asymmetry in bicycle ergometer pedaling. *Medicine and Science in Sports and Exercise.*, 8(3):204-209.

Dauty M., M. Potiron-Josse, P. Rochcongar. (2003) Consequences and prediction of hamstring muscle injury with concentric and eccentric isokinetic parameters in elite soccer players. *Ann Readapt Med Phys.* 46:(9) 601-6.

Davis, WH, Sobel, M, et al (1996) Histological and microvascular anatomy and biomechanical testing of the spring ligament complex.

Earll, M., et al., (1996).Contribution of the deltoid ligament to ankle joint contact characteristics: a cadaver study. *Foot Ankle Int.*, 17(6): p. 317-24.

Elias, L, J., Bryden, M. P. & Bulman-Fleming, M. B. (1998). Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralisation. *Neuropsychologia*, 36, 37 – 43.

Ergun, M., Islegen, C. and Taskiran, E. (2004) A cross-sectional analysis of sagittal knee laxity and isokinetic muscle strength in soccer players. *International Journal of Sports Medicine* 25, 594-598.

Ferrario VF, Turci M, Lovecchio N, Shirai YF, Sforza C.(2007) Asymmetry of the active nonweightbearing foot and ankle range of motion for dorsiflexion-plantar flexion and its coupled movements in adults. First published online: 21 JUN DOI: 10.1002/ca.20512 *Clin. Anat.* 20:834–842, 2007.

Ferrauti, A. & Fust, C. (1997). Relevance, diagnosis and training of the tennis-specific running speed. In Born, Hölting, Weber, (Eds.), *Beiträge zur Theorie und Praxis des Tennisunterrichts und –trainings* (pp. 99 – 113). Hamburg/D: Czwalina.

Fischer, K. (1992). Lateralität und Motorik. *Motorik*, 3, 122 – 134.

Fousekis Ä, H. Tsepis, G. Vagenas (2010a). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science and Medicine* 9, 364 – 373

Fousekis Ä, H. Tsepis, G. Vagenas (2010b). Multivariate strength asymmetries of the knee and ankle joint in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 50(4):465-74.

Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. (2010) Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. Dec;50(4):465-74.

Friberg, O. & Kvist, M. (1988). Factors determining the preference of take-off leg in jumping. *International Journal of Sports Medicine*, 9, 349 – 352.

Fugl-Meyer AR. (1981) Maximum isokinetic ankle plantar and dorsal flexion torques in trained subjects. *Eur J Appl Physiol*; 47: 393-404.

Fugl-Meyer, A.R.,(1981) Maximum isokinetic ankle plantar and dorsal flexion torques in trained subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 47(4): p. 393-404.

Fust, C., Ferrauti, A., Hufnagel, S. & Weber, K. (1997). Möglichkeiten und Grenzen der Schnelligkeitsdiagnostik mittels eines tennisspezifischen Testverfahrens. In Born, Hölting, Weber, (Eds.), *Beiträge zur Theorie und Praxis des Tennisunterrichts und –trainings* (pp. 87 – 98). Hamburg/D: Czwalina.

Gabbard, C. (1996). A question of foot dominance. *The Journal of General Psychology*, 123, 289 – 296.

Gabbard, C. (1998). Considering handedness in studies involving manual control. *Motor control*, 2, 81 – 86.

Gerard ES, Caizzo VJ, Rubin BD, Prietto CA, Davidson DM. (1986) Skeletal muscle profile among elite long, middle, and short distance swimmers. *Am J Sports Med* ; 14: 77-82.

Gerodimos, V., Mandou, V., Zafeiridis, A., Ioakimidis, P., Stavropoulos, N. and Kellis, S. (2003) Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratios in young basketball players. Effects of age, velocity and contraction mode. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 43, 444-452.

Greenwald, A.S. and Matejczyk M.B., (1977) Pathomechanics of the human ankle joint [proceedings]. *Bull Hosp Joint Dis*, . 38(2): p. 105-6.

Grouios & Tzorbatzoudis, (1998). Manual asymmetry indiscrimination and hand preference effects. *Journal of Human Movements Studies*, 34, 255

Grouios, G., Kollias, N., Koidou, I., & Poderi, A. (2002). Excess of mixed-footedness among professional soccer players. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 695-699.

Grouios, G., Kollias, N., Tsorbatzoudis, H., & Alexandris, K. (2002). Overrepresentation of mixed-footedness among professional and semiprofessional soccer players: An innate superiority or a strategic advantage? *Journal of Human Movement Studies*, 42, 19-29.

Grouios, G., Tsorbatzoudis, H., Alexandris, K., & Barkoukis, V. (2000). Do left-handed competitors have an innate superiority in sports? *Perceptual and Motor Skill*, 90, 1273-1282.

Gur, H., Akova, B., Punduk, Z. and Kucucoglu, S. (1999) Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 9, 81-87.

Haaland, E. & Hoff, J. (2003). Non-dominant leg training improves the bilateral motor performance of soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13, 179-184.

Hamilton N., Luttgens K. (2003). *Κινησιολογία*. Εκδόσεις Παρισιάνου, Αθήνα.

Harding, J. J., R. S. Harding, et al. (1989). "Risk factors for cataract in Oxfordshire: diabetes, peripheral neuropathy, myopia, glaucoma and diarrhoea." *Acta Ophthalmologica* 67(5): 510-517.

Hardt, J., N. Benjanuvatra, and B. Blanksby, (2009). Do footedness and strength asymmetry relate to the dominant stance in swimming track start? *J Sports Sci*, 27(11): p. 1221-7.

Hardyck, C. & Petrinovich, L.F. (1977). Left-handedness. *Psychological Bulletin*, 84, 385-404.

Harper, M.C.,(1991) The lateral ligamentous support of the subtalar joint. *Foot Ankle*, 1991. 11(6): p. 354-8.

Hennirkus, WL et al Outcomes of the Chrisman-Snock & Modified-Bronstrom procedures for chronic lateral ankle instability. *Am J of sports Med* 1996 400-4.

Hicks, J.H., (1953) The mechanics of the foot. I. The joints. *J Anat*, 87(4): p. 345-57.

Hintermann, B., B. M. Nigg, et al. (1994). "Foot movement and tendon excursion: an in vitro study." *Foot Ankle Int* 15(7): 386-95.

Holtzen, D. W. (2000). Handedness and professional Tennis. *International Journal of Neuroscience*, 4, 101 – 119.

Hotz, A. (1990). Was zum Teufel spricht eigentlich gegen die bilaterale Ausbildung? *Tennissport*, 3, 8 – 11.

Imwold CH, Rider RA, Haymes EM, Green KD. (1983). Isokinetic torque differences between college female varsity basketball and track athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1983; 23: 67-73.

Inman VT (1976) *The Joints of the Ankle*. Williams and Wilkins.

Iteya, M. & Gabbard, C. (1996). Laterality patterns and visual-motor coordination of children. *Perceptual and motor skills*, 83, 31 – 34.

Iteya, M., Gabbard, C. & Okada, M. (1995). Lower-limb speed and foot preference in children. *Perceptual and motor skills*, 81, 1115 – 1118.

Johansson C, Lorentzon R, Fugl-Meyer AR. Isokinetic muscular performance of the quadriceps in elite ice hockey players. *Am J Sports Med* 1989; 17: 30-4.

Junge A. (2000) The influence of psychological factors on sports injuries: review of the literature. *Am J Sports Med.*;28:S10-S15.

Kauranen, K. & Vanharanta, H. (1996). Influence of ageing, gender and handedness on motor performance of upper and lower extremities. *Perceptual and motor skills*, 82, 515 – 525.

Kibler, W. B., Chandler, T. J., Livingston, B. P. & Roetert, E. P. (1996). Shoulder range of motion in elite tennis players. Effect of age and years of tournament play. *American Journal of Sports Medicine*, 3, 279 – 285.

Kiryama K., Warabi T. et al (2004) Progression of human body sway during successive walking studied by recording sole/floor reaction forces, *Neurosci. Lett.*359 (130-132).

Kiryama K., Warabi T. et al (2005) Medial-lateral balance during stance phase of straight and circular walking of human subjects, *Neurosci. Lett* 388 (91-95).

Kjaersgaard-Andersen, P., et al.,(1989) Stabilizing effect of the tibiocalcaneal fascicle of the deltoid ligament on hindfoot joint movements: an experimental study. *Foot Ankle*, 1989. 10(1): p. 30-5.

Kleinöder, H. (1997). *Quantitative Analysen von Schlagtechniken im Tennis: Unpublizierte Dissertation*, Köln.

Kobayashi, Y ,et al., (2010). Bilateral Asymmetry in Joint Torque During Squat Exercise Performed by Long Jumpers. *Journal of Strength & Conditioning Research*: October - V 24 - I10 - pp 2826-2830 doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c64387

Kovaleski, J. E., Heitman, R. J., Gurchiek, L. R., Erdmann, J. W. & Trundle, T. L. (1997). Reliability and effects of leg dominance on lower extremity isokinetic force and work using the Closed Chain Rider System. *Journal of sport rehabilitation*, 4, 319 – 326.

Krahl, H., Michaelis, U., Pieper, H. G., Quack, G. & Montag, M. (1994). Stimulation of bone growth through sports. A radiologic investigation of the upper extremities in professional tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*, 2, 751 – 757.

Kramer, J. & Balsor, B. (1990). Lower extremity preference and knee extensor torques in intercollegiate soccer players. *Canadian Journal of Sport Science*, 3, 180 – 184.

Le Gall, F., Carling, C., Reilly, T., Vandewalle, H., Church, J. and Rochcongar, P. (2006) Incidence of injuries in elite French youth soccer players: a 10-season study. *American Journal of Sports Medicine* 34, 928-938

Levangie P.K., Norkin, C.C., (2001) "Joint Structure and Function", Third Edition, F.A. Davis Company,

Li G, Chen X, Chiang W.(1986). Isokinetic assessment of the quadriceps and hamstring of the elite Chinese athlete. *Annual Scientific Report*. Beijing, China: The National Research Institute of Sports Science of China,

Lucca, J. A. and Kline, K. K. (1989).Effects of upper and lower limb preference on torque production in the knee flexors and extensors. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 11(5):202-207.

Lundberg, A. (1989). "Kinematics of the ankle and foot. In vivo roentgen stereophotogrammetry." *Acta Orthop Scand Suppl* 233: 1-24.

Lundberg, A., I. Goldie, et al. (1989). "Kinematics of the ankle/foot complex: plantarflexion and dorsiflexion." *Foot Ankle* 9(4): 194-200.

Lundberg, A., O. K. Svensson, et al. (1989). "Kinematics of the ankle/foot complex--Part 2: Pronation and supination." *Foot Ankle* 9(5): 248-53.

Lundberg, A., O. K. Svensson, et al. (1989). "Kinematics of the ankle/foot complex--Part 3: Influence of leg rotation." *Foot Ankle* 9(6): 304-9.

Lysens R, Steverlynck A, van den Auweele Y, et al. (1984). The predictability of sports injuries. *Sports Med.*;1:6-10.

Mangine, R. E., Noyes, F. R., Mullen, M. P., and Barber, S. D. (1990). A physiological profile of the elite soccer athlete. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.*, 12(4):147-152.

Mann RA, Coughlin MJ, editors. (1993) *Surgery of the foot and ankle*. 6th ed, vol 1. St. Louis: Mosby.

Mann, R. A. (1982). "Biomechanics of the foot." *Instr Course Lect* 31: 167-80.

Manter, J. T. (1941), Movements of the subtalar and transverse tarsal joints. *Anat. Rec.*, 80: 397–410. doi: 10.1002/ar.1090800402

Markou S, Vagenas G. (2006). Multivariate isokinetic asymmetry of the knee and shoulder in elite volleyball players. *European Journal of Sport Science*, 1536-7290, Volume 6, Issue 1, 2006, Pages 71 – 80

Masuda, K., Kikuhara, N., Demura, S., Katsuta, S. and Yamanaka, K. (2005) Relationship between muscle strength in various isokinetic movements and kick performance among soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 45, 44-52.

Maupas, E., Paysant, J., Martinet, N. & André, J. M. (1999). Asymmetric leg activity in healthy subjects during walking, detected by electrogoniometry. *Clinical Biomechanics*, 14, 403 – 411.

McKay GD, Goldie PA, Payne WR, et al. (2001) Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *Br J Sports Med.*;35:103-108.

McLean, B. & Tumilty, D. (1993). Left-right asymmetry in two types of soccer kick. *British Journal of Sports Medicine*, 27, 260 – 262.

Meeuwisse WH.(1994) Assessing causation in sport injury: a multifactorial model. *Clin J Sport Med.*;4:166-170.

Meislin, R. J. (1996) Managing collateral ligament tears of the knee. *Physician and Sportsmedicine.*, 24(3):56-66.

Menzel, N. N. and M. E. Robinson (2006). "Back Pain in Direct Patient Care Providers: Early Intervention with Cognitive Behavioral Therapy." *Pain management nursing : official journal of the American Society of Pain Management Nurses* 7(2): 53-63.

Michelson, J.D. and S.L. Helgemo, Jr., (1995). Kinematics of the axially loaded ankle. *Foot Ankle Int.*, 16(9): p. 577-82.

Michelson, J.D., H.J. Clarke, and R.H. Jinnah, 1990. The effect of loading on tibiotalar alignment in cadaver ankles. *Foot Ankle.*, 10(5): p. 280-4.

Morton, D. J. (1935) *The human foot*. Columbia University Press, New York.

Murray, M.P., A.B. Drought, and R.C. Kory, (1964) *Walking Patterns of Normal Men*. *J Bone Joint Surg Am*, 46: p. 335-60.

Nigg, B.M., et al., (1990) Elongation and forces of ankle ligaments in a physiological range of motion. *Foot Ankle*, 1990. 11(1): p. 30-40.

Niu W, Wang Y, He Y, Fan Y, Zhao Q (2010). Kinematics, kinetics, and electromyogram of ankle during drop landing: A comparison between dominant and non-dominant limb. doi:10.1016/j.humov.2010.10.010

Oberbeck, H. (1989). *Seitigkeitsphänomene und Seitigkeitstypologie im Sport*. Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 68, 128 – 130.

Oestenberg, A., Roos, E., Ekdahl, C. & Roos, H. (1998). Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 8, 257 – 264.

Olerud, C. and Y. Rosendahl, 1987 Torsion-transmitting properties of the hind foot. *Clin Orthop Relat Res*, (214): p. 285-94.

Pereira DS, Koval KJ, Resnick RB, Sheskier SC, Kummer F, Zuckerman JD. (1996) Tibiotalar contact area and pressure distribution: the effect of mortise widening and syndesmosis fixation. *Foot Ankle Int*. May;17(5):269-74.

Peters, M. (1988). Footedness: Asymmetries in foot preference and skill and neuropsychological assessment of foot movement. *Psychological Bulletin*, Vol 103(2), Mar 1988, 179-192. doi: 10.1037/0033-2909.103.2.179

Peters, M., & Durbing, B. M. (1979a). Footedness of left-and right-handers. *American Journal of Psychology*, 92, 133-142.

Peters, M., & Durbing, B. M. (1979b). Left-handers and right-handers compared on a motor task. *Journal of Motor Behavior*, 11, 133-142.

Peters, JW, Trevino, SG, Renstrom, PA (1991) Chronic lateral ankle instability. *Foot Ankle* 12:182-91

Pijnenburg, CN, VAN DIJK, PMM. Bossuyt, RK. Marti, M. (2000) Treatment of ruptures of the lateral ankle ligaments : a meta-analysis. *J Bone Joint Surg [Am]* 82-A: 761-73, ACM

Platzer W, Kahle W, Leonhardt H (1985). *Εγχειρίδιο ανατομικής του ανθρώπου*. Τόμος 1: μυοσκελετικό σύστημα.

Portal, J. M. & Romano, P. E. (1988). Pattern of eye-hand dominance in baseball players. *The New England Journal of Medicine*, 8, 655 – 656.

Proctor P and Paul JP (1982) *J Biomechanics* 634

Pryde, K.M., P.J. Bryden, and E.A. Roy, (2000). A developmental analysis of the relationship between hand preference and performance: I. Preferential reaching into hemispace. *Brain Cogn*, 43(1-3): p. 370-4.

Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Journal of sports sciences*, 48, 1568-1575.

Reilly, T. (ed) (1996). *Science and Soccer*. London: E&FN Spon.

Reiss, M. (1996). Untersuchungstechnische Möglichkeiten und Probleme motorischer Asymmetrien. *Motorik*, 4, 169 – 172.

Rochongar, P., Morvan, R., Jan, J., Dassonville, J. and Beillot, J. (1988) Isokinetic investigation of knee extensors and knee flexors in young French soccer players. *International Journal of Sports Medicine* 9, 448-450.

Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F. & Labelle, H. (2000). Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait Posture*, 1, 34 – 35.

Sammarco, G. J. (1982). "Soft tissue conditions in athletes' feet." *Clin Sports Med* 1(1): 149-55.

Sammarco, G. J., A. H. Burstein, et al. (1973). "Biomechanics of the ankle: a kinematic study." *Orthop Clin North Am* 4(1): 75-96.

Sarrafian, CK (1993b) Function and anatomy of the foot and ankle.

Sarrafian, S. K. (1993a). "Biomechanics of the subtalar joint complex." *Clin Orthop Relat Res*(290): 17-26.

Schenk, K. (1980). Theoretische Aspekte der Lateralität und Dominanz. In Eggert, D. & Kiphard J. E. (Eds.), *Die Bedeutung der Motorik für die Entwicklung normaler und behinderter Kinder* (pp. 248 – 265). Hofmann-Verlag: Schorndorf.

Scranton, P.E., Jr. and J.H. McMaster, (1976) Momentary distribution of forces under the foot. *J Biomech*, 9(1): p. 45-8.

Silver, R. L., J. de la Garza, et al. (1985). "The myth of muscle balance. A study of relative strengths and excursions of normal muscles about the foot and ankle." *J Bone Joint Surg Br* 67(3): 432-7.

Smak, W., Neptune, R. R. & Hull, M. L. (1999). The influence of pedaling rate on bilateral asymmetry in cycling. *Journal of Biomechanics*, 32, 899 – 906.

So, C.H., et al., (1994) Isokinetic profile of dorsiflexors and plantar flexors of the ankle--a comparative study of elite versus untrained subjects. *Br J Sports Med.*, 28(1): p. 25-30.

Soames, R.W. and A.A. Evans, (1987). Female gait patterns: The influence of footwear. *Ergonomics.*, 30(6): p. 893-900.

Spry, S., Zebas, C., & Visser, M. (1993). What is leg dominance? Bio-mechanics inSport XI. Proceedings of the XI Symposium of the Interantinal Society of Biomechanics in Sports (pp.165-168). Amherst, MA: Hamill, J.

Stauffer, R.N., E.Y. Chao, and R.C. Brewster, (1977) Force and motion analysis of the normal, diseased, and prosthetic ankle joint. *Clin Orthop Relat Res*, (127): p. 189-96.

Stephens, M.M. and G.J. Sammarco, The stabilizing role of the lateral ligament complex around the ankle and subtalar joints. *Foot Ankle*, 1992. 13(3): p. 130-6.

Stiehl, J.B., et al.,(1993) Effect of axial load and ankle position on ankle stability. *J Orthop Trauma*, 7(1): p. 72-7.

Stormont, D.M., et al., (1985) Stability of the loaded ankle. Relation between articular restraint and primary and secondary static restraints. *Am J Sports Med*, 1985. 13(5): p. 295-300.

Stormont, D.M., et al., (1985). Stability of the loaded ankle. Relation between articular restraint and primary and secondary static restraints. *Am J Sports Med*, 13(5): p. 295-300.

Stott, J.R., W.C. Hutton, and I.A. Stokes, (1973). Forces under the foot. *J Bone Joint Surg Br*, 55(2): p. 335-44.

Taimela S, Kujala UM, Osterman K. (1990). Intrinsic risk factors and athletic injuries. *Sports Med.*;9:205-215.

Thorland WG, Johnson GO, Cisar CJ, Housh TJ, Tharp GD. (1987). Strength and anaerobic responses of elite young female sprint and distance runners. *Med Sci Sports Exerc*; 19: 56-61.

Thorland, W.G., et al., (1987). Estimation of minimal wrestling weight using measures of body build and body composition. *Int J Sports Med*, 8(6): p. 365-70.

Tippett, S.R., (1986) Lower Extremity Strength and Active Range of Motion in College Baseball Pitchers: A Comparison between Stance Leg and Kick Leg. *J Orthop Sports Phys Ther*, 8(1): p. 10-4.

Turunen, H., Tenhonen, S., Sen, C. K. & Hanninen, O. (1996). Activation symmetry of right and left femoris muscles in untrained students, soccer players and elite runners. *Coaching and sport science journal*, 4, 20 – 24.

Ullman J. F. (1987). Lateralität (laterale Dominanz). In Arnold, W., Eysenck, H. J. & Meili, R. (Eds.), *Lexikon der Psychologie* (pp. 1214 – 1217). Herder: Herderbücherei.

Vagenas, G. & Hoshizaki, B. (1991). Functional asymmetries and lateral dominance in the lower limbs of distance runners. *International journal of sport biomechanics*, 7, 311 – 329.

Vagenas, G. and Hoshizaki B. (1992) A multivariate analysis of lower extremity kinematic asymmetry in running. *Int J Sport Biomech* 8, 11-29.

van Gyn, G.H. (1986). Contemporary stretching techniques: Theory and application. Olympic Scientific Congress. In: Snell C. (ed). *The dancer as athlete*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Van Mechelen W. (1992). Running injuries: a review of the epidemiological literature. *Sports Med.*;14:320-335.

Virgilio F. Ferrario, Michela Turci, Nicola Lovecchio, Yuri F. Shirai, Chiarella Sforza (2007) Asymmetry of the active nonweightbearing foot and ankle range of motion for dorsiflexion-plantar flexion and its coupled movements in adults. First published online: 21 JUN DOI: 10.1002/ca.20512 *Clin. Anat.* 20:834–842, 2007.

Voutselas, V., Papanikolaou Z., Soulas, D. and Famisis, K. (2007) Years of training and hamstrings-quadriceps ratio of soccer players. *Psychological reports* 101, 899-906.

Wang, Q., et al., (1996) Fibula and its ligaments in load transmission and ankle joint stability. *Clin Orthop Relat Res*, (330): p. 261-70.

Waters, R.L., J. Perry, and D. Garland, (1978) Surgical correction of gait abnormalities following stroke. *Clin Orthop Relat Res*, (131): p. 54-63.

Weineck, J. (1992). *Optimales Fußballtraining. Das Konditionstraining des Fußballspielers*. Erlangen: Weineck.

Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij I and De Clercq D.(2005) Intrinsic Risk Factors for Inversion Ankle Sprains in Male Subjects : A Prospective Study 33: 415 *Am J Sports Med* DOI: 10.1177/0363546504268137

Willimczik, K. (1989). *Biomechanik der Sportarten*. Reinbeck bei Hamburg: Rororo-Verlag.

Willits, D. A. (1998). Train your brain to ski with symmetry. *Professional skier*, 1265 – 1314.

Wilson, G.J., Elliot, B.C. & Wood, G.A. (1991a). Performance benefits through flexibility training. *Sports Coach*, 7-10.

Wilson, G.J., Wood, G.A., & Elliot, B.C. (1991b). The relationship between stiffness of the musculature and static flexibility: An alternative explanation for the occurrence of muscular injury. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 403-407.

Yang, R. S., Tsai, K. S., Chleng, P. U., and Liu, T. K. (1997). Symmetry of bone mineral density at the proximal femur with emphasis on the effect of side dominance. *Calcified Tissue International.*, 61:189-191.

Zakas, A., Vergou, A., Grammatikopoulou, M.G., Zakas,N., Sentelidis, T., & Vamvakoudis, S. (2003).The effect of stretching during warming-up onthe flexibility of junior handball players. *Journalof Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 145-149.

Zháněl, J. & Kadlcikova, K. (2000). Diagnostics in Tennis. Proceedings of the 6th Annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE of SPORT SCIENCE – 15TH Congress of the GERMAN SOCIETY of SPORT SCIENCE, Cologne/D.

Zháněl, J., Vaverka, F. & Černošek, M. (2000). Longitudinal observation of physical and motor preconditions in tennis. In Haake, S. J. & Coe, A. (Eds.), *Tennis Science & Technology* (pp. 441 – 448). London: Blackwell Science Ltd.

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Γιάτσης, Γ. (2003). ΒΙΟΚΙΝΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΑΛΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΚΛΗΡΟ ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΣΕ ΑΜΜΟ ΑΠΟ ΑΘΛΗΤΕΣ ΤΗΣ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Γούργουλης, Β., Αγγελούσης, Ν. & Μαυρομάτης, Γ. (1999). Η συνεισφορά της υποχωρητικής κίνησης και της αιώρησης των χεριών στην επίδοση στα κατακόρυφα άλματα. *Αθλητική Απόδοση και Υγεία*, 1, 3, 251 – 258.

Δούκας Ν. Μ. (1979) "Κινησιολογία", Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας ISBN: 157831

Ζάκας, Α. (2003). Η ευκαμψία και η βελτίωση της. Θεσσαλονίκη: Α. Ζάκα

Κόλλιας, Η.Α. (1997β). Βιοκινητική της Αθλητικής Κίνησης. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Μανδρούκας, Κ. (1990). Μυϊκές Διατάσεις. Μέτρηση και προπόνηση της κινητικότητας. Εκδόσεις Μαίανδρος, Θεσσαλονίκη.

Ρόσμπογλου, Σ. Κ. (2008) "Στάση Κίνηση Ισορροπία", Εκδόσεις d.K.S.

Τσακλής, Π.Β. "Σημειώσεις Βιολογικής Μηχανικής" από:
http://tsaklis.com/yahoo_site_admin/assets/docs/BIOMECH-NOTES-2011.157142001.pdf