

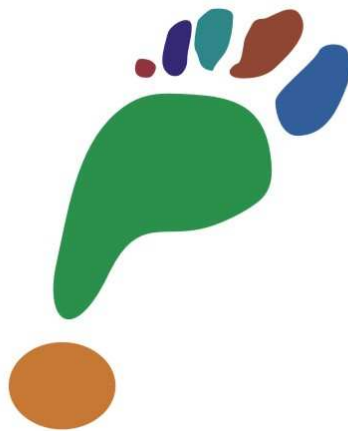
ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Η βιομηχανική του άκρου ποδός. Μελέτη της  
φάσης στήριξης ενός ημιπληγικού σε σύγκριση με  
ένα φυσιολογικό άτομο.**

**Φοιτητής : Παπανίκος Χρήστος**



**Εισηγήτρια: κ. Στυλιανή Μηλιώτη**  
Καθηγήτρια εφαρμογών

Θεσσαλονίκη,

**ΜΑΙΟΣ 2008**

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup>	6
ΑΝΑΤΟΜΙΑ	6
ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ:	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup>	12
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ.	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΑ	14
Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΕΛΜΑΤΟΣ	15
Η ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΒΑΔΙΣΗ	17
ΑΙΤΙΑ ΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟ ΒΑΔΙΣΗΣ	20
Η ΜΥΪΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΒΑΔΙΣΗ	21
ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΣΤΩΝ ΤΟΥ ΤΑΡΣΟΥ	24
ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	24
ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΤΑΡΣΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	27
ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΤΑΡΣΟΜΕΤΑΤΑΡΣΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟΤΑΡΣΙΕΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΕΙΣ	31
ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΔΑΚΤΥΛΟΥ ΤΟΥ ΠΟΔΙΟΥ	32
ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΔΑΚΤΥΛΩΝ	36
Η ΟΒΕΛΙΑΙΑ (ΕΠΙΜΗΚΗΣ) ΚΑΜΑΡΑ	40
ΜΥΪΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ	43
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΟΔΙΟΥ	47
ΟΙ ΜΑΛΑΚΟΙ ΙΣΤΟΙ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ	51
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	55
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ	55
ΕΥΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	57
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ	61
ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	63
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	73
ΣΤΑΤΙΚΗ	74
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ	75
ΔΥΝΑΜΙΚΗ	79
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΔΗΣΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΟΥ ΠΟΔΙΟΥ/ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup>	81
ΗΜΙΠΑΛΗΓΙΑ	81

ΑΙΤΙΑ	81
ΑΓΓΕΙΑΚΑ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ	81
ΑΓΓΕΙΑΚΗ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΝΟΣΟΣ	83
<b>ΤΥΠΟΙ ΑΓΓΕΙΑΚΗΣ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗΣ ΝΟΣΟΥ</b>	<b>83</b>
ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΤΟΥ ΑΓΓΕΙΑΚΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΥ	84
ΑΘΗΡΟΣΚΛΗΡΥΝΤΙΚΟ-ΘΡΟΜΒΩΤΙΚΟ ΕΜΦΡΑΚΤΟ	84
ΕΜΒΟΛΙΚΟ ΕΜΦΡΑΚΤΟ	85
ΕΝΔΟΚΡΑΝΙΑΚΗ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΑ	85
ΑΙΤΙΕΣ ΕΝΔΟΚΡΑΝΙΑΚΗΣ ΑΙΜΟΡΡΑΓΙΑΣ	86
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ	86
ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	87
ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΕΝΝΕΥΡΩΣΗ	90
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	91
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΕΣ ΣΤΑΣΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ	92
ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΗΜΙΠΛΗΓΙΑ	93
ΣΥΝΟΔΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΗΜΙΠΛΗΓΙΚΟ ΑΣΘΕΝΗ	95
ΠΑΘΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	95
<b>ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΟΝ ΑΣΘΕΝΗ ΜΕ ΣΠΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ</b>	<b>96</b>
<b>ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΑΤΕΛΕΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΚΙΝΗΣΕΩΝ</b>	<b>98</b>
ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΡΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΗΜΙΠΛΗΓΙΚΟΥ ΑΣΘΕΝΗ	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:	104
ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	104

## **Αντί προλόγου**

Αυτή η μελέτη διεκπαιρεύθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας του Α.Τ.Ε.Ι.Θ. του τμήματος φυσικοθεραπείας με τη βοήθεια της εισηγήτριας κ. Στυλιανής Μηλιώτη.

Κατά τη διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης είχα την ευκαιρία να παρατηρήσω και να έρθω σε επαφή, ως φυσικοθεραπευτής, με αρκετούς ημιπληγικούς ασθενείς. Αυτό με βοήθησε να καταλάβω ότι τα εγκεφαλικά και ως αποτέλεσμα η ημιπληγία, πλήττει πολλά άτομα στην κοινωνία μας. Αυτό με έκανε να ενδιαφερθώ περισσότερο για το συγκεκριμένο θέμα, ώστε αυτό τελικά να αποτελέσει το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας. Ελπίζω αυτή η εργασία να είναι ένα ενδιαφέρον ανάγνωσμα.

Σε αυτήν την προσπάθεια μου θα ήθελα να ευχαριστήσω την εισηγήτρια μου κ. Στυλιανή Μηλιώτη για την υπομονή και τη βοήθεια που μου παρείχε. Τους ημιπληγικούς ασθενείς και τις οικογένειες αυτών που μου προσέφεραν τα ερεθίσματα. Την αδερφή μου Μαρία, το Βασίλη, την Παναγιώτα και το Δημήτρη για την ουσιαστική τους βοήθεια, συμπαράσταση καθώς και υπομονή όλον αυτόν τον καιρό.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου που όλα αυτά τα χρόνια ήταν δίπλα μου και με στηρίζουν σε κάθε μου απόφαση.

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αύξηση στη συχνότητά των εγκεφαλικών επεισοδίων και εμφανίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό πάνω από την ηλικία των 60 ετών, με τους άντρες να προσβάλλονται πιο συχνά από τις γυναίκες. Παρ' όλο που πολλοί ασθενείς αποκαθίστανται σε κάποιο βαθμό, πολλοί άλλοι παραμένουν με αισθητικοκινητικά και γνωστικά ελλείμματα, όπως ημιπαρέσεις, μειωμένη κινητικότητα κ.τ.λ

Ένα σύνηθες αποτέλεσμα ενός εγκεφαλικού επεισοδίου είναι η ημιπληγία. Κατά τη φάση της ημιπληγίας, το πρόβλημα είναι η έλλειψη εκούσιας κίνησης με συνεχείς μεταβολές στον μυϊκό τόνο, η έλλειψη φυσιολογικών προτύπων κίνησης και αισθητικότητας κατά μήκος όλης της πλευράς του σώματος με βάση το οβελιαίο επίπεδο και η παρουσία στερεότυπων εξαρτημένων αντιδράσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διαταραχή και της βάδισης, πράγμα το οποίο καθλώνει τους ημιπληγικούς ασθενείς και αυτό τους στερεί την καθημερινότητα. Κρίνεται λοιπόν ουσιώδες να γίνονται όσο το δυνατό περισσότερες προσπάθειες ώστε να μελετηθούν και να κατανοηθούν οι αλλαγές στη βάδιση και τη στήριξη των ασθενών αυτών, με σκοπό την πληρέστερη αποκατάστασή και την επανένταξή τους στην κοινωνία.

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να κατανοήσει τις αλλαγές στη φάση στήριξης κατά τη βάδιση.

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## Ανατομία

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». Στον σκελετό του άκρου πόδα διακρίνουμε τρεις ομάδες οστών :

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

1. 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 μόνο 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 αχιλλείου 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.

2. Τα οστά του μεταταρσίου είναι 5 επιμήκη οστά με λίγο κυρτό 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 στη βάση του πέμπτου μεταταρσίου υπάρχει το και στην έξω επιφάνειά του υπάρχει το φύμα του πέμπτου μεταταρσίου (κατάφυση του βραχύ περνιαίου μυ).

3. Καθένα από τα οστά των δακτύλων αποτελείται από τρία μικρά επιμήκη οστά, τις φαλαγγες. 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 Ν., 1979)

### **Αρθρώσεις του άκρου πόδα:**

Στις αρθρώσεις του άκρου πόδα υπάγονται :

1. Αστραγάλοκνημική διάρθρωση (ποδοκνημική).
2. Μεσοτάρσιες διαρθρώσεις (πτερνοκυβοειδής-σκαφοσφηνοειδής- υπαστραγαλική).
3. Ταρσομετατάρσιες διαρθρώσεις
4. Μεταταρσιοφαλαγγικές διαρθρώσεις.
5. Μεσοφαλαγγικές διαρθρώσεις. (Platzer W., 1985)

#### **1. 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 κνημοπερνιαία 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 Ν., 1979)

Αρθρικός θύλακος:

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

Σύνδεσμοι της αστραγαλοκνημικής (ποδοκνημικής) :

Ο αρθρικός θύλακος της ενισχύεται από τον έσω πλάγιο ή δελτοειδή και τον έξω πλάγιο σύνδεσμο. (Δούκας Ν., 1979) Ο μεγαλύτερος σύνδεσμος κατά την έσω επιφάνεια είναι ο έσω πλάγιος και αποτελείται από τέσσερις δεσμίδες τον πρόσθιο και οπίσθιο αστραγαλοκνημικό 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. 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 αστραγαλοπερνονικό σύνδεσμο και τον πτερνοπτερονικό σύνδεσμο. Ο πρόσθιος αστραγαλοπερνονικός σύνδεσμος φέρεται από το έξω σφυρό στον αυχένα του αστραγάλου. Ο οπίσθιος αστραγαλοπερνονικός σύνδεσμος φέρεται σχεδόν οριζόντια από το έξω σφυρό στην οπίσθια αστραγαλική υπόφυση. Η πτεροκνημική γλήνη στηρίζεται με τον πρόσθιο και τον οπίσθιο πτεροκνημικό σύνδεσμο. (Platzer W., 1985)

## **2.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 μέσο 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, τη 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 κι 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 μέσο και στο πρόσθιο τμήμα του ποδιού.

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 1<sup>ου</sup> μεταταρσίου και η κεφαλή του 5<sup>ου</sup> μεταταρσίου. Έτσι, η στηρικτική επιφάνεια έχει σχήμα τριγώνου. Αν εξετάσουμε ένα ποδικό αποτύπωμα, βρίσκουμε κάπως μεγαλύτερη στηρικτική επιφάνεια που παράγεται από τα μαλακά μόρια. Η γραμμή μεταβίβασης του βάρους του σώματος περνάει από την κνήμη στην πτέρνα και στο μέσο του και πρόσθιο τμήμα του ποδιού. Η μεταβίβαση της πίεσης στην καμάρα και κατά τις δύο διευθύνσεις τείνει να την αποπλατύνει. Στην αποπλάτυνση όμως αυτή αντιτίθενται οι σύνδεσμοι και οι πελματιαίοι μυς.

Σύνδεσμοι της ποδικής καμάρας:

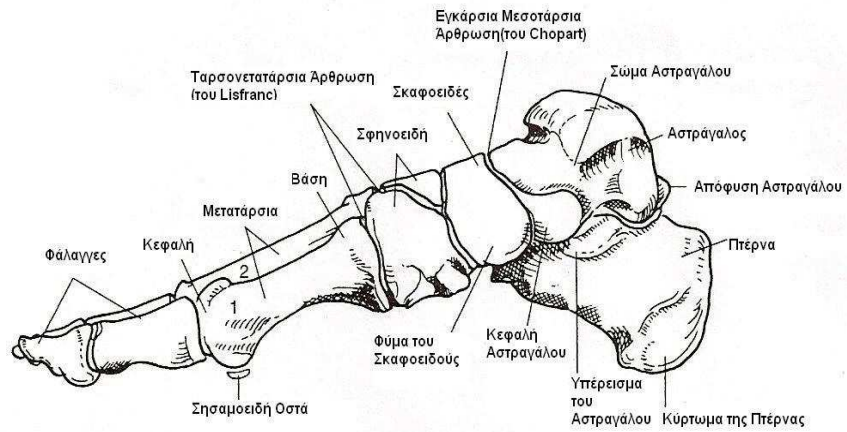
Οι σύνδεσμοι δεν υφίστανται κάματο και έχουν μεγαλύτερη αντίσταση στη διάτασή από τους μυς. Η αντίσταση τους δεν ποικίλλει, αλλά όταν υπερδιαταθούν δεν επανέρχονται στο προηγούμενο σχήμα τους. Στους συνδέσμους υπάγονται η πελματιαία απονεύρωση, ο μακρός πελματικός σύνδεσμος, ο πελματιαίος πτερνοσκαφοειδής σύνδεσμος και οι βραχείς πελματικοί σύνδεσμοι.



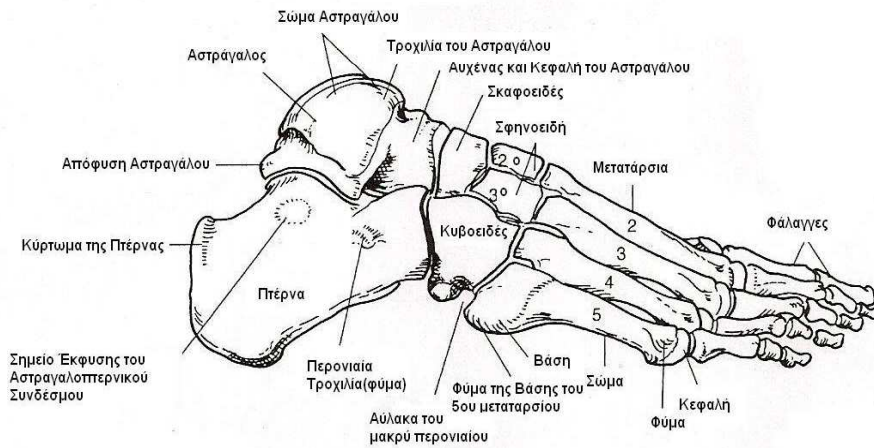
Η πελματιαία απονεύρωση συνδέει το κύρτωμα της πτέρνας με την πελματιαία επιφάνεια των δακτύλων. Λειτουργεί κυρίως στην ορθοστασία. Η τάση των εγκάρσιων ινών της απονεύρωσης, κατά το μετατάρσιο τμήμα του ποδιού, συγκρατεί και την επιμήκη και την εγκάρσια καμάρα.

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 περνιαίου και φτάνει στις βάσεις των μεταταρσίων. Βραχείες ίνες του καταφύονται στο φύμα του κυβοειδούς και αποτελούν τον πελματιαίο πτεροκυβοειδή σύνδεσμο.

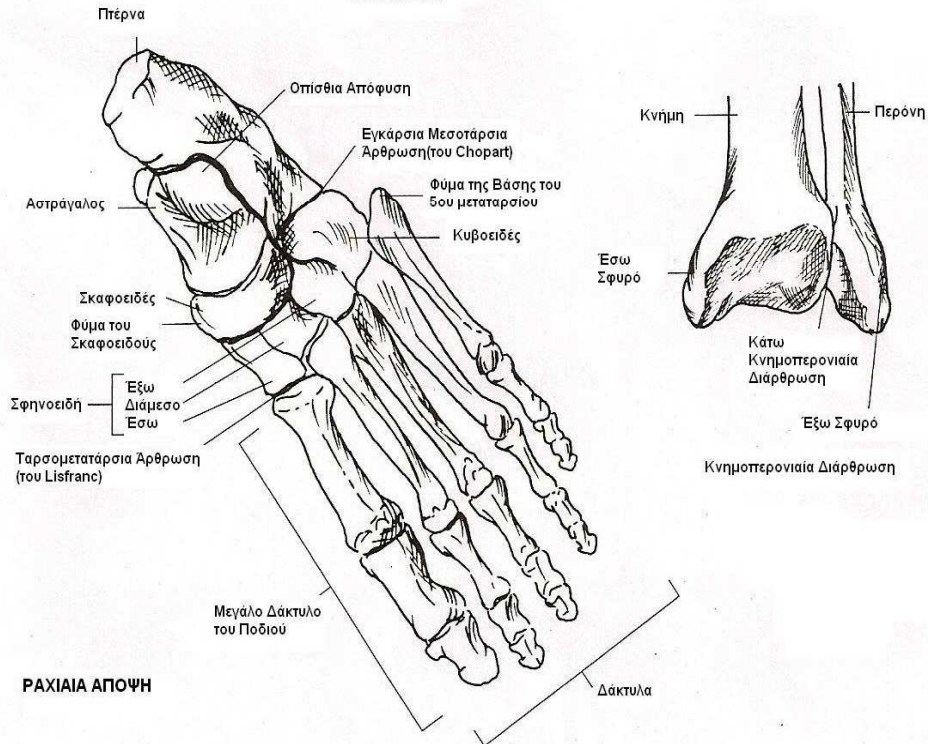
Ο πελματιαίος αστραγαλοσκαφοειδής σύνδεσμος μαζί με τους βραχείς πελματικούς συνδέσμους αποτελούν την εν τω βάθει στιβάδα των συνδέσμων. Επαυξάνει το μέγεθος της γλήνης που υποδέχεται την κεφαλή του αστραγάλου. Η άνω του επιφάνεια καλύπτεται από ινώδη χόνδρο που καμιά φορά οστεοποιείται. (Platzer W., 1985)



**ΕΣΩ ΑΠΟΨΗ**



**ΕΞΩ ΑΠΟΨΗ**



**ΡΑΧΙΑΙΑ ΑΠΟΨΗ**

Εικόνα 1. Επάνω: Αποψη της έσω πλευράς του ποδιού. Μέση: Αποψη της έξω πλευράς του ποδιού. Κάτω αριστερά: Ραχιαία άποψη του ποδιού. Κάτω δεξιά: Πρόσθια άποψη της κνήμης-περόνης.

## Κινησιολογία:

Κινήσεις που εμφανίζονται στην ποδοκνημική-υπαστραγαλική-αστραγάλοπτερνοσκαφοειδή διάρθρωση:

- Ραχιαία κάμψη: Είναι μοχλός 3<sup>ου</sup> 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 μυς που ενεργούν είναι ο πρόσθιος κνημιαίος, ο μακρός εκτείνων τους δακτύλους και ο μακρός εκτείνων το μεγάλο δάκτυλο. (Platzer W., 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 Ν., 1979)

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

Οι μυς που ενεργούν είναι ο γαστροκνήμιος, ο υποκνημίδιος (πρωταγωνιστές), ο μακρός περνιαίος, ο βραχύς περνιαίος, ο μακρός καμπτήρας του μεγάλου δακτύλου, ο μακρός καμπτήρας των δακτύλων και ο οπίσθιος κνημιαίος. (Platzer W., 1985)

Ο περιοριστικός παράγοντας είναι η πρόσκρουση του φύματος του αστραγάλου πάνω στο οπίσθιο χείλος της κνήμης. Η κίνηση αναστέλλεται και από τα μαλακά μόρια όπως από τους ραχιαίους καμπτήρες και από την οπίσθια μοίρα του αρθρικού θύλακα.

- Ανάσπαση έσω χείλους (υπτιασμός): Είναι μοχλός 3<sup>ου</sup> 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 πτερνοσκαφοειδής 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 μεσόστεου αστραγάλοπτερνικού συνδέσμου, οι τένοντες των περνιαίων μυών και η τάση του περονοπτερνικού συνδέσμου.

- Ανάσπαση έξω χείλους (πρηνισμός): Είναι μοχλός 3<sup>ου</sup> 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 W., 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 πρόσθου και του οπίσθιου κνημιαίου μυ (Δούκας Ν., 1979).

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### Βιομηχανική του άκρου ποδός και της ποδοκνημικής.

#### Εισαγωγή

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 σφαιροειδών) 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.

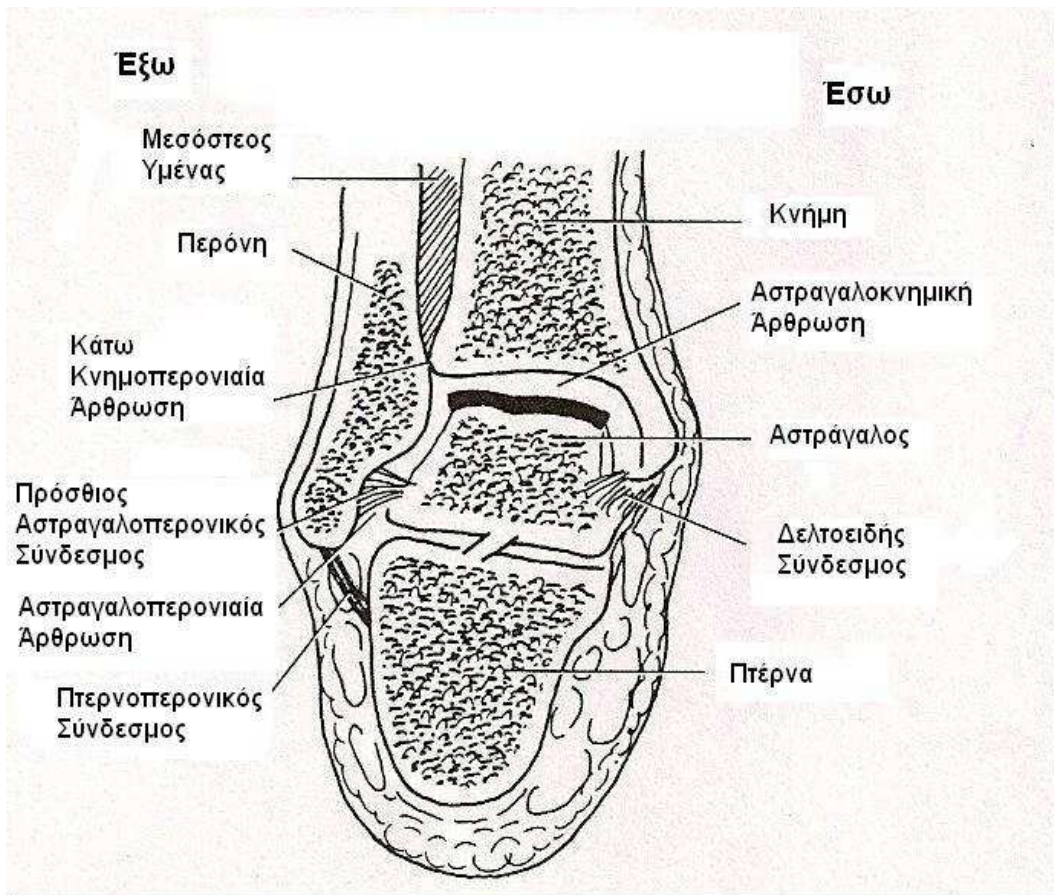
Ο αστράγαλος αρθρώνεται με την περονοκνημική γλήνη για το σχηματισμό της αστραγαλοκνημικής(ποδοκνημικής) διάρθρωσης ή άρθρωσης των σφυρών. Η ποδοκνημική διάρθρωση αποτελείται από την αστραγαλοκνημική, την αστραγαλοπερονική και την περονοκνημική διάρθρωση(Εικ.2). Η ποδοκνημική διάρθρωση είναι μια ασταθής άρθρωση, της οποίας η σταθερότητα εξαρτάται από τη αρμονική άρθρωση των προαναφερθέντων οστών και από τον δελτοειδή ή έσω πλάγιο σύνδεσμο, τον έξω πλάγιο σύνδεσμο, τον πρόσθιο και τον οπίσθιο περονοκνημικό σύνδεσμο.

Παρακάτω αναφέρονται οι κινήσεις που γίνονται στην ποδοκνημική διάρθρωση και στις αρθρώσεις του άκρου ποδός σε διάφορες φάσεις της βάδισης καθώς και σε διάφορες ακραίες κινήσεις. Επίσης, αναφέρεται η στενή σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ της κίνησης της ποδοκνημικής διάρθρωσης και του προσανατολισμού του άκρου ποδός στο χώρο. Ακόμη, μελετώνται η δύναμη αλληλεπίδρασης του εδάφους στον άκρο πόδα και η

κατανομή των δυνάμεων στην πελματιαία επιφάνεια του ποδιού. Αναφορά γίνεται και στην επίδραση των δυνάμεων που εφαρμόζονται διαμέσου της περοκνημικής διάρθρωσης, στην ποδοκνημική διάρθρωση και κατ' επέκταση σε όλο τον άκρο πόδα. Επιπλέον, αναφέρονται οι ρόλοι των συνδέσμων και των μυών στη στήριξη της επιμήκης(οβελιαίας) καμάρας. Τέλος, σκιαγραφείται η κίνηση της ποδοκνημικής διάρθρωσης και η σταθερότητα των συνδέσμων .

Παρακάτω δεν υπάρχει κάποια εξειδικευμένη μελέτη για την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά τη βάδιση. Παρόλα' αυτά, είναι αναγκαία η παρουσίαση της μυϊκής δραστηριότητας ορισμένων επιφανειακών και εν τω βάθει μυών, έτσι ώστε να γίνει πιο κατανοητός ο έλεγχος της κίνησης της ποδοκνημικής διάρθρωσης και των αρθρώσεων του άκρου ποδός κατά τη διάρκεια της βάδισης. Τα αποτελέσματα της μυϊκής δράσης, στην ποδοκνημική διάρθρωση και στον άκρο πόδα, κατά τη στάση δίνονται λεπτομερώς. Οι άξονες των αρθρώσεων και τα στιγμιαία κέντρα της κίνησης των αρθρώσεων περιγράφονται.

Οποιαδήποτε παθολογική αλλαγή στη δομή ή την κίνηση του άκρου ποδός ή της ποδοκνημικής διάρθρωσης, όσο μικρή κι αν είναι, έχει προφανή επίδραση στην απορρόφηση των κραδασμών, στην προώθηση και στην σταθερότητα της ποδοκνημικής και του άκρου πόδα. Κλινική συσχέτιση των αλλαγών στη βιομηχανική λειτουργία παρουσιάζεται σε μελέτες διάφορων περιπτώσεων. Η υπόδηση στη δυτική κοινωνία μπορεί να ποικίλει από μια σκληρή μπότα του σκι μέχρι ένα μαλακό μοκασίνι. Αυτά τα εξωτερικά περιοριστικά υλικά μπορεί να αλλάξουν τη φυσιολογική βιομηχανική λειτουργία της ποδοκνημικής και του άκρου ποδός και τελικά να συντελέσουν στην ανάπτυξη κάποιων παθολογικών καταστάσεων, όπως η μη φυσιολογική απόκλιση του μεγάλου δακτύλου του ποδιού.



**Εικόνα 2.** Η πολύπλοκη ποδοκνημική διάρθρωση αποτελούμενη από την αστραγαλοκνημική, την αστραγαλοπερονική και την κάτω κνημοπερονιαία διάρθρωση.

## Η Ανάπτυξη του Άκρου Πόδα

Ο άκρος πόδας διαμορφώνεται κατά την όγδοη εβδομάδα της κύησης, όταν αρχίζουν να αναπτύσσονται οι οστικοί βλαστοί. Το μήκος και το πλάτος του πέλματος αυξάνονται γραμμικά από την ηλικία των 3 έως και τα 12 στα κορίτσια και από την ηλικία των 3 έως και τα 15 στα αγόρια, κατά ένα μέσο όρο 8 με 10 mm ανά έτος, σε ένα σταθερό επίπεδο ανάπτυξης (Cheng et al., 1997). Ο Blais και οι συνεργάτες του (1956) απέδειξαν ότι ο άκρος πόδας του παιδιού είναι πιο κοντά στον ενήλικου σε όλες τις περιόδους της φυσιολογικής ανάπτυξης του παιδιού, απ'ότι άλλα μέρη του κάτω άκρου. Κατά μέσο όρο, στην ηλικία του 1 έτους στα κορίτσια και στους 18 μήνες στα αγόρια, το μήκος του πέλματος είναι μιάμιση φορά μικρότερο από το αντίστοιχο ενήλικο πέλμα (Εικ.3). Η ανάπτυξη του άκρου πόδα αντιτίθεται με αυτήν της κνήμης και της περόνης, οι οποίες φτάνουν στο ώριμο μήκος τους 3 χρόνια αργότερα τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια. Οπότε, το σχετικά μεγάλο μέγεθος του

πέλματος, είναι σημαντικό για την ύπαρξη μιας πλατιάς βάσης στήριξης του παιδικού σώματος. Αυτή η πλατιά βάση στήριξης αντικαθιστά την έλλειψη μυϊκής δύναμης και συντονισμού του παιδιού.

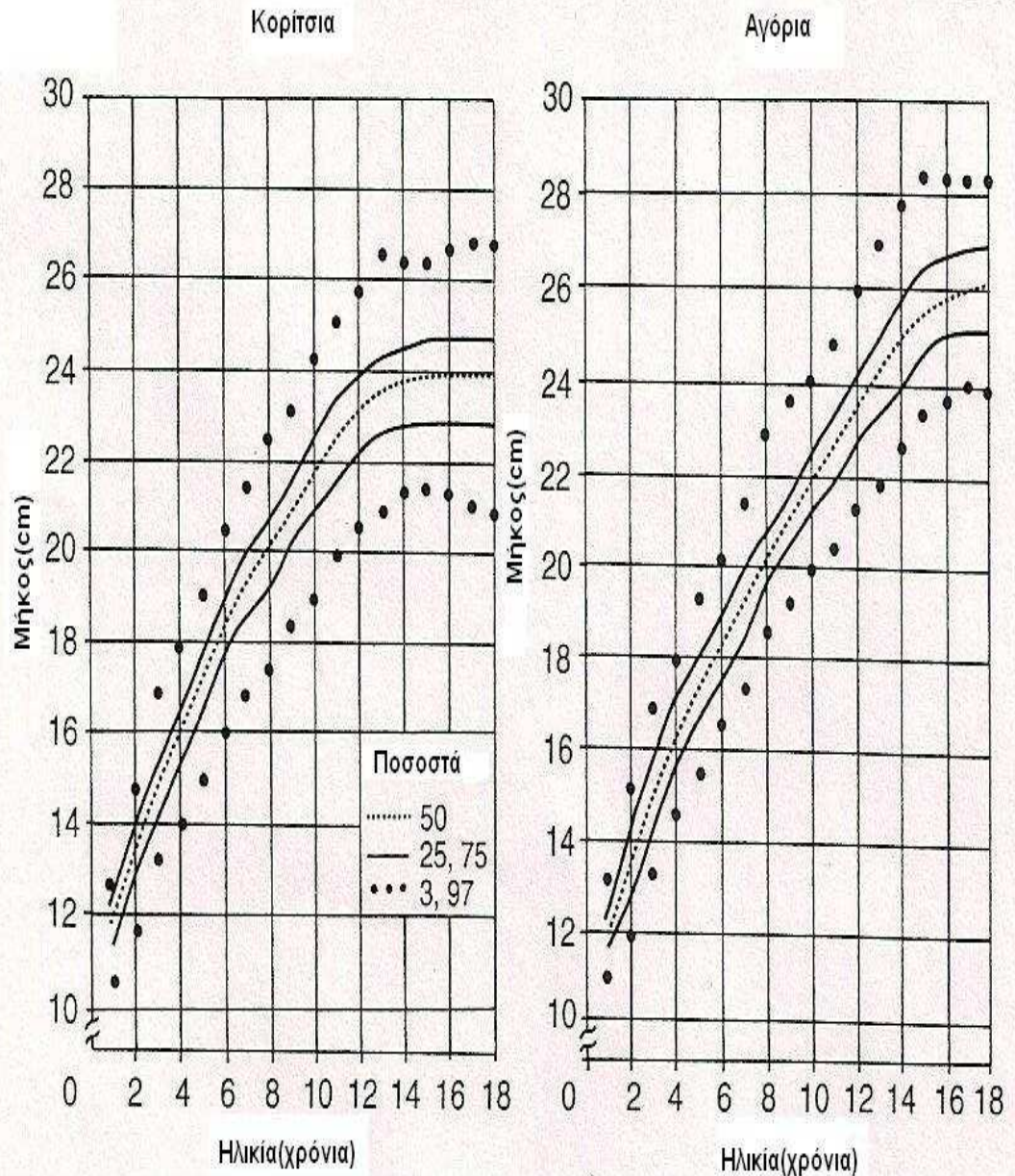
## Η Κινηματική του Πέλματος

Η κίνηση του πέλματος είναι περίπλοκη και λαμβάνει χώρα σε 3 άξονες και σε 3 επίπεδα (Εικ.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 (αστραγαλοπτερνική). 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 (Εικ.5). 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.

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 σύσπασση δρουν για να σταθεροποιήσουν τις αρθρώσεις. Γενικά, το εύρος της λειτουργικά ενεργητικής κίνησης του άκρου ποδός κατά τη βάρδιση 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.

## ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΟΔΙΟΥ

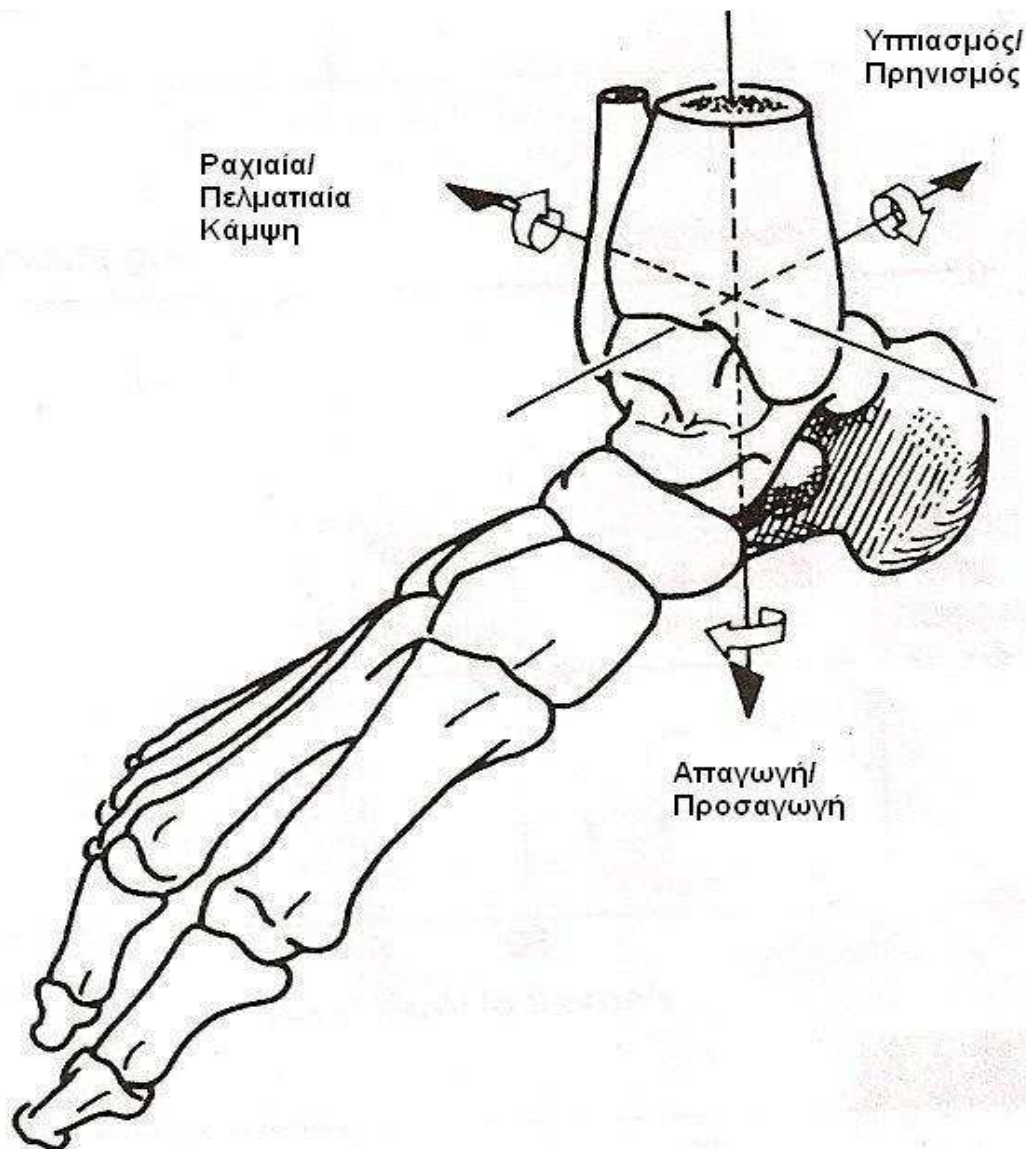


Ποσοστά

- ..... 50
- 25, 75
- ... 3, 97

Εικόνα 3. Το μήκος του φυσιολογικού ποδιού σε αγόρια και κορίτσια προήλθε από τη μέτρηση 512 παιδιών ηλικίας από 1 ως 18 ετών. Αριστερά: Το μήκος του ποδιού στα κορίτσια σε σχέση με την ηλικία. Καμία σημαντική αλλαγή μετά την ηλικία των 12. Δεξιά: Το μήκος του ποδιού στα αγόρια σε σχέση με την ηλικία. Καμία σημαντική αλλαγή μετά την ηλικία των 15.





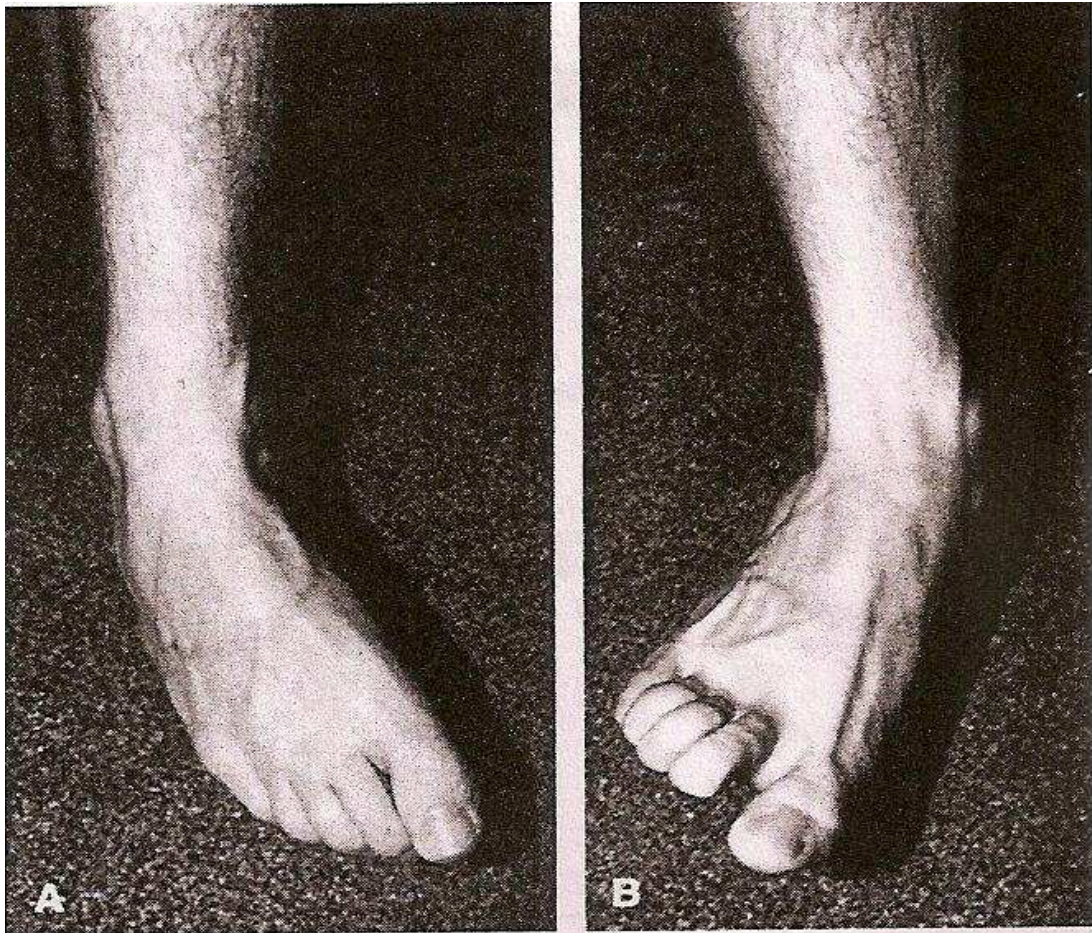
**Εικόνα 4. Η κίνηση του ποδιού γίνεται σε τρεις άξονες.**

## **Η Κίνηση του Άκρου Ποδός και της Ποδοκνημικής Κατά την Βάδιση**

Ο κύκλος βάδισης αποτελείται από τη φάση στήριξης και τη φάση αιώρησης. Η φάση στήριξης αποτελεί το 62% του κύκλου της βάδισης και η φάση αιώρησης αντιστοιχεί στο υπόλοιπο 38%. Η φάση στήριξης χωρίζεται στην επαφή φτέρνας-εδάφους, στην ολική στήριξη του ποδιού, στη μισοστήριξη του ποδιού, στην ανύψωση της φτέρνας και στην ανύψωση του μεγάλου δακτύλου. Η φάση αιώρησης χωρίζεται στη φάση επιτάχυνσης, στη φάση μισοαίωσης και στη φάση αναχαίτησης (Εικ.6). 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 (Εικ.7). 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. Σ' αυτήν την ταχύτητα, η πλήρης στήριξη εξαφανίζεται και μια αιωρούμενη φάση αναπτύσσεται στην οποία και τα δύο πόδια δεν βρίσκονται στο έδαφος (Εικ.8).

Κατά τη διάρκεια φυσιολογικής βάδισης, 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 εξάρθρωτικό 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 (Εικ.9). 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°.



**Εικόνα 5. A. Κατά τον υπτιασμό του ποδιού, το πέλμα στρέφεται προς τα μέσα.  
B. Κατά τον πρηγισμό του ποδιού, το πέλμα στρέφεται προς τα έξω.**

<b>Φάση Στήριξης</b>				
Επαφή πτέρνας-εδάφους	Ολική Στήριξη	Μισοστήριξη	Ανύψωση Πτέρνας	Ανύψωση Μέγα Δακτύλου
0%	15%	30%	45%	60%

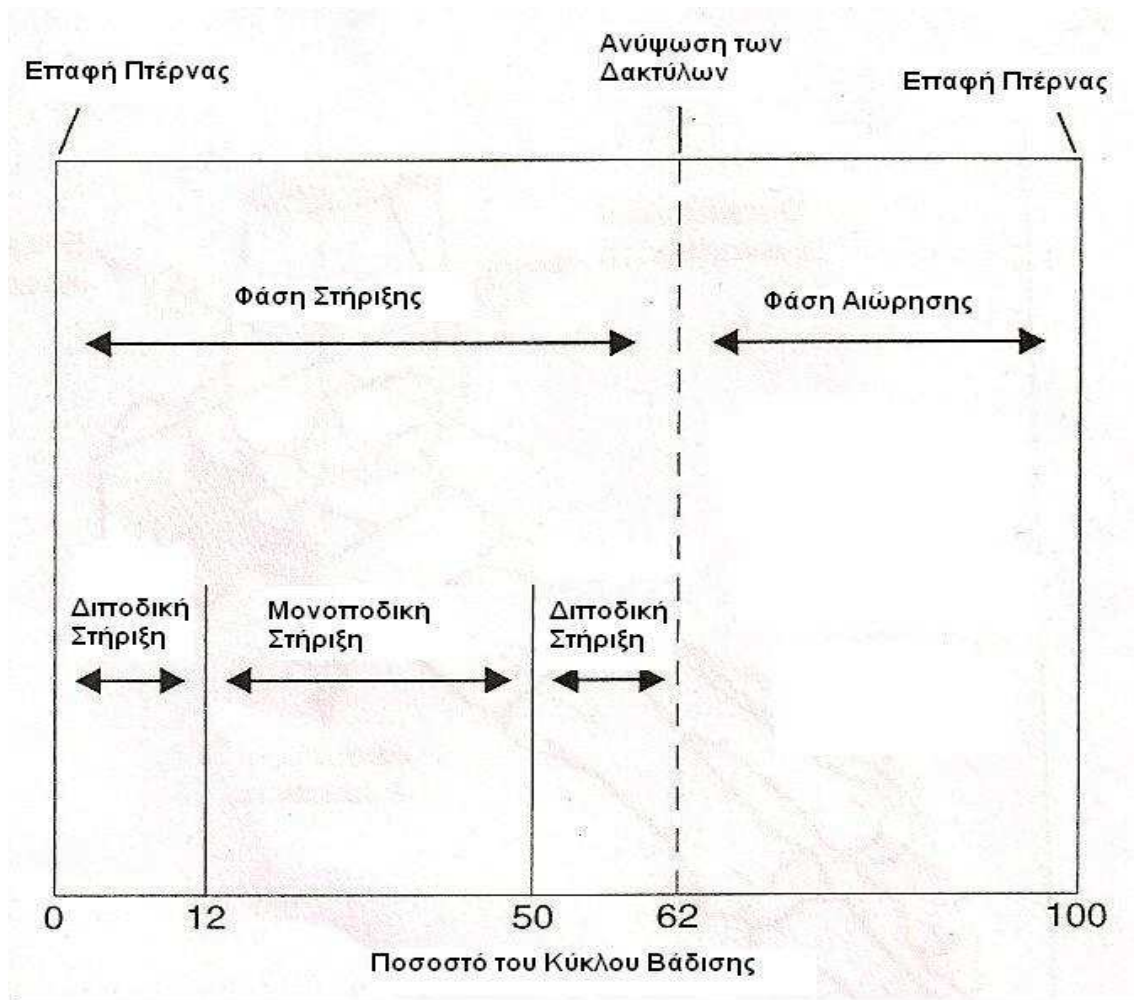
<b>Φάση Αιώρησης</b>			
Επιτάχυνση	Μισοαίωρηση	Αναχαίπιση	Επαφή πτέρνας-εδάφους
70%	85%	100%	

**Εικόνα 6.** 62% του φυσιολογικού κύκλου βάρδισης είναι η φάση στήριξης και 38% είναι η φάση αιώρησης.

## Αίτια στροφής του άκρου ποδός κατά τον κύκλο βάρδισης

Ο Mann (1993) έχει περιγράψει το συντονισμό της κίνησης του αστραγάλου και της ποδοκνημικής ως ένα ιδανικό μοντέλο, το οποίο ονόμασε συνδεδεμένη άρθρωση (Εικ.10). Καθώς η κνήμη στρέφεται προς τα έσω, η ποδοκνημική διάρθρωση αναστρέφεται (πρηνίζεται). Αντιστρόφως, η εξωτερική περιστροφή της κνήμης προκαλεί στρόφη προς τα έξω (υππιασμό) της ποδοκνημικής διάρθρωσης. Η έσω στρόφη 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 (Εικ.11). 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 στρόφη του ποδιού κατά την τελευταία φάση της στήριξης είναι η ταλάντωση του αντιθέτου ποδιού που προκαλεί έξω στρόφη

του στηριζόμενου ποδιού και η απόκλιση του μεταταρσικού άξονα (Εικ.12). 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.



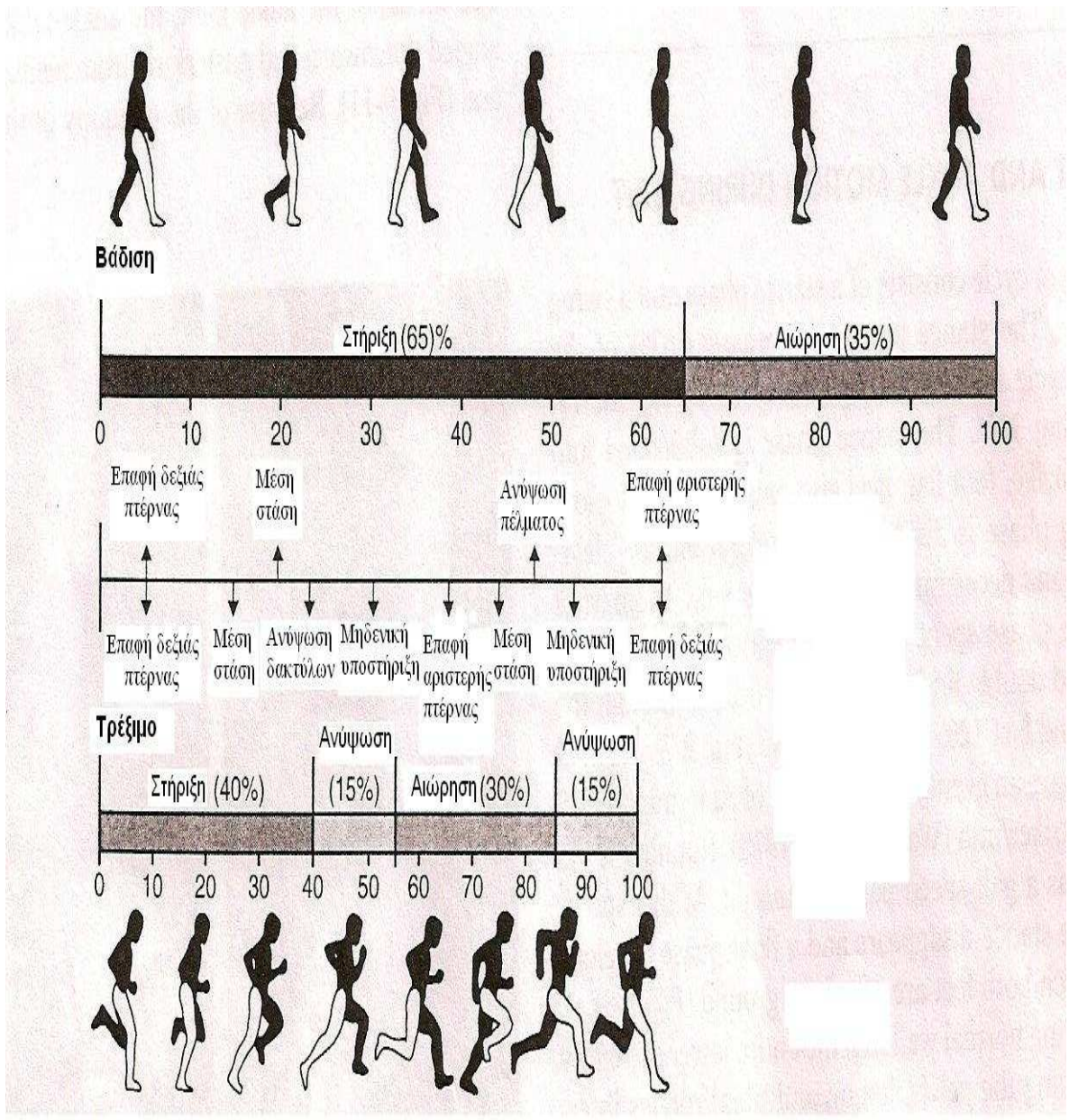
**Εικόνα 7. Η φάση στήριξης αποτελείται από δυο περιόδους διποδικής στήριξης και μια περίοδο μονοποδικής στήριξης.**

## Η ΜΥΪΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΒΑΔΙΣΗ

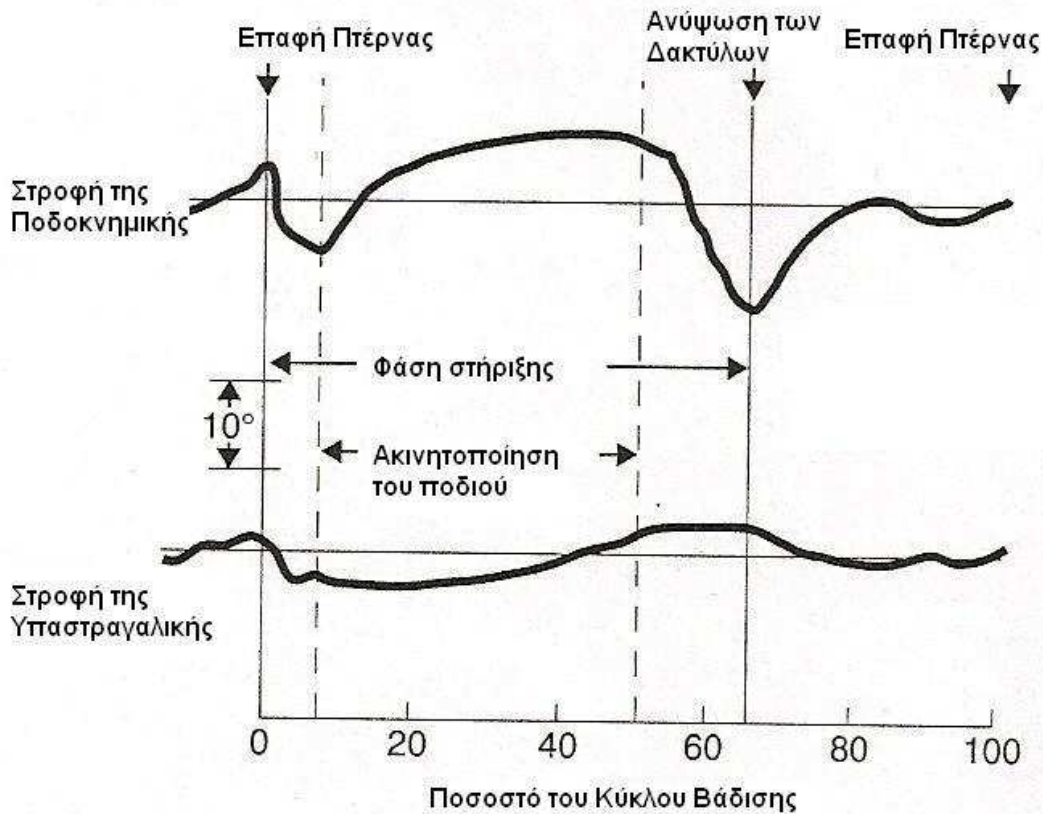
Παρόλο που οι κινήσεις του ποδιού και της ποδοκνημικής κατά τον κύκλο της βάδισης συμβαίνουν αρχικά εξαιτίας της παθητικής αλληλεπίδρασης των αρθρώσεων και των συνδέσμων, το ηλεκτρομυογράφημα έχει δείξει ότι μυϊκή δραστηριότητα πράγματι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής βάδισης(Εικ.13). Στην επαφή φτέρνας-εδάφους, οι μυς της κνήμης αναχαιτίζουν το ρυθμό της πελματιαίας κάμψης για να εμποδίσουν τη βίαια πτώση του πέλματος. Στη μέση φάση της στήριξης, οι μυς 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 μισοστήριξης 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 μισοαιώρησης.

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 μισοαιώρησης 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).



Εικόνα 8. Σύγκριση μεταξύ του κύκλου βάδισης και τρέξιματος. Στο τρέξιμο, η φάση στήριξης μειώνεται, η φάση αιώρησης αυξάνεται, η διποδική στήριξη μειώνεται και εμφανίζεται μια φάση μηδενικής υποστήριξης.



**Εικόνα 9.** Η κίνηση της ποδοκνημικής και η στροφή της υπαστραγαλικής διάρθρωσης κατά τη φυσιολογική βάρδιση. Μέγιστος πρηνισμός συμβαίνει στην υπαστραγαλική κατά την ολική στήριξη του ποδιού στην αρχή της φάσης στήριξης. Μέγιστος υπτιασμός της ποδοκνημικής συμβαίνει κατά την ανύψωση των δακτύλων.

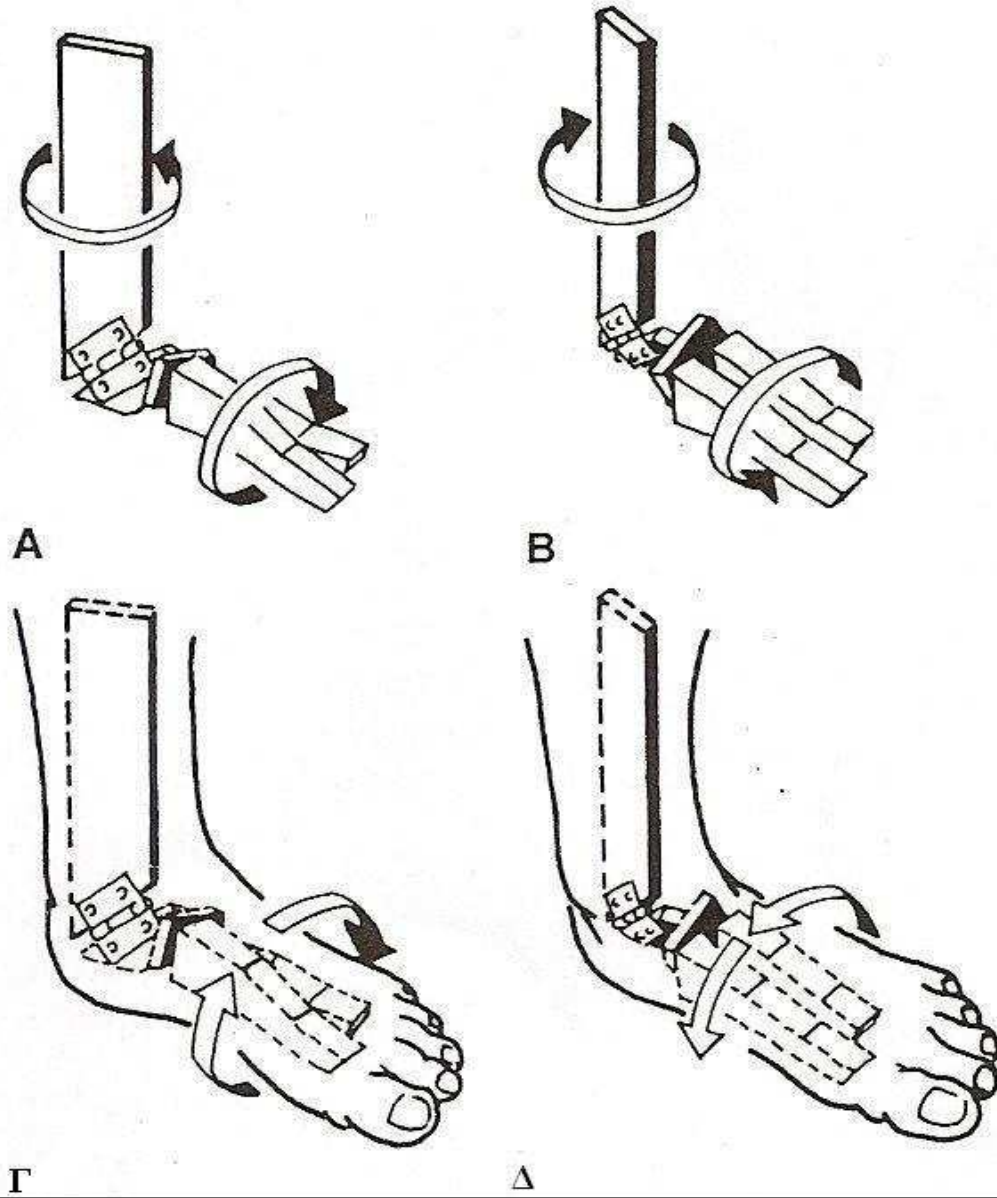
## ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΣΤΩΝ ΤΟΥ ΤΑΡΣΟΥ

### Κινήσεις Ποδοκνημικής Διάρθρωσης

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 ανάσπασση 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 κάποιιο 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

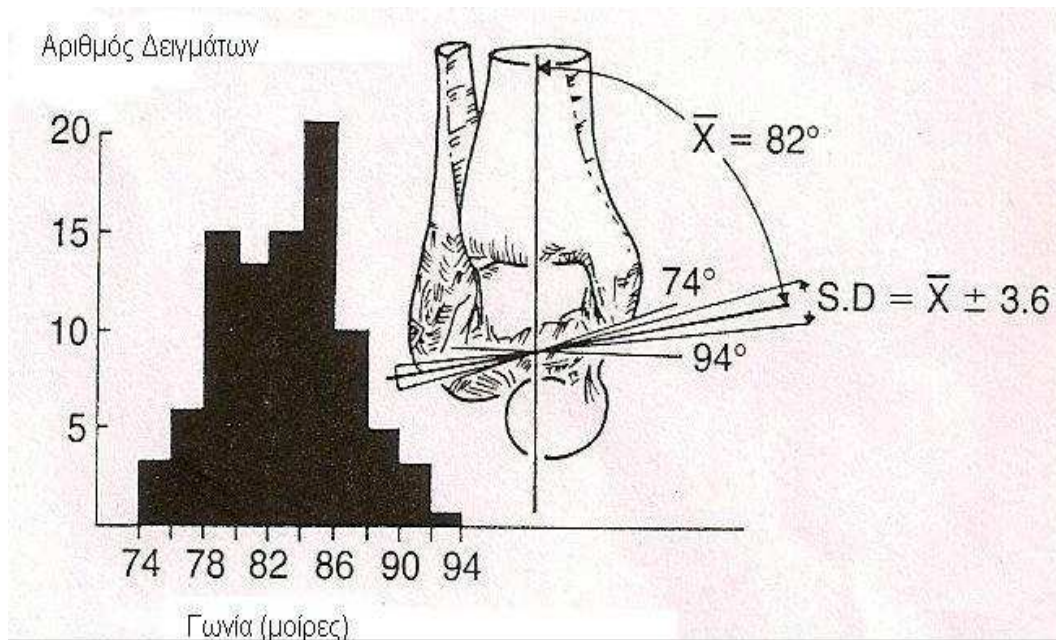


της ποδοκνημικής βρίσκεται πάνω από το οριζόντιο επίπεδο κατά  $45^\circ$  και κατά  $16^\circ$  από τη μέση γραμμή (Εικ.14). Οι πλευρές της ποδοκνημικής διάρθρωσης μοιάζουν με τμήματα του «σπιδράλ του Αρχιμήδη», σαν ένα δεξιόστροφο κατσαβίδι στο δεξί πέλμα, έτσι ώστε το οστό της φτέρνας να μεταβιβάζεται παράλληλα πρόσθια κατά μήκος του ποδοκνημικού άξονα καθώς περιστρέφεται με τη φορά του ρολογιού κατά τη στροφή της ποδοκνημικής(Εικ.15). Η μέση κίνηση της ποδοκνημικής είναι  $20^\circ$  με  $30^\circ$  έσω στροφή και 5 με  $10^\circ$  έξω στροφή. Η λειτουργική κίνηση της ποδοκνημικής διάρθρωσης κατά τη βάρδιση είναι  $10^\circ$  με  $15^\circ$  . Κατά τον κύκλο βάρδισης, η φτέρνα χτυπάει στο έδαφος σε ελαφρά έσω στροφή που ακολουθείται από αστραπιαία έξω στροφή το πολύ από  $5^\circ$  ως  $10^\circ$  στο 10% του κύκλου βάρδισης (Εικ.9) (Sarrafian,1993a,b).



**Εικόνα 10.** Μοντέλο κίνησης του ποδιού, της ποδοκνημικής και της υπαστραγαλικής διάρθρωσης.

- A.** Έξω στροφή του πάνω ραβδίου προκαλεί έσω στροφή στο κάτω.
- B.** Έσω στροφή του πάνω ραβδίου προκαλεί έξω στροφή στο κάτω.
- Γ.** Έξω στροφή της κνήμης προκαλεί υπτιασμό του ποδιού.
- Δ.** Έσω στροφή της κνήμης προκαλεί πρηνισμό του ποδιού.



**Εικόνα 11. Διαφοροποιήσεις στην γωνία μεταξύ της μέσης γραμμής της κνήμης και του άξονα της ποδοκνημικής. Ο άξονας γωνιάζεται πλάγια και κάτω οπίσθια κατά 82 μοίρες. Το ιστόγραμμα δείχνει ποικιλομορφία ανάμεσα στα δείγματα.**

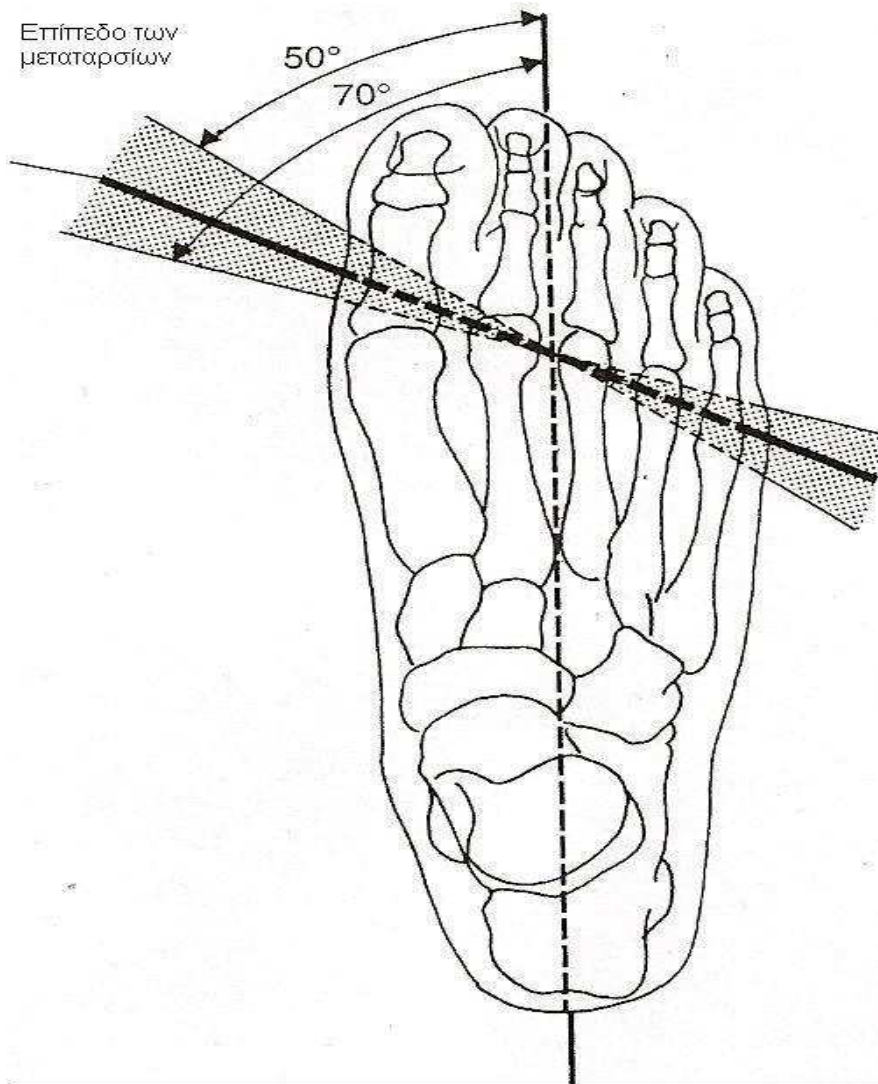
## Εγκάρσια Κίνηση Ταρσικής Άρθρωσης

Η εγκάρσια ταρσική άρθρωση, άρθρωση Chopart's, αποτελείται από αστραγαλοπτερνοσκαφοειδή διάρθρωση και πτερνοκυβοειδή διάρθρωση. Ο Manter (1941) περιέγραψε 2 άξονες κίνησης στην εγκάρσια ταρσική άρθρωση: ένα διαμήκη άξονα και ένα πλάγιο άξονα. Ο διαμήκης άξονας προσανατολίζεται  $15^\circ$  πάνω από τον οριζόντιο άξονα και  $9^\circ$  από τον διαμήκη άξονα του πέλματος. Ανάσπαση έσω και έξω χείλους συμβαίνουν στο διαμήκη άξονα (Εικ.16). Ο πλάγιος άξονας προσανατολίζεται στις  $52^\circ$  πάνω από τον οριζόντιο και  $57^\circ$  μεσοπρόσθια. Η κάμψη και έκταση συμβαίνουν αρχικά γύρω από αυτόν τον άξονα (Εικ.17). Οι Ouzonian και Shereff (1989) προσδιόρισαν σε τεχνητό περιβάλλον ότι η κίνηση στην αστραγαλοπτερνοσκαφοειδή διάρθρωση είναι  $7^\circ$  σε κάμψη-έκταση και  $17^\circ$  μοίρες σε πρηνισμό-υπτιασμό. Η κίνηση στην πτερνοκυβοειδή διάρθρωση είναι  $2^\circ$  κάμψη-έκταση και  $7^\circ$  πρηνισμό-υπτιασμό.

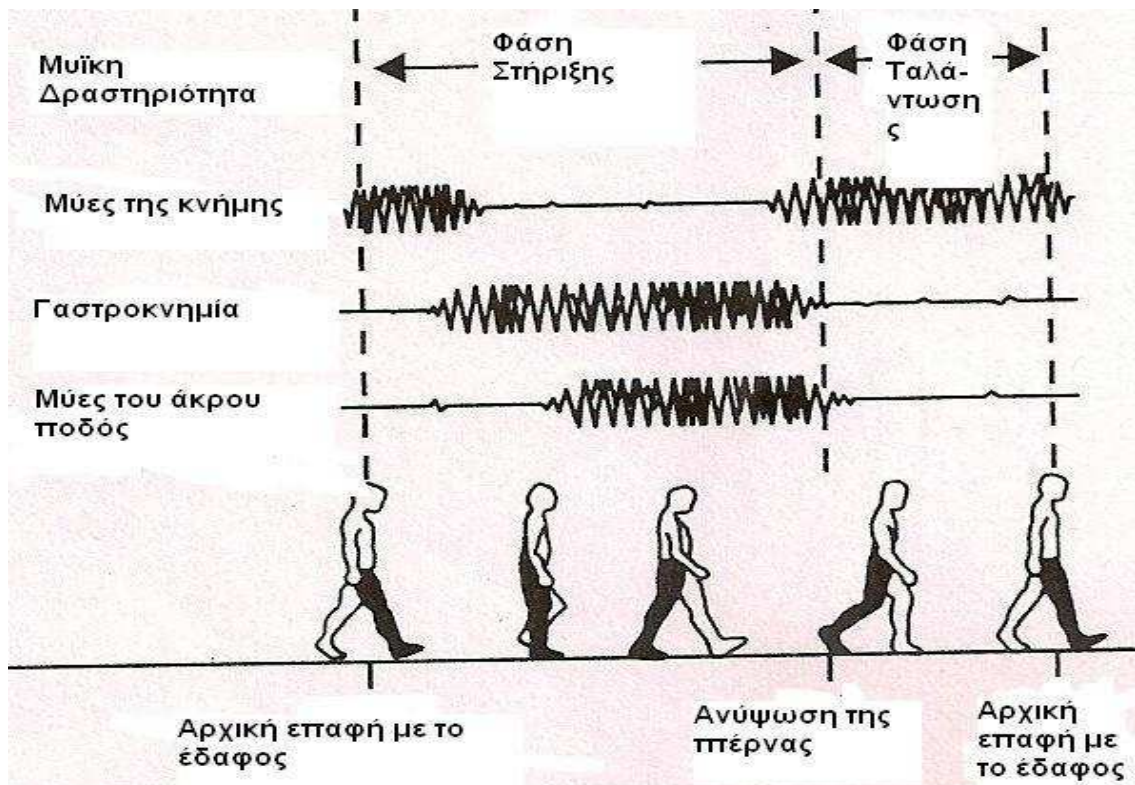
Οι κινήσεις της ποδοκνημικής διάρθρωσης και η εγκάρσια ταρσική άρθρωση συνεργάζονται για να αυξήσουν είτε την ελαστικότητα είτε ακαμψία στον άκρο πόδα. Ο Elftman (1960) απέδειξε ότι οι μεγαλύτεροι άξονες της πτερνοκυβοειδούς και της αστραγαλοπτερνοσκαφοειδούς διάρθρωσης είναι παράλληλοι όταν η υποποδοκνημική διάρθρωση βρίσκεται σε ανάσπαση, επιτρέποντας έτσι την κίνηση της εγκάρσιας ταρσικής άρθρωσης. Καθώς η ποδοκνημική διάρθρωση βρίσκεται σε ανάσπαση, οι άξονες αυτών των αρθρώσεων είναι συγκλίνοντες, ρυθμίζοντας έτσι την εγκάρσια ταρσική άρθρωση και παρέχοντας σταθερότητα στην μεσότητα του άκρου πόδα(Εικ.18). Από τη φάση μισοαιώρησης ως και τη φάση ανύψωσης του

μεγάλου δακτύλου, ο άκρος πόδας γίνεται ένας άκαμπτος μοχλός μέσω ανάσπασης της ποδοκνημικής διάρθρωσης και μπλοκαρίσματος της εγκάρσιας ταρσικής άρθρωσης.

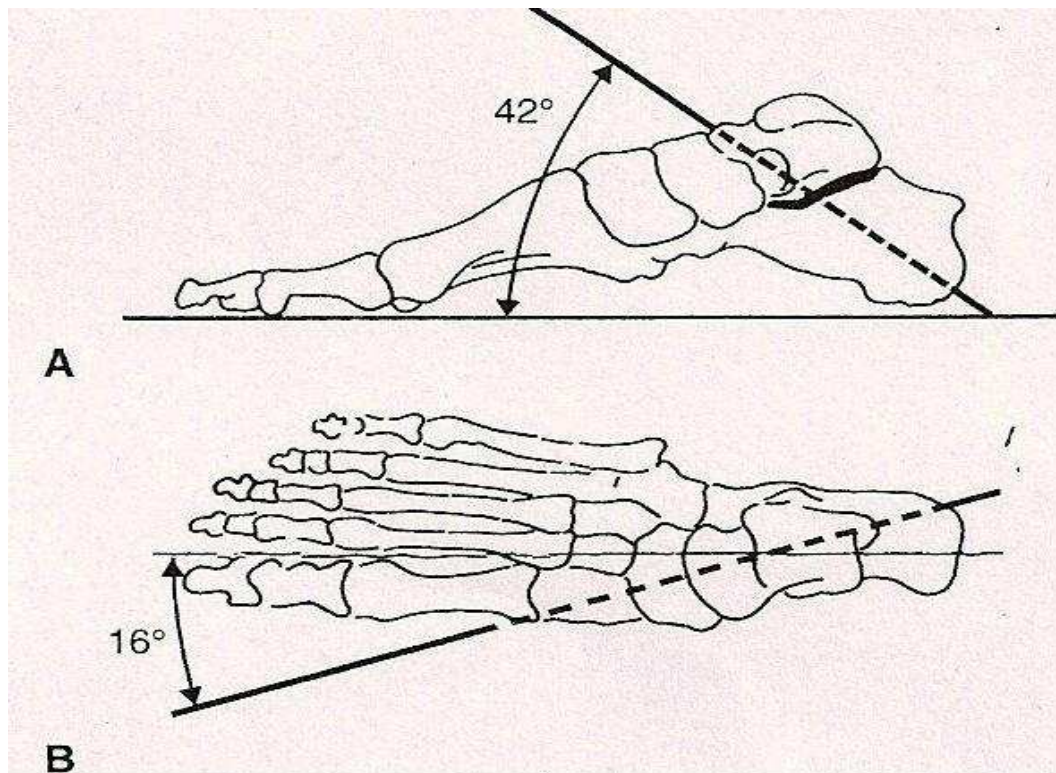
Ο Astion (1997) απέδειξε τη στενή αλληλεπίδραση μεταξύ της ποδοκνημικής, αστραγαλοπτερνοσκαφοειδούς και πτερνοκυβοειδούς διάρθρωσης σε μια μελέτη που απαιτούσε πειραματικά επιλεκτική αλληλοσυσχέτιση αυτών των διαρθρώσεων. Η αρθρωδεσία της ποδοκνημικής διάρθρωσης μείωσε την κίνηση στην αστραγαλοπτερνοσκαφοειδή διάρθρωση σε 26% της φυσιολογικής της κίνησης και μείωσε την κίνηση στην πτερνοκυβοειδή διάρθρωση στο 56% της φυσιολογικής. Η πτερνοκυβοειδής αρθρωδεσία μείωσε την κίνηση στην ποδοκνημική στο 92% της φυσιολογικής και την κίνηση στην αστραγαλοπτερνοσκαφοειδή διάρθρωση στο 67% της φυσιολογικής. Επιλεκτική κινητοποίηση της αστραγαλοπτερνοσκαφοειδούς διάρθρωσης είχε σχεδόν προφανές αποτέλεσμα στις εναπομένουσες διαρθρώσεις, μειώνοντας την εναπομένουσα κίνησή τους σε 2 ° μόνο η καθεμία. Ο Beaudoin (1991) απέδειξε ότι η πειραματική κινητοποίηση της ποδοκνημικής διάρθρωσης είχε ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση της λειτουργίας της αστραγαλοπτερνοσκαφοειδούς διάρθρωσης και επίσης μείωση της λειτουργίας της άρθρωσης του αστραγάλου.



**Εικόνα 12.** Το επίπεδο των μεταταρσίων (ραχιαία άποψη), μια γενίκευση των στιγμιαίων κέντρων στροφής των πέντε μεταταρσιοφαλαγγικών αρθρώσεων, μπορεί να διαφέρει σε κάθε άτομο από 50 ως 70 μοίρες σε σχέση με την κατεύθυνση του επιμήκη άξονα του ποδιού.



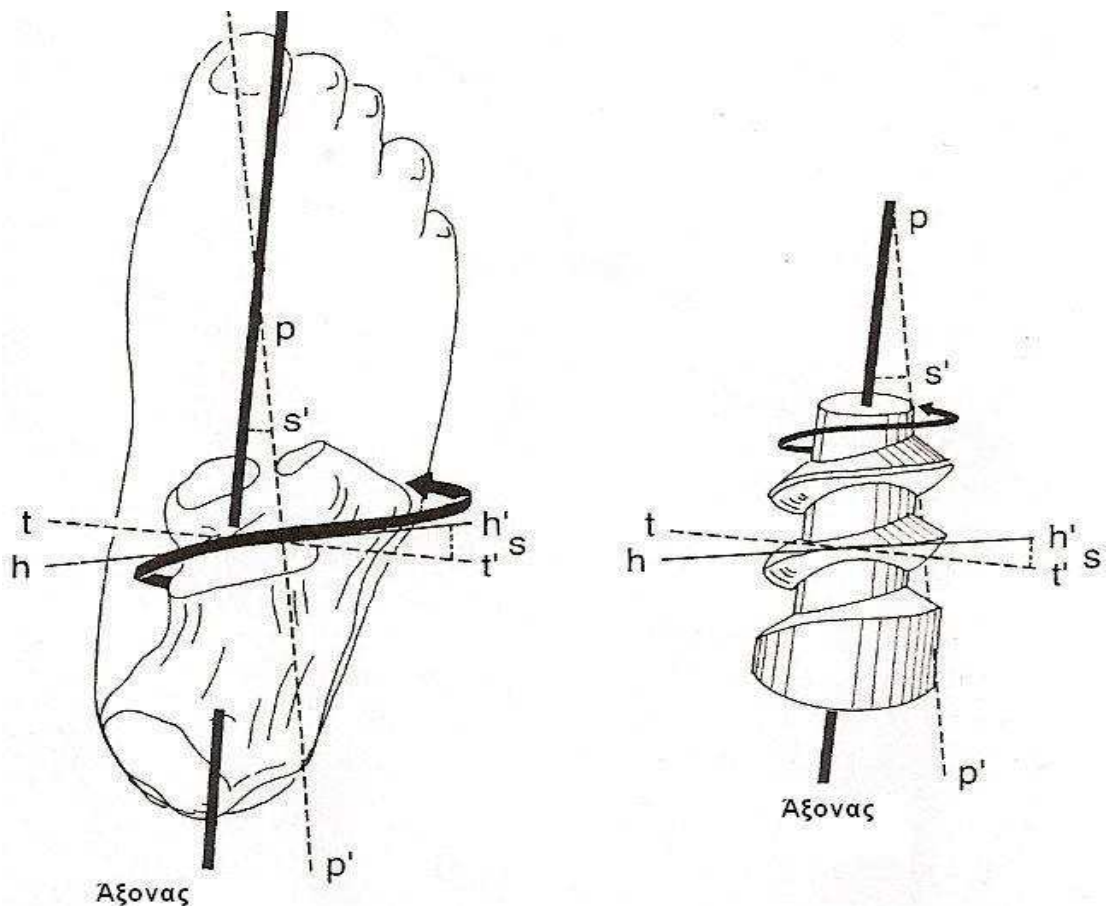
**Εικόνα 13.** Σχηματική αναπαράσταση της δραστηριότητας των μυών του ποδιού κατά τη φυσιολογική βόδιση.



**Εικόνα 14.** Άξονας της υποστραγαλικής διάρθρωσης.

**A.** Οβελιαίο επίπεδο (πλάγια άποψη). Ο άξονας έχει 42 μοίρες γωνία σε σχέση με την πελματιαία επιφάνεια.

**B.** Εγκάρσιο επίπεδο (ραχιαία άποψη). Ο άξονας έχει 16 μοίρες γωνία σε σχέση με την μέση γραμμή του ποδιού.

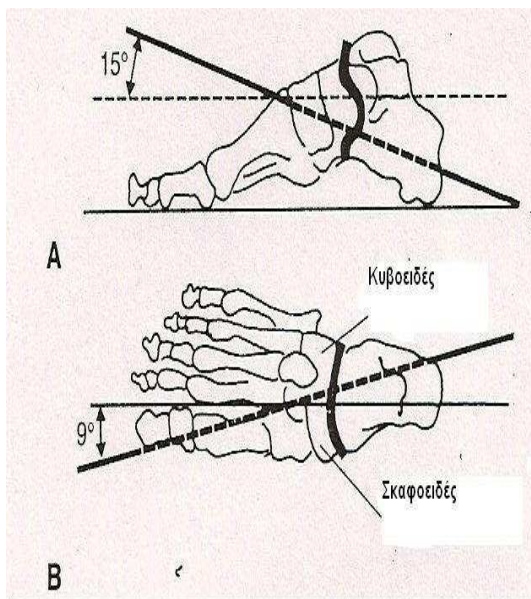


**Εικόνα 15. Σύγκριση της οπίσθιας επιφάνειας του αστραγάλου της δεξιάς υπαστραγαλικής διάρθρωσης σε σχέση με ένα δεξιόστροφο κατσαβίδι. Το βέλος δείχνει πως η κίνηση του ποδιού ακολουθεί την κίνηση του κατσαβιδιού. Η κίνηση στον άξονα lh' γίνεται στο οριζόντιο επίπεδο. Το επίπεδο tt' είναι κάθετο με τον άξονα του κατσαβιδιού. Το s είναι η ελικοειδής γωνία του κατσαβιδιού, ίση με την s', η οποία δημιουργείται από το κάθετο επίπεδο pp' στον άξονα. Καθώς η πτέρνα στρέφεται προς τα μέσα, το βέλος κινείται με την φορά του ρολογιού κατά μήκος του άξονα.**

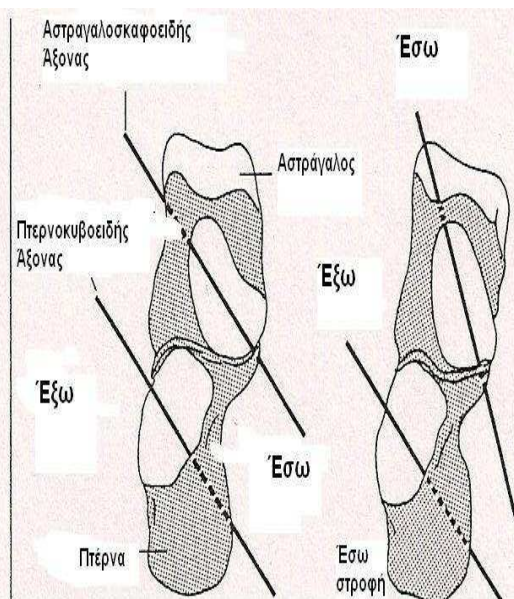
## Κινήσεις στις Ταρσομετατάρσιες και Μεσοτάρσιες Διαρθρώσεις

Οι διαρθρώσεις μεταξύ των τριών σφηνοειδών οστών, του κυβοειδές και των πέντε μεταταρσίων παράγουν μικρή κίνηση. Οι μεσοτάρσιες διαρθρώσεις είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους και εκτελούν ελάχιστη κίνηση ολίσθησης μεταξύ τους. Οι ταρσομετατάρσιες διαρθρώσεις, γνωστές σαν διαρθρώσεις Lisfranc, είναι ενδογενώς σταθερές εξαιτίας της τοξοειδούς διαμόρφωσής τους, η οποία φαίνεται καλύτερα σε εγκάρσια διατομή. Η βάση του δεύτερου μεταταρσίου βρίσκεται στη μέση του άκρου πόδα, σχηματίζοντας μια διάρθρωση με το διάμεσο σφηνοειδές η οποία μοιάζει με κλειδί (Εικ.19). Ένας δυνατός σύνδεσμος, γνωστός ως σύνδεσμος Lisfranc, συνδέει τη βάση του δεύτερου μεταταρσίου με το διάμεσο σφηνοειδές οστό. Η κίνηση των πρώτων τριών μεταταρσοσφηνοειδών αρθρώσεων είναι ελάχιστα

ανάλογη με την κίνηση στην τέταρτη και την πέμπτη μεταταρσοκυβοειδή άρθρωση. Οι Ouzonian και Shereff καθόρισαν την κίνηση μεταξύ του πρώτου μεταταρσίου και του διάμεσου σφηνοειδές σε  $3,5^\circ$  κάμψη-έκταση και  $1,5^\circ$  πρηνισμό-υππιασμό, ενώ οι κινήσεις των τέταρτων και πέμπτων μεταταρσοκυβοειδών αρθρώσεις ήταν  $9^\circ$  με  $10^\circ$  κάμψη-έκταση και  $9^\circ$  με  $11^\circ$  πρηνισμό-υππιασμό. Μια ζωντανή μελέτη της κίνησης μεταξύ του πρώτου μεταταρσίου και του διάμεσου σφηνοειδές οστού προσδιόρισε μια μέση οβελιαία κίνηση  $4.4^\circ$  (Fritz & Prieskorn, 1995). Μια άλλη μελέτη της κίνησης μεταξύ του πρώτου μεταταρσίου και του διάμεσου σφηνοειδές οστού έδειξε ότι μόνο το 11% από τα 100 δείγματα εμφάνισαν οποιαδήποτε κίνηση απαγωγής-προσαγωγής (Wanivenhaus % Pretterklieber, 1989). Πρόσφατα έχει υπάρξει ανησυχία ότι η αυξημένη κίνηση μεταξύ του πρώτου μεταταρσίου και του διάμεσου σφηνοειδές οστού μπορεί να οδηγήσει σε αποφόρτιση της πρώτης σειράς των οστών και συνεπακόλουθα σε δυσμορφία της φυσιολογικής απόκλισης του μεγάλου δακτύλου του ποδιού (Klaue, Hansen & Masquelet, 1994). Ο Mizel (1993) περιέγραψε τον πρώτο πελματιαίο σφηνοειδομετατάρσιο σύνδεσμο σαν το μέγιστο περιορισμό του ραχιαίου γωνιάσματος και ακολούθως της ραχιαίας μετατόπισης της κεφαλής του πρώτου μεταταρσίου.



Εικόνα 16. Επιμήκης άξονας της εγκάρσιας ταρσικής άρθρωσης. Έσω και έξω στροφή γίνονται σε αυτόν τον άξονα. Α. Πλάγια άποψη. Β. Πάνο άποψη.



Εικόνα 18. Προσθιοπίσθια άποψη της εγκάρσιας ταρσικής άρθρωσης του δεξιού ποδιού. Φαίνονται οι πρόσθιες αρθρώσεις της κεφαλής του αστραγάλου και της πτέρνας. Οι άξονες της αστραγαλοσκαφοειδής και της πτεροκυβοειδής διάρθρωσης φαίνονται στην ουδέτερη θέση (παράλληλα) και με την πτέρνα σε ραβδότητα (συγκλίνουν).

## Κινήσεις του Μεγάλου Δακτύλου του Ποδιού

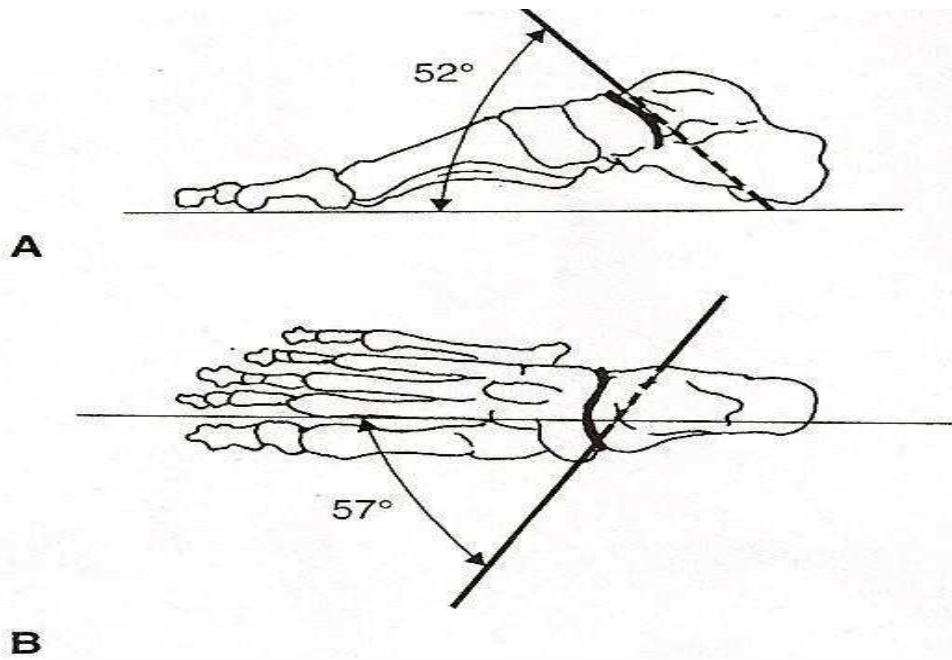
Το μεγάλο δάχτυλο του ποδιού πρέπει να διευκολύνει μια σειρά κινήσεις του άκρου πόδα, έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν ποικίλες λειτουργίες. Χρειάζεται μόνο να αναλογιστεί κανείς τη θέση ραχιαίας κάμψης του μεγάλου δακτύλου του παίχτη του μπίτζμπολ που πιάνει την μπάλα και σκύβει με τα γόνατα μαζεμένα πίσω από τη βάση της έδρας, για να εκτιμήσει το βαθμό της



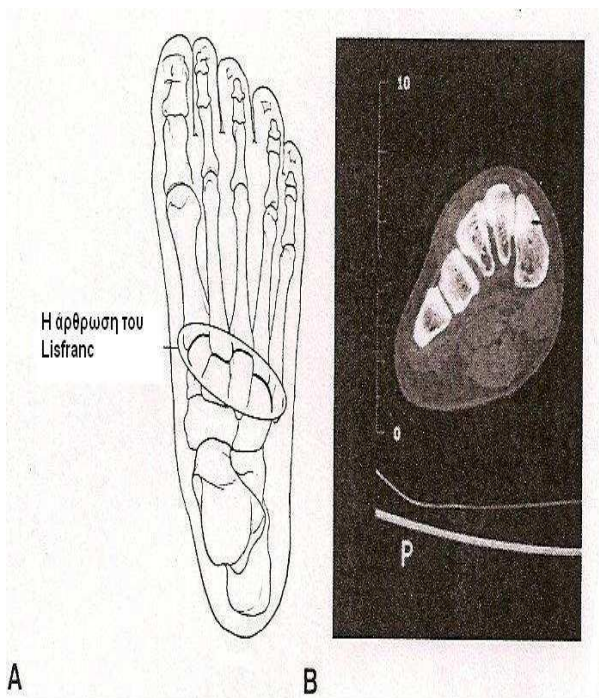
δυνατής κίνησης στο μεγάλο δάχτυλο. Η πρώτη μεταταρσιοφαλαγγική διάρθρωση έχει εμβέλεια κίνησης από  $30^\circ$  πελματιαίας κάμψης σε  $90^\circ$  ραχιαίας κάμψης, σε σχέση με το επιμήκη άξονα της πρώτης μετατάρσιος διάφυσης. Το πρώτο μετατάρσιο έχει κλίση  $20^\circ$  σε σχέση με το έδαφος. Έτσι, το εύρος κίνησης του μεγάλου δακτύλου είναι  $50^\circ$  πελματιαία κάμψη προς  $70^\circ$  ραχιαία κάμψη σε σχέση με την επιφάνεια του πατώματος. Κατά τη φάση ανύψωσης της φτέρνας στη φυσιολογική βάδιση, απαιτείται η μέγιστη ραχιαία κάμψη της πρώτης μεταταρσιοφαλαγγικής διάρθρωσης.

Η ανάλυση της κίνησης του μεγάλου δακτύλου στο οβελιαίο επίπεδο έδειξε ότι τα στιγμιαία κέντρα κίνησης συχνά πέφτουν μέσα στο κέντρο της κεφαλής του μεταταρσίου, με ελάχιστη διασπορά (Εικ.20). Η επιφανειακή κίνηση της πρώτης μεταταρσιοφαλαγγικής διάρθρωσης χαρακτηρίζεται ως εφαπτόμενη ολίσθηση από μέγιστη πελματική κάμψη σε μέση ραχιαία κάμψη (Sammargo, 1980; Shereff, Bejahi & Kummer 1986). Ο Ahn et al. (1997) καθόρισε το εμβαδόν της επιφάνειας άρθρωσης της κεφαλής του πρώτου μετατάρσιου σε  $0.38 \text{ cm}^2$  στην ουδέτερη στάση, η οποία μειώνεται σε  $0.04 \text{ cm}^2$  στην πλήρη ραχιαία κάμψη (Εικ.21). Η επιφάνεια άρθρωσης της κεφαλής του πρώτου μεταταρσίου μετατοπίζεται ραχιαία με πλήρη έκταση και συσχετίζεται με τη συμπίεση τη άρθρωσης. Αυτό εξηγεί το χαρακτηριστικό σχηματισμό ραχιαίων οστεόφυτων και περιορισμένη ραχιαία κάμψη του κεντρικής φάλαγγας σε περιπτώσεις δυσκαμψίας του μεγάλου δακτύλου (Εικ.22).

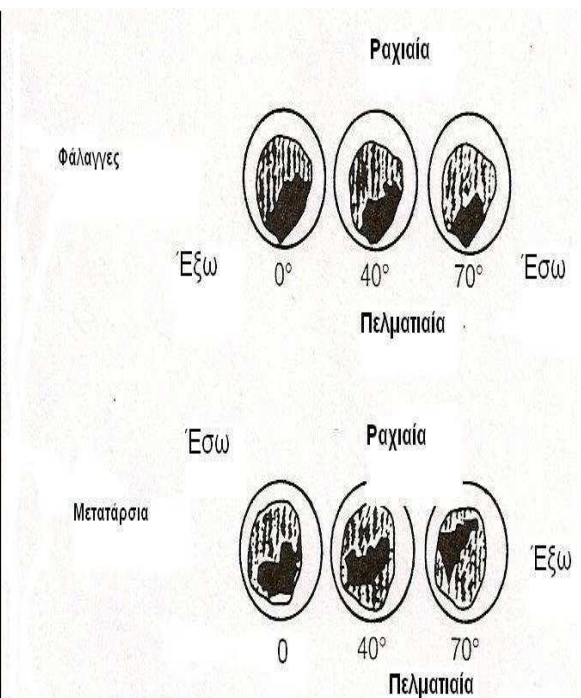
Το μεγάλο δάχτυλο παρέχει σταθερότητα στη μεσότητα του ποδιού μέσω του μηχανισμού του ελύτρου της πελματιαίας απονεύρωσης. Καθώς το σώμα περνά στη φάση ανύψωσης της φτέρνας, η κεντρική φάλαγγα περνά πάνω από την κεφαλή του μεταταρσίου και τη συμπιέζει. Αυτό έχει επιβεβαιωθεί από ανάλυση των δυνάμεων στην τελευταία φάση της στήριξης, η οποία δείχνει ότι η πίεση κάτω από την κεφαλή του πρώτου μεταταρσίου αυξάνεται σε αυτή τη φάση της βάδισης (Clark, 1980). Στο βλαισό μεγάλο δάχτυλο, η μέση φάλαγγα μετατοπίζεται πλάγια και πρηνίζεται ως προς την κεφαλή του πρώτου μεταταρσίου. Αυτή η μη φυσιολογική θέση της μέσης φάλαγγας μειώνει την δυνατότητα καθόδου της κεφαλής του μεταταρσίου κατά τη φάση ανύψωσης της φτέρνας. Σε οποιαδήποτε κλινική περίπτωση κατά την οποία επηρεάζεται η φυσιολογική κάθοδος της κεφαλής του μεταταρσίου, μπορούν να μεταφερθούν πελματικές δυνάμεις πλάγια στις κεφαλές του δεύτερου και τρίτου μεταταρσίου με αποτέλεσμα το σχηματισμό επίπλων πελματιαίων κάλων που ονομάζονται διάχυτες αλλοιώσεις (Περίπτωση Μελέτης 1 και Εικ.23, 24).



**Εικόνα 17. Πλάγιος άξονας της εγκάρσιας ταρσικής άρθρωσης. Η κάμψη και η έκταση γίνονται σε αυτόν τον άξονα. Α. Πλάγια άποψη. Β. Ραχιαία άποψη.**

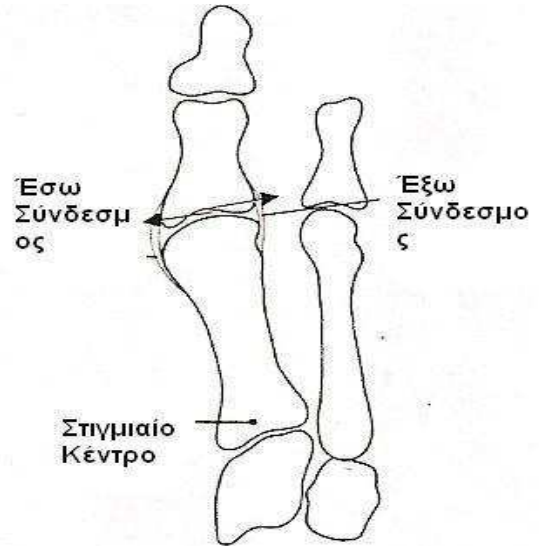
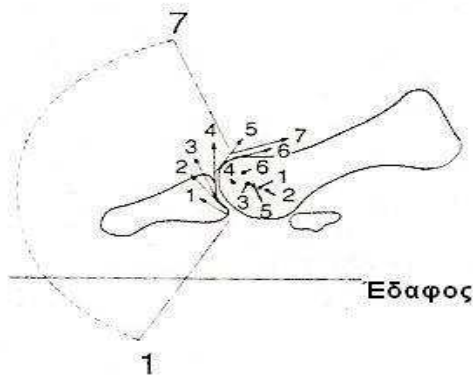


**Εικόνα 19. Α. Ραχιαία άποψη των ταρσομετατάριων αρθρώσεων, γνωστόν ως άρθρωση του Lisfranc. Δίνεται έμφαση στην βάση του δεύτερου μεταταρίου. Β. Διατμηματική άποψη της άρθρωσης του Lisfranc, όπως φαίνεται στον αξονικό τομογράφο. Δίνεται έμφαση στην μορφή καμάρας.**



**Εικόνα 21. Σχέση κατανομής της πρώτης μεταταρσοφαλαγγικής άρθρωσης στην ουδέτερη θέση, σε 40 μοίρες έκταση και σε 70 μοίρες έκταση. Επάνω: Αρθρική σχέση των κεντρικών φαλάγγων. Κάτω: Αρθρική σχέση της κεφαλής του μεταταρίου. Σε αυξημένη έκταση, η επιφάνεια άρθρωσης της μετατάριου, κεφαλής στρέφεται ραχιαία.**

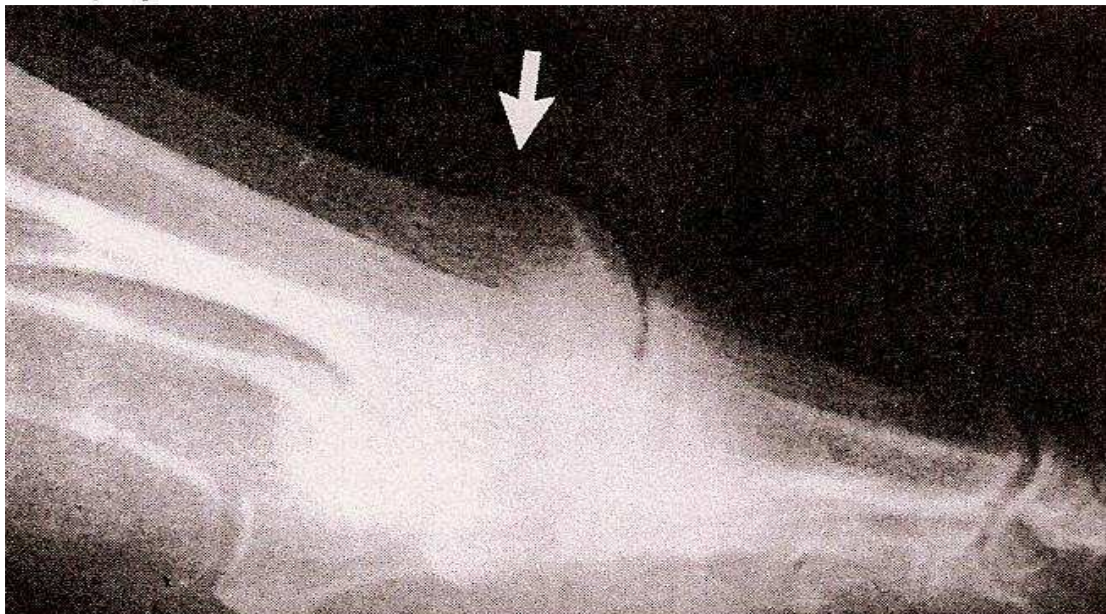
Φυσιολογική Φόρτιση



**A**

**B**

**Εικόνα 20. Α.** Ανάλυση των στιγμαίων κέντρων και της επιφανείας κίνησης της μεταταρσιοφαλαγγικής άρθρωσης του μεγάλου δακτύλου στο οβελιαίο επίπεδο. Κάθε βέλος δείχνει την μετατόπιση των αριθμημένων στιγμαίων κέντρων. Ολίσθηση εμφανίζεται κατά τη διάρκεια όλης της κίνησης, εκτός από την οριακή έκταση, που συμβαίνει κατά την φάση ανύψωσης των δακτύλων στον κύκλο της βόδισης. Στην πλήρη έκταση, εμφανίζεται συμπίεση της άρθρωσης. **Β.** Ανάλυση των στιγμαίων κέντρων της μεταταρσιοφαλαγγικής άρθρωσης του μεγάλου δακτύλου στο εγκάρσιο επίπεδο κατά τη φυσιολογική φόρτιση. Ολίσθηση (που φαίνεται από τα βέλη) συμβαίνει στο επίπεδο της άρθρωσης ακόμα και αν το εύρος της κίνησης είναι μικρό.

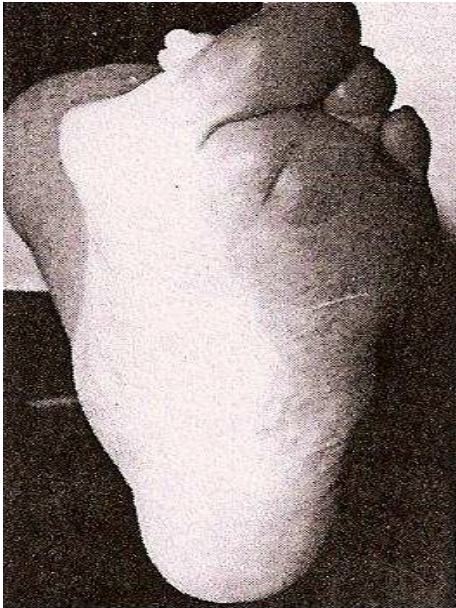


**Εικόνα 22.** Πλάγια άποψη του μεγάλου δάκτυλου του ποδιού. Φαίνονται οστεόφυτα στη ραχιαία επιφάνεια της κεφαλής του μεταταρσίου, τα οποία εμποδίζουν την έκταση.

## Κινήσεις Των Υπόλοιπων Δακτύλων

Τα τέσσερα δάχτυλα του ποδιού είναι ανάλογα των δακτύλων του χεριού. Τα τέσσερα δάχτυλα έχουν τρεις φάλαγγες, που η κίνηση της καθεμίας ελέγχεται από οπίσθιους μύες, οι οποίοι εκφύονται από όλο το κάτω άκρο και από πρόσθιους μύες, οι οποίοι εκφύονται από τον άκρο πόδα. Η φυσιολογική κίνηση της μεταταρσιοφαλαγγικής διάρθρωσης είναι περίπου από 90 ° έκταση ως 50 ° κάμψη. Οι οπίσθιοι και πρόσθιοι μύες βοηθούν τους εκτείνοντες μύς των δακτύλων, οι οποίοι ελέγχουν τις κινήσεις των μεταταρσιοφαλαγγικών και των μεσοφαλαγγικών διαρθρώσεων ( Εικ.25). Οι οπίσθιοι μύες αποτελούνται από τον μακρύ καμπτήρα των δακτύλων και τους εκτείνοντες μύες. Οι ελμινθοειδείς και οι μεσόστεοι είναι οι κύριοι πρόσθιοι μύες, συναγωνιστές στους εκτείνοντες των δακτύλων. Οι πρόσθιοι μύες κάμπτουν τις μεταταρσιοφαλαγγικές διαρθρώσεις και εκτείνουν τις μεσοφαλαγγικές διαρθρώσεις (Εικ.26). Οι μακρές εκτείνοντες των δακτύλων μύες εκτείνουν τις μεταταρσιοφαλαγγικές διαρθρώσεις διαμέσου της δράσης των οβελιαίων συνδέσμων, σηκώνοντας τις μέσες φάλαγγες σε έκταση (Εικ.27). Ο βραχύς καμπτήρας των δακτύλων είναι ο κύριος καμπτήρας της κεντρικής μεσοφαλαγγικής διάρθρωσης. Ο μακρύς καμπτήρας των δακτύλων είναι ο κύριος καμπτήρας της άνω μεσοφαλαγγικής διάρθρωσης.

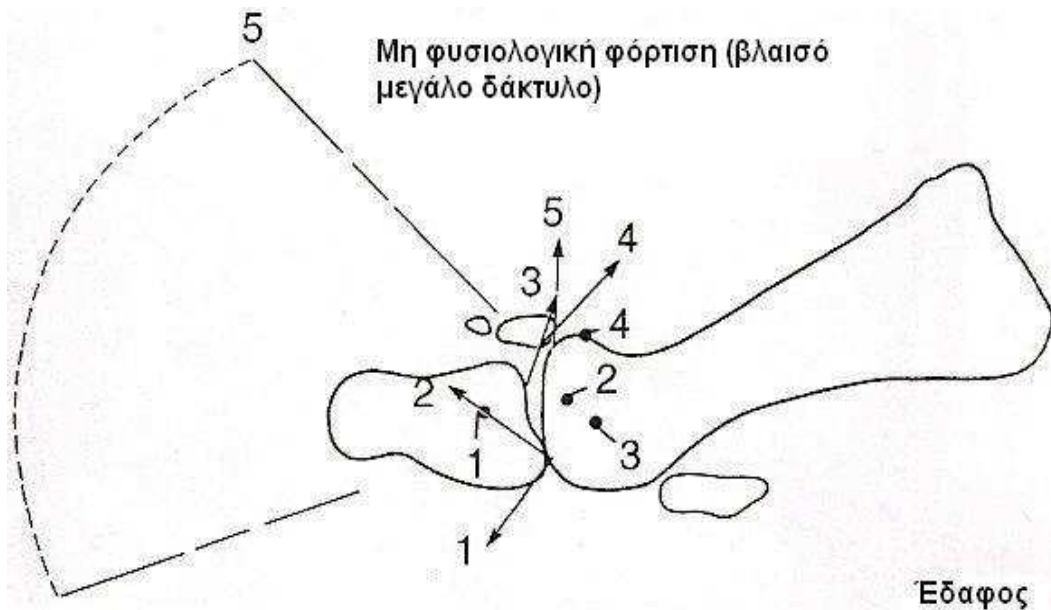
Οι νευρολογικές παθήσεις όπως η διαβητική νευροπάθεια ή η ασθένεια Charcot-Marie-Tooth, αρχικά επηρεάζουν τους πρόσθιους μύες του ποδιού και οδηγούν σε πρόσθια μυϊκή αδυναμία. Οι οπίσθιοι μύες υπερισχύουν των πρόσθιων μυών και μια δυσμορφία, όπως η γαμψοδακτυλία, δημιουργείται με έκταση των μεταταρσιοφαλαγγικών διαρθρώσεων και κάμψη των μεσοφαλαγγικών διαρθρώσεων (Εικ.28).



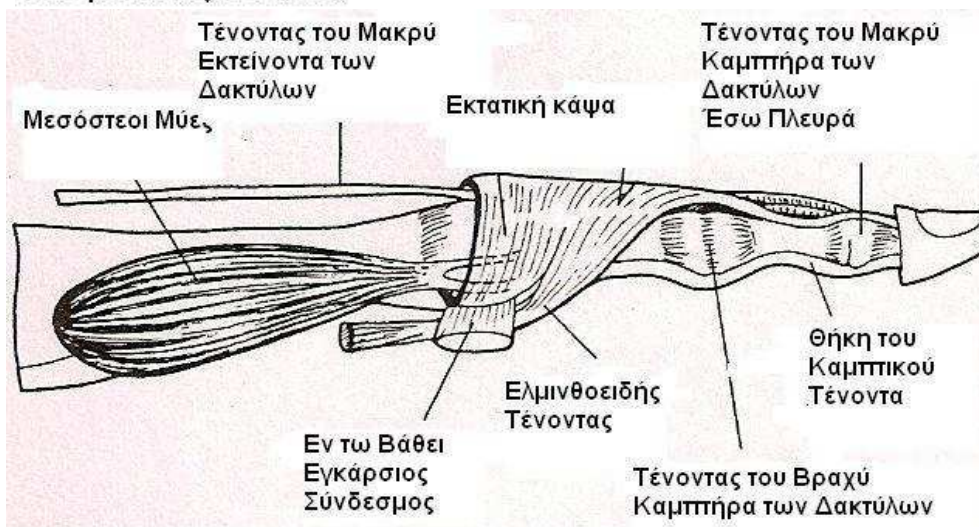
**Εικόνα 23.** Αποψη της πελματιαίας επιφάνειας του ποδιού ενός ασθενή με βλαισό μεγάλο δάκτυλο. Εμφανίζει αλλοιώσεις στην κεφαλή του 1ου και 3ου μεταταρσίου, που σημαίνει μετατόπιση των φορτίσεων από το 1ο στα υπόλοιπα μετατάρσια

## Περίπτωση Μελέτης 1

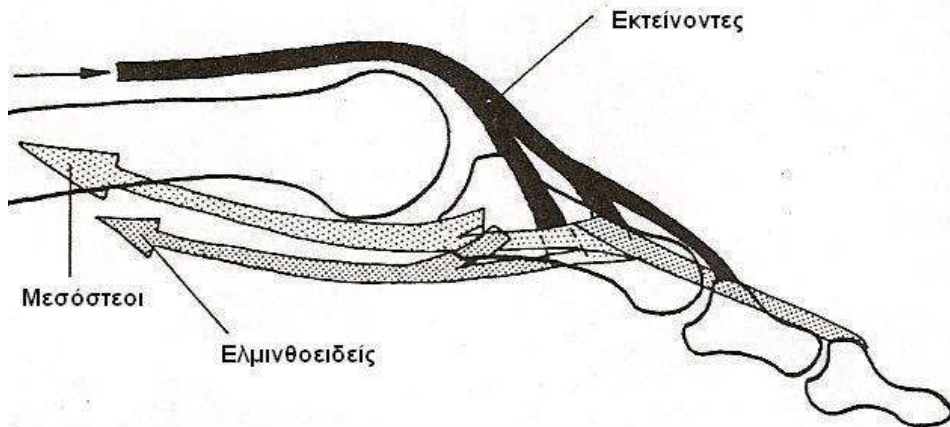
Μία πενήντάχρονη γυναίκα που φορούσε υποδήματα με στενό πρόσθιο τμήμα για περίπου 35 χρόνια. Εξαιτίας της πίεσης στο πρόσθιο τμήμα του ποδιού και κυρίως έσω και πλάγια, δημιουργήθηκε το βλαισό μεγάλο δάκτυλο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι κεντρικές φάλαγγες μετατοπίστηκαν προς τα έξω και πρηνίστηκαν ως προς την κεφαλή του 1<sup>ου</sup> μεταταρσίου. Η μη φυσιολογική θέση της κεντρικής φάλαγγας περιορίζει την ικανότητα μεταφοράς φορτίου στις κεφαλές των μεταταρσίων κατά την ανύψωση των δακτύλων.



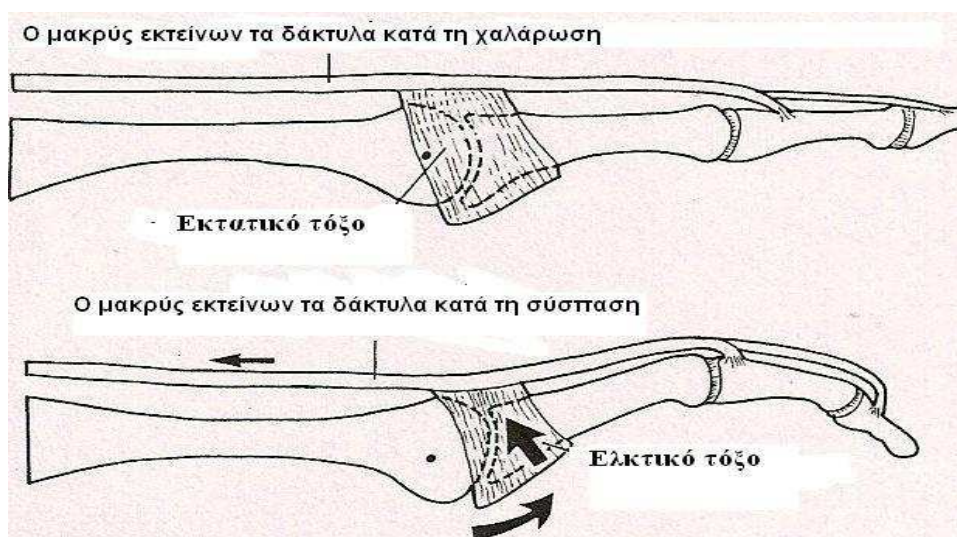
**Εικόνα 24.** Διαφοροποιημένα στυγμαία κέντρα δημιουργεί ένα βλαισό μεγάλο δάκτυλο, όπως φαίνεται από την ανάλυση της κίνησης της μεταταρσιοφαλαγγικής άρθρωσης του μεγάλου δακτύλου στο οβελιαίο επίπεδο. Κάθε βέλος δείχνει την μετατόπιση των αριθμημένων στυγμαίων κέντρων. Η καμπύλη δείχνει το εύρος κίνησης του μεγάλου δακτύλου, που είναι πιο περιορισμένη απ'ότι στο φυσιολογικό πόδι.



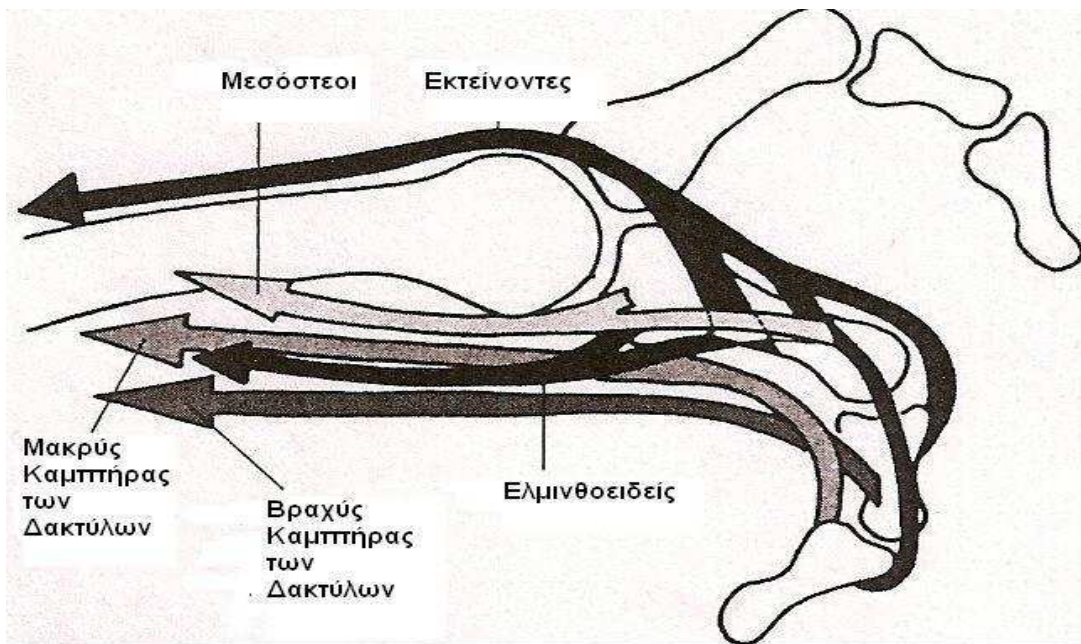
**Εικόνα 25.** Πλάγια άποψη του μικρού δακτύλου, που δείχνει την εκτατική κάψα με τους συναγωνιστές μύες και τους συνδέσμους.



**Εικόνα 26.** Οι ελμινθοειδείς και οι μεσόστεοι μύες κάμπτουν τις μεταταρσιοφαλαγγικές αρθρώσεις και εκτείνουν τις μεσοφαλαγγικές.



**Εικόνα 27.** Πλάγιο διάγραμμα που δείχνει την δράση του εκτατικού τόξου. Όταν ο μακρύς εκτείνων τα δάκτυλα συσπάται(κάτω), οι τελικές φάλαγγες εκτείνονται.



**Εικόνα 28**

**Γαμψοδακτυλία δημιουργείται από ανισορροπία των πρόσθιων και οπίσθιων μυϊκών ομάδων. Σχετική αδυναμία των ελμινθοειδών και των μεσόστεων μυών, με υπερδιάταση των καμπτήρων και εκτεινόντων των δακτύλων, προκαλεί διαταραχή στην μεταταρσιοφαλαγγική έκταση και την μεσοφαλαγγική κάμψη.**

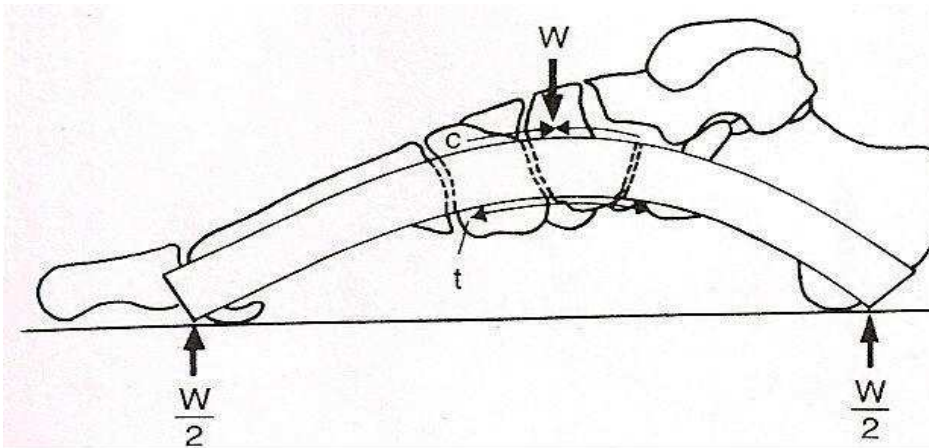
## Η ΟΒΕΛΙΑΙΑ (ΕΠΙΜΗΚΗΣ) ΚΑΜΑΡΑ

Υπάρχουν δύο μοντέλα περιγραφής της οβελιαίας(επιμήκης) καμάρας του πέλματος: το μοντέλο ακτίνας και το μοντέλο υποστήριξης(Sarrafian , 1987). Το μοντέλο ακτίνας δηλώνει ότι η καμάρα είναι μια καμπυλωτή ακτίνα, κατασκευασμένη από αλληλοσυνδεόμενες αρθρώσεις των οποίων η δομή και η σταθερότητα εξαρτώνται άμεσα από την αλληλοεπίδραση των αρθρώσεων και των συνδέσμων. Δυνάμεις τάσεως αναπτύσσονται στα κατώτερα σημεία της ακτίνας και συμπιεστικές δυνάμεις αναπτύσσονται στο ανώτερο σημείο της ακτίνας (Εικ.29). Το υποστηρικτικό μοντέλο δηλώνει ότι η καμάρα έχει μια τριγωνική δομή με δύο υποστυλώματα συνδεδεμένα στη βάση με μια συνδετική ράβδο. Τα υποστυλώματα είναι υπό συμπίεση και η συνδετική ράβδος είναι τεντωμένη (Εικ.30). Και οι δύο τύποι έχουν εγκυρότητα και μπορούν να αποδειχθούν κλινικά.

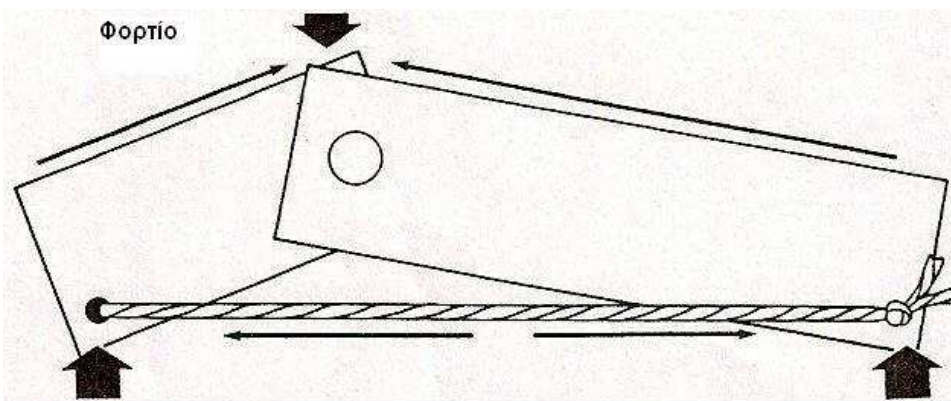
Στο υποστηρικτικό μοντέλο, η συνδετική ράβδος είναι η πελματιαία απονεύρωση. Η πελματιαία απονεύρωση ξεκινά από το κύρτωμα του οστού της πτέρνας και καλύπτει τον εγκάρσιο ταρσό, τις ταρσομεταταρσικές και μεταταρσιοφαλαγγικές αρθρώσεις για να καταλήξει στις μεταταρσιοφαλαγγικές πελματιαίες πλάκες, στους παράπλευρους συνδέσμους καθώς επίσης και στα σφαιροειδή οστά του μεγάλου δακτύλου. Η ραχιαία κάμψη των μεταταρσιοφαλαγγικών αρθρώσεων δημιουργεί έλξη στην πελματιαία απονεύρωση και προκαλεί ανύψωση της ποδικής καμάρας, μέσω ενός μηχανισμού γνωστού ως «επίδραση ελύτρου» (Hicks, 1954) (Εικ.31). Κατά την φάση ανύψωσης της πτέρνας στον κύκλο βάδισης, τα δάχτυλα κάμπτονται ραχιαία και παθητικά, καθώς όλο το σώμα περνά πάνω από τον



άκρο πόδα, και η πελματιαία απονεύρωση διατείνεται και επιδρά στο να μειώσει την απόσταση μεταξύ των μεταταρσικών κεφαλών και της φτέρνας και έτσι ανυψώνει την ποδική καμάρα. Η δύναμη της πελματιαίας απονεύρωσης επίσης βοηθά στην στροφή του οστού της φτέρνας, μέσω της σύνδεσής της στη μέση πελματιαία επιφάνεια της φτέρνας.



**Εικόνα 29.** Το μοντέλο ακτίνας της επιμήκης καμάρας. Η καμάρα είναι μια κυρτή ακτίνα που αποτελείται από τις υποκείμενες αρθρώσεις και τους υποστηρικτικούς πελματιαίους συνδέσμους. Ελαστικές δυνάμεις συγκεντρώνονται στην κορυφή της ακτίνας. Συμπιεστικές δυνάμεις συγκεντρώνονται στα πιο χαμηλά σημεία της ακτίνας.

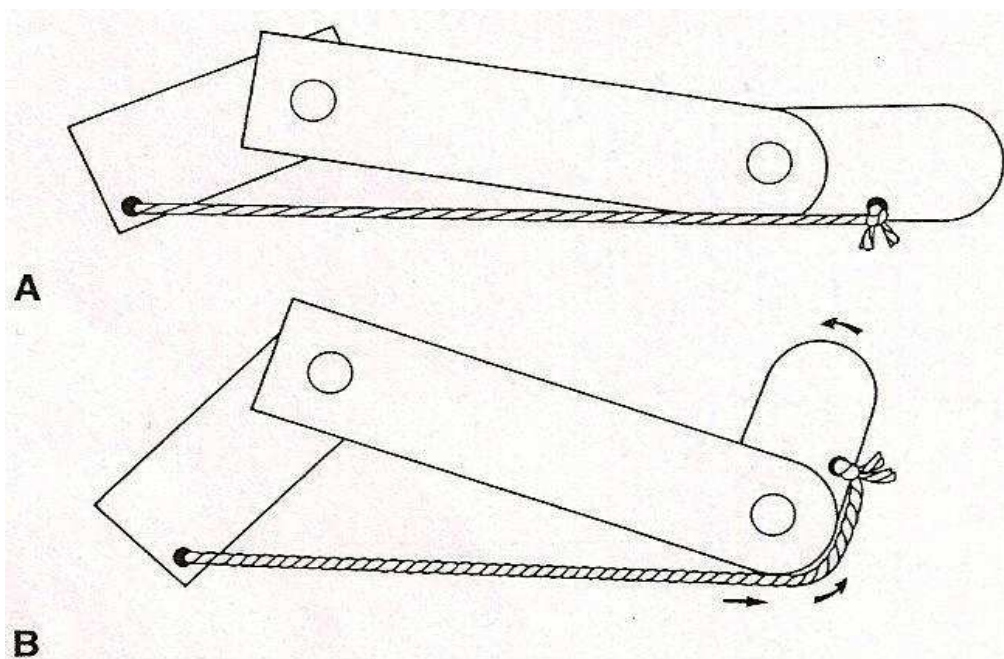


**Εικόνα 30.** Το μοντέλο στήριξης της επιμήκης καμάρας. Τα δυο ξύλινα τμήματα συνδέονται στη βάση τους με ένα σκοινί. Τα ξύλινα τμήματα είναι ανάλογα με την οστική δομή του ποδιού και το σκοινί είναι ανάλογο με την πελματιαία περιτονία. Όσο μικραίνει το σκοινί, τόσο ανυψώνεται η καμάρα.

Η ποδική καμάρα έχει παθητική και ενεργητική υποστήριξη. Ο Huang et al. , (1993) επέδειξε σε μια μελέτη του βεβαρημένου πέλματος σε τεχνητό περιβάλλον και βρήκε ότι η διχοτόμηση της πελματιαίας απονεύρωσης κατέληγε σε μείωση κατά 25% της ευκαμψίας της ποδικής καμάρας. Οι προαναφερθέντες διαπίστωσαν ότι οι τρεις πιο σημαντικοί στατικοί συντελεστές στη σταθερότητα της ποδικής καμάρας κατά σειρά σημασίας, είναι η πελματιαία απονεύρωση, οι μακρείς και βραχείς πελματιαίοι σύνδεσμοι και ο πελματιαίος πτεροσκαφοειδής σύνδεσμος. Ο πελματιαίος πτεροσκαφοειδής σύνδεσμος σχηματίζει έναν επίδεσμο στήριξης για την κεφαλή του αστραγάλου και επομένως παρέχει στατική υποστήριξη στην ποδική καμάρα (Davis et al. , 1996). Ο Basmajian (1963) έδειξε

ηλεκτρομυογραφικά ότι οι μύες της γαστροκνημίας δεν συνεισφέρουν στην υποστήριξη της επιμήκης καμάρας όταν ένα φορτίο τοποθετήθηκε στο πόδι ενός καθήμενου ατόμου. Παρόλ' αυτά, το πειραματικό του μοντέλο δεν προσομοίωσε το φυσιολογικό περπάτημα ή τρέξιμο, όπου η ακεραιότητα της ποδικής καμάρας βρίσκεται υπό μεγαλύτερη πρόκληση. Ο Thordarson et al. (1995) επέδειξε μια δυναμική μελέτη της υποστήριξης της ποδικής καμάρας, προσομοιώνοντας τη φάση στάσης του βαδίσματος τοποθετώντας ανάλογα φορτία σε τένοντες ενώ το πόδι ήταν φορτισμένο. Σε αυτή τη μελέτη, η πελματιαία απονεύρωση συνεισέφερε τα μέγιστα στη σταθερότητα της καμάρας κατά τη ραχιαία κάμψη των δακτύλων. Ο οπίσθιος κνημιαίος μυς συνεισέφερε τα μέγιστα στη δυναμική υποστήριξη της καμάρας. Σε μια παρόμοια μελέτη, ο Kitaoka et al. , (1997) επέδειξε μια μείωση 0,5 mm του ύψους της καμάρας και μια γωνιακή αλλαγή στα οστά της καμάρας, όταν η φόρτιση στον οπίσθιο κνημιαίο τένοντα απελευθερώνονταν κατά την προσομοιωμένη στήριξη. Μια κλινική μελέτη της διατομής της περιτονίας του οπίσθιου πελματιαίου μυός σε 14 ποδιά για περισσότερο από 4 χρόνια έδειξε μείωση του ύψους της καμάρας κατά 4,1 mm, υποστηρίζοντας έτσι το υποστηρικτικό μοντέλο σταθερότητας της καμάρας (Daly et al., 1992).

Νευρολογικής φύσεως αλλαγές στις αρθρώσεις ή τραυματισμοί μπορούν να διακόψουν την οστική και αρθρική υποστήριξη της καμάρας, οδηγώντας έτσι στην κατάρρευση της καμάρας και σε μια επακόλουθη δυσμορφία του κατώτατου σημείου του πέλματος (Εικ.32). Αυτό το αποτέλεσμα καταστροφής της άρθρωσης προσθέτει εγκυρότητα στο μοντέλο ακτίνας της σταθερότητας της καμάρας.



**Εικόνα 31.** Α. Σχήμα του μοντέλου υποστήριξης. Το αριστερό ξύλινο τεμάχιο αναπαριστά το οπίσθιο τμήμα του πέλματος, το μεσαίο το πρόσθιο τμήμα του πέλματος και το δεξί τις κεντρικές φάλαγγες. Το σκοινί είναι η πελματιαία περιτονία. Β. Η ραχιαία κάμψη των κεντρικών φάλαγγων, προκαλεί ανύψωση της καμάρας μέσω έλξης της πελματιαίας περιτονίας.



**Εικόνα 32. Μια πλάγια ακτινογραφία ενός ποδιού με πληκτροδακτυλία. Φαίνεται η απώλεια της συνδεσμικής και οστικής υποστήριξης της καμάρας.**

## **ΜΥΪΚΟΣ 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 του άκρου πόδα και της ποδοκνημικής. Οι οπίσθιοι μύες είναι οι πιο δυνατοί και σημαντικοί για τον ενεργητικό έλεγχο κατά τη βάρδιση. Σύμφωνα με την αρχή του Fick (1911) η δύναμη ενός μυός είναι ανάλογη με την περιοχή εγκάρσιας διατομής του. Συμφώνως, 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 (Πίνακας 1).

Οι μύες του ποδιού, κατά τη φυσιολογική βάρδιση, 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(Εικ.33). Η στιγμή δράσης κάθε μυϊκού τένοντα μπορεί να προσδιορισθεί από τη σχέση του άξονα της ποδοκνημικής και της υπαστραγαλικής διάρθρωσης(Εικ.34).

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 καμπτήρων του ποδιού, κατά τη φάση μισοστήριξης 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.

*Οι Σχετικές Δυνάμεις των Μυών που Δρουν Στον Άκρο Πόδα και στην Ποδοκνημική Διάρθρωση*

<b>Πελματιαίοι Καμπτήρες</b> <b>Ποσοστό Δύναμης</b>	<b>Ραχιαίοι Καμπτήρες</b> <b>Ποσοστό Δύναμης</b>
Υποκνημίδιος 29,9	Πρόσθιος Κνημιαίος 5,6
Γαστροκνήμιος 19,2	Μακρύς Εκτείνοντας των Δακτύλων 1,7
Μακρύς Καμπτήρας του μεγάλου Δακτύλου 3,6	Μακρύς Εκτείνοντας του μεγάλου Δακτύλου 1,2
Μακρύς Καμπτήρας των Δακτύλων 1,8	Τετράγωνος Περονιαίος 0,9
<b>Υπτιαστές</b>	<b>Πρηνιστές</b>
Οπίσθιος Κνημιαίος 6,4	Μακρύς Περονιαίος 5,5
	Βραχύς Περονιαίος 2,6

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.

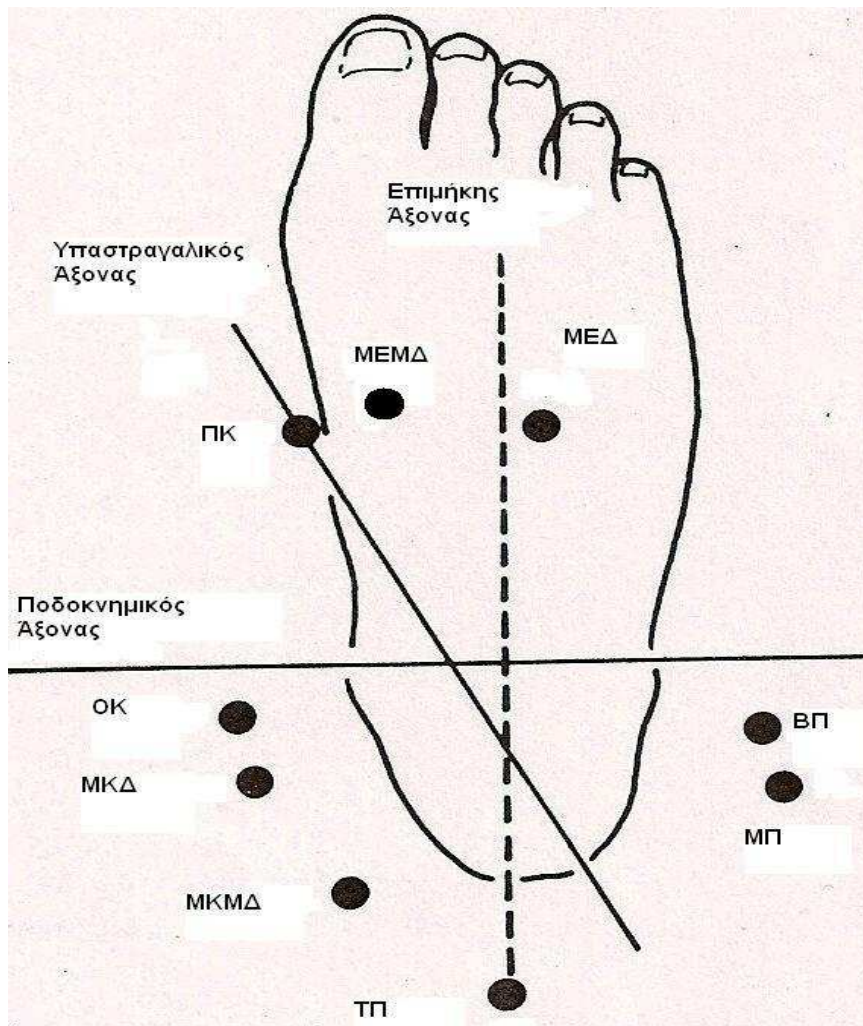
Ο πιο δυνατός υπτιαστής της ποδοκνημικής και του άκρου πόδα είναι ο οπίσθιος κνημιαίος μυς. Ο οπίσθιος κνημιαίος είναι ένας δυνατός υποστηρικτής της οβελιαίας(επιμήκης) καμάρας. Λειτουργεί για να υπτιάζει την ποδοκνημική διάρθρωση κατά την φάση ολικής στήριξης και μισοστήριξης, κλειδώνοντας έτσι την 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 (Εικ.35). 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 περωναίοι μύες. Ο μακρός περωναίος 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 περωναίος 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 περωναίου μυ μπορεί να καταλήξει σε ραιβότητα του οπίσθιου τμήματος του ποδιού(Sammargo, 1995).

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(Εικ.36). 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 μοχλοβραχίονα αντίστασης του βραχύ καμπτήρα του μεγάλου δακτύλου και συντελούν στην αύξηση της καμπτικής ροπής στη μεταταρσιοφαλαγγική διάρθρωση. Επίσης ενεργούν ώστε να μεταφέρουν δυνάμεις από το έδαφος στην κεφαλή του πρώτου μεταταρσίου.





**Εικόνα 34.** Ο υπαστραγαλικός και ποδοκνημικός άξονας σε σχέση με τους μύες.

**ΜΕΔ:** μακρύς εκτείνων τα δάκτυλα, **ΜΕΜΔ:** μακρύς εκτείνων το μεγάλο δάκτυλο, **ΜΚΔ:** μακρύς καμπτήρας των δακτύλων, **ΜΚΜΔ:** μακρύς καμπτήρας του μεγάλου δακτύλου, **ΒΠ:** βραχύς περωναίος, **ΜΠ:** μακρύς περωναίος, **ΠΚ:** πρόσθιος κνημιαίος, **ΤΠ:** τένοντας της πτέρνας, **ΟΚ:** οπίσθιος κνημιαίος.

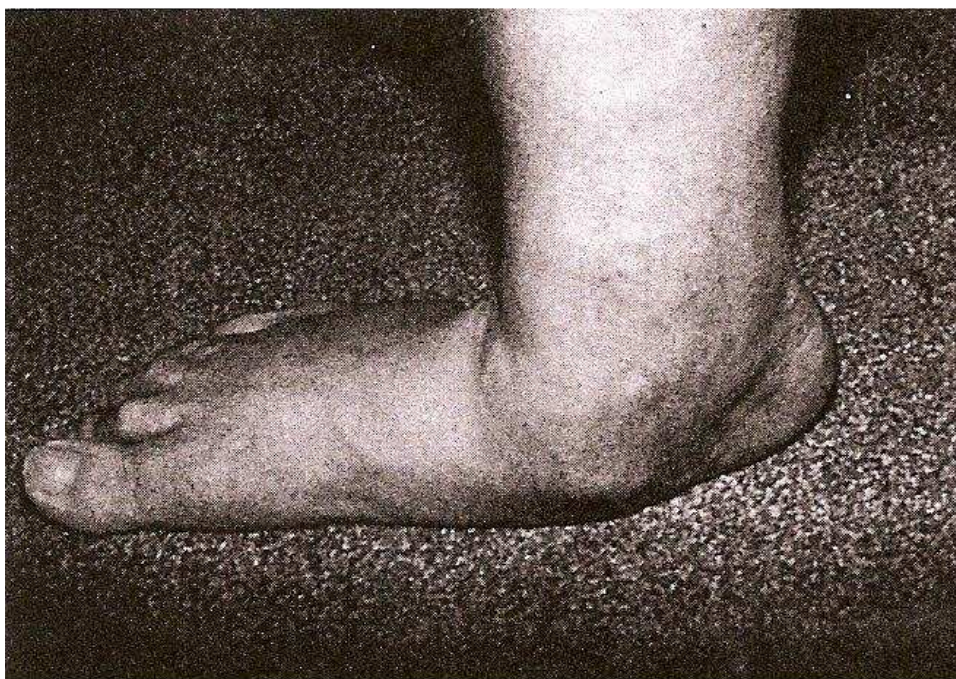
## Κινηματική του Ποδιού

Το μέγεθος των φορτίων που βιώνει το πέλμα είναι εκπληκτικό. Οι μέγιστες κατακόρυφες δυνάμεις φτάνουν στο 120% του σωματικού βάρους κατά τη βάρδια και στο 275% κατά το τρέξιμο. Υπολογίζεται ότι ένας μέσος άντρας 68 κιλών απορροφά φορτία βάρους 63.5 τόνων σε κάθε πόδι κατά την βάρδια. 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 (Εικ.37). Το υψηλότερο μέρος της ποδικής καμάρας, η αστραγαλοπτεροσκαφοειδής και η πτεροκυβοειδής διάρθρωση δέχονται τα μεγαλύτερα φορτία από όλες τις

αρθρώσεις των οστών του τάρσου. Το μεσαίο τμήμα του άκρου πόδα, που αποτελείται από τον αστράγαλο, το σκαφοειδές, τα σφηνοειδή οστά και τα τρία πρώτα μετατόρσια, δέχεται τα μεγαλύτερα φορτία. Το έξω πλάγιο τμήμα του άκρου πόδα, που αποτελείται από την πτερνοκυβοειδή διάρθρωση και τα δύο τελευταία μετατόρσια, δέχονται 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 τα επιδέχονταν πρωταρχικά η πτέρνα, το πρώτο και πέμπτο μετατόρσιο, 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 σφηνοειδή οστά και οι κεφαλές των τεσσάρων τελευταίων μεταταρσίων. Πρόσφατες μελέτες των πελματιαίων φορτίων, σε άτομα χωρίς υπόδηση, από τον Cavanaugh et al., (1987) έδειξαν ότι η κατανομή των φορτίων στο πέλμα είναι η εξής: πτέρνα 60%, μέσο πέλμα 8%, πρόσθιο πέλμα 28% και δάκτυλα 4% (Εικ.38). Τα μέγιστα φορτία στην πτέρνα είναι 2.6 φορές μεγαλύτερα από αυτά του πρόσθιου τμήματος του πέλματος (Εικ.39). Τα μέγιστα φορτία του πρόσθιου τμήματος του πέλματος εμφανίζονται κάτω από την κεφαλή του δεύτερου μεταταρσίου(Εικ.40).



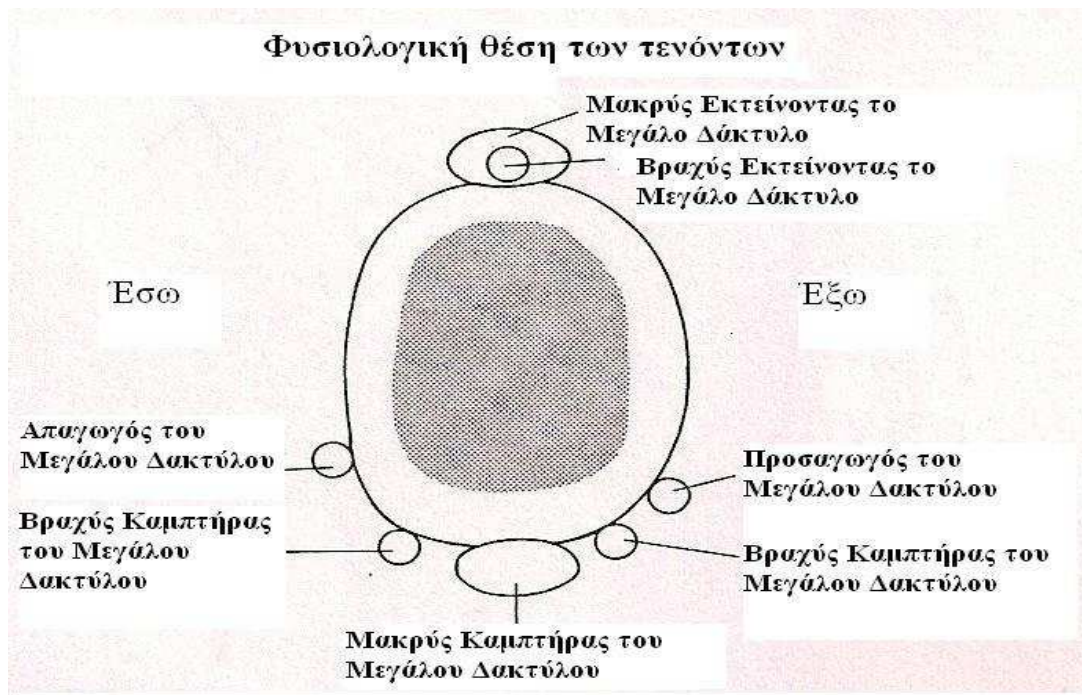
**Εικόνα 35. Έλλειψη της επιμήκης ποδικής καμάρας σε ένα επίπεδο ενήλικο πόδι, εξαιτίας ανεπάρκειας του οπίσθιου κνημιαίου τένοντα.**

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 βάρδισης επηρεάζει την κατανομή των φορτίων κατά τη βάρδιση(Cavanaugh et al., 1997). Ο Hutton et al.(1973) μελέτησε την μετακίνηση του σημείου μέγιστου φορτίου κατά μήκος του του πέλματος στη βάρδιση(Εικ.41). Κατά τη βάρδιση 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.

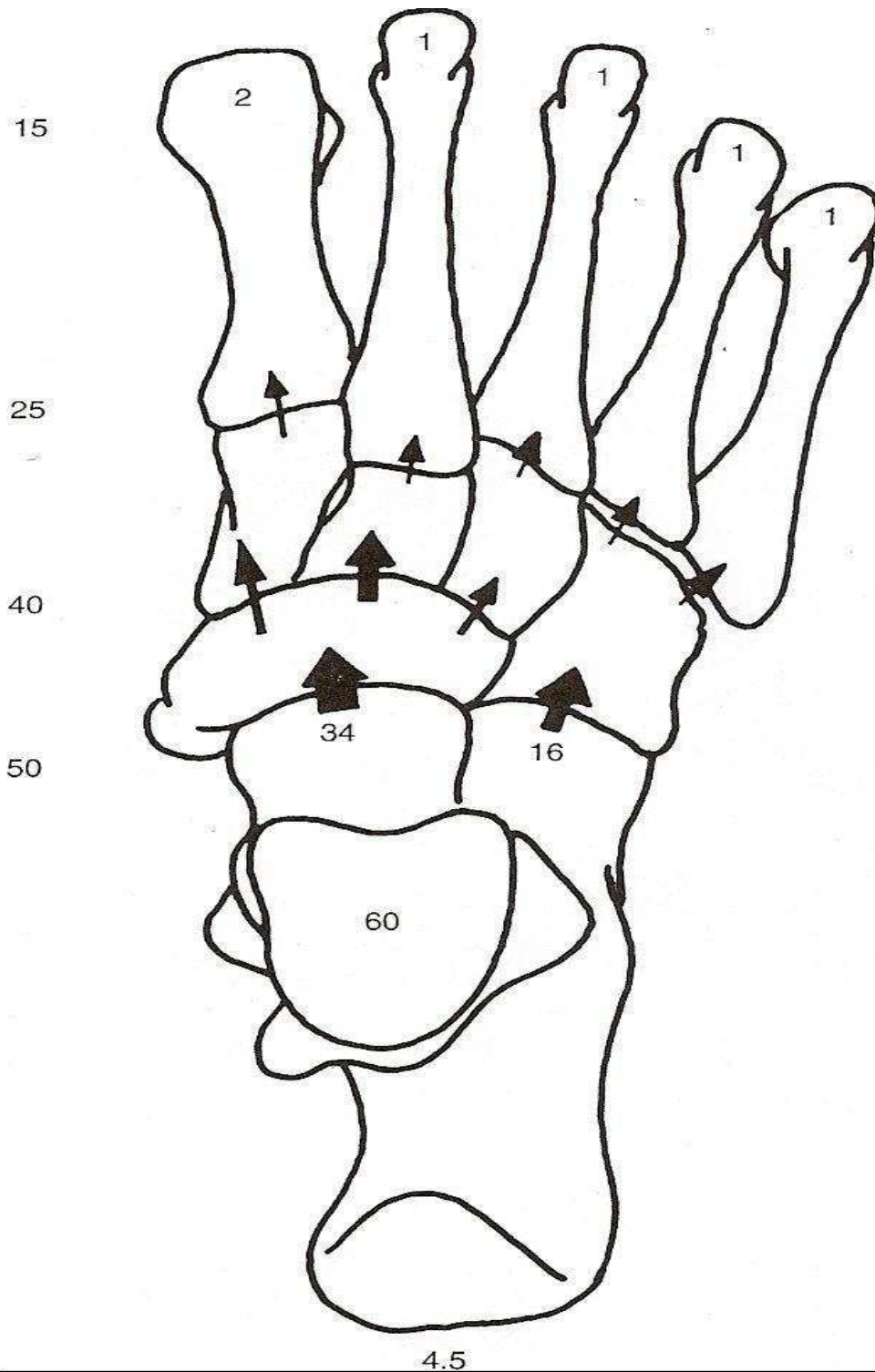


**Εικόνα 36.** Διαγραμματική διατομή της κεντρικής φάλαγγας του μεγάλου δακτύλου, που δείχνει τη φυσιολογική θέση των διαφόρων τενόντων των μυών της περιοχής.

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 (Εικ.42). 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

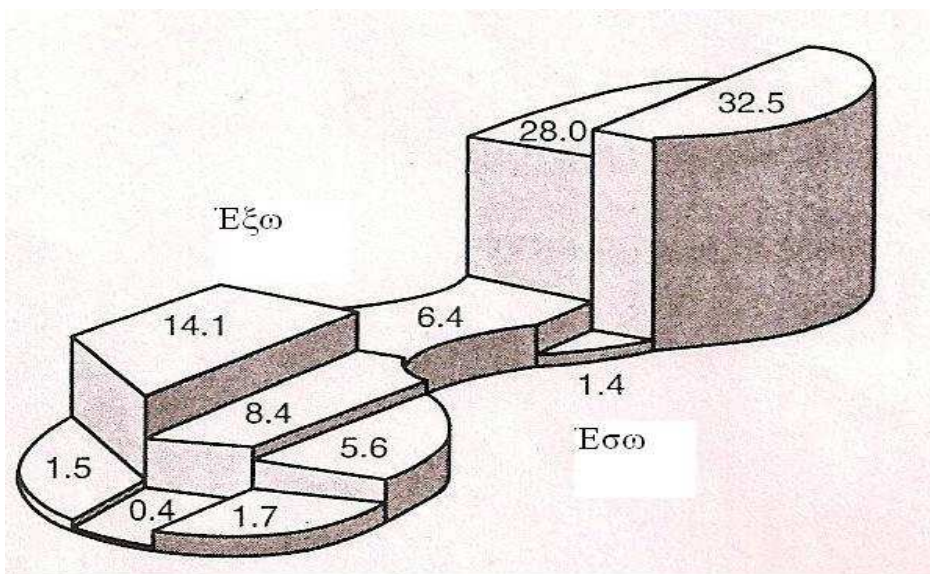
από το χρόνο φόρτισης, δείχνοντας ότι ο περισσότερος χρόνος φόρτισης δαπανάται στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος(Cavanaugh et al., 1987).



**Εικόνα 37. Συμπιεστικές δυνάμεις στο πόδι μετά από φόρτιση του αστραγάλου για 60 λίκρες. Οι πλειονηφία των δυνάμεων περνούν διαμέσου της αστραγαλοσκαφοειδής άρθρωσης και το 1ο μετατόρσιο στο 3ο μετατόρσιο.**

Κατά τη βάρδιση 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 (Εικ.43). 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 υππιάζεται.

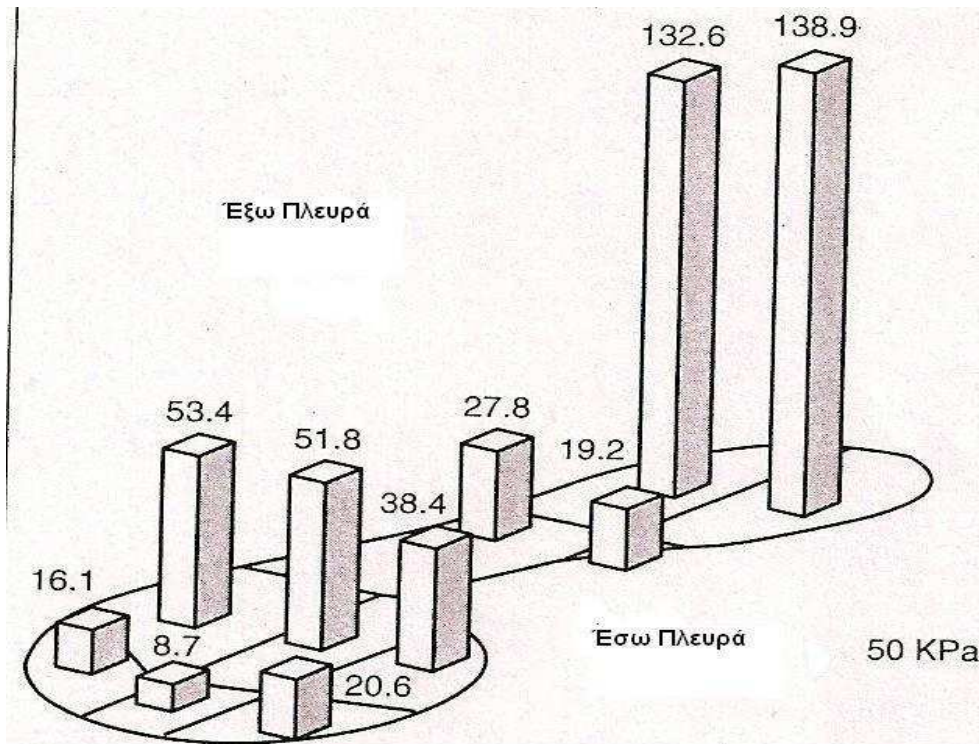


**Εικόνα 38.** Η κατανομή των μέσων φορτίων, εκφραζόμενων ως εκατοστιαία ποσοστά του συνολικού φορτίου στο πόδι κατά τη στήριξη χωρίς υπόδηση. Πάνω από το 60% του φορτίου κατανέμεται στο πίσω μέρος του ποδιού, 8% στο μέσο και 28% στο πρόσθιο. Τα δάκτυλα δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία φόρτισης.

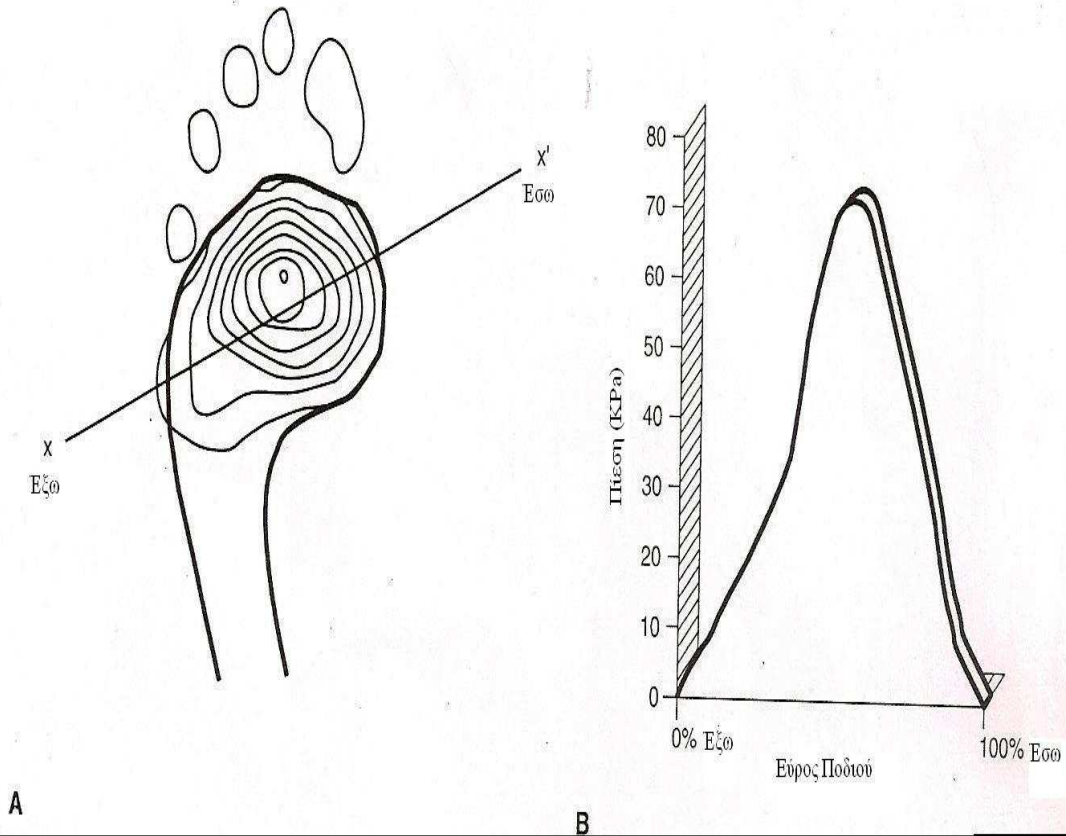
## ΟΙ ΜΑΛΑΚΟΙ ΙΣΤΟΙ ΤΟΥ ΑΚΡΟΥ ΠΟΔΟΣ

Οι μαλακοί ιστοί του άκρου ποδός είναι τροποποιημένοι ώστε να παρέχουν έλκυση, απορρόφηση κραδασμών και προστασία στις δομές που βρίσκονται εν τω βάθει. Το δέρμα της ραχιαίας επιφάνειας του ποδιού είναι αρκετά χαλαρό και ελαστικό, όπως φαίνεται μερικές φορές από το οίδημα που παρουσιάζεται στον άκρο πόδα κατά τη διάρκεια τραυματισμού ή μόλυνσης. Το δέρμα της πελματιαίας επιφάνειας του ποδιού είναι σταθερά συνδεδεμένο με τα υποκείμενα οστά, αρθρώσεις τα τενόντια έλυτρα της πτέρνας και του πρόσθιου τμήματος του πέλματος, με τη βοήθεια ειδικών συνδέσμων της πελματιαίας απονεύρωσης. Αυτή η λειτουργία της πελματιαίας απονεύρωσης είναι ζωτικής σημασίας για την αλληλεπίδραση

που πρόκειται να συμβεί μεταξύ του εδάφους και των σκελετικών δομών του πέλματος που φορτίζει. Κατά την έκταση των μεταταρσιοφαλαγγικών αρθρώσεων, αυτοί οι σύνδεσμοι της πελματιαίας απονεύρωσης περιορίζουν την κίνηση του δέρματος του πρόσθιου τμήματος του ποδιού και του πελματιαίου, μετατάρσιου, λιπώδους, μαλακού ιστού (Bojsen-Moller & Lamoreux, 1979).

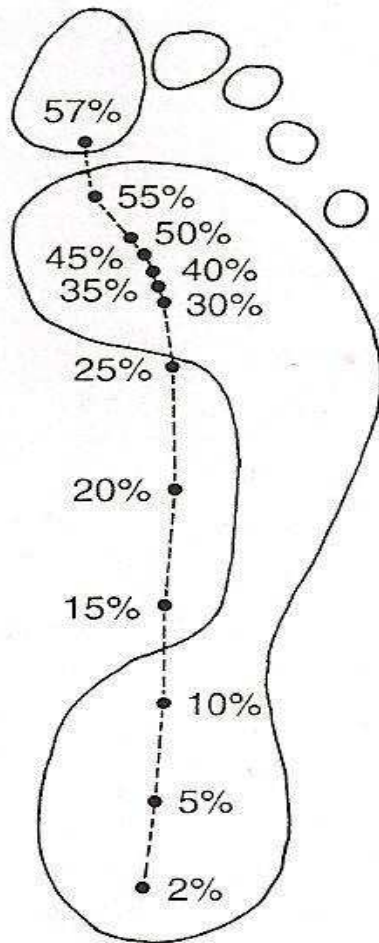


**Εικόνα 39.** Μέσες, τοπικές, κορυφαίες πιέσεις κατά τη στήριξη, μετρημένες σε κιλοπασκαλ (kPa). Η αναλογία της κορυφής στο οπίσθιο τμήμα του ποδιού προς το πρόσθιο είναι 2,6:1.



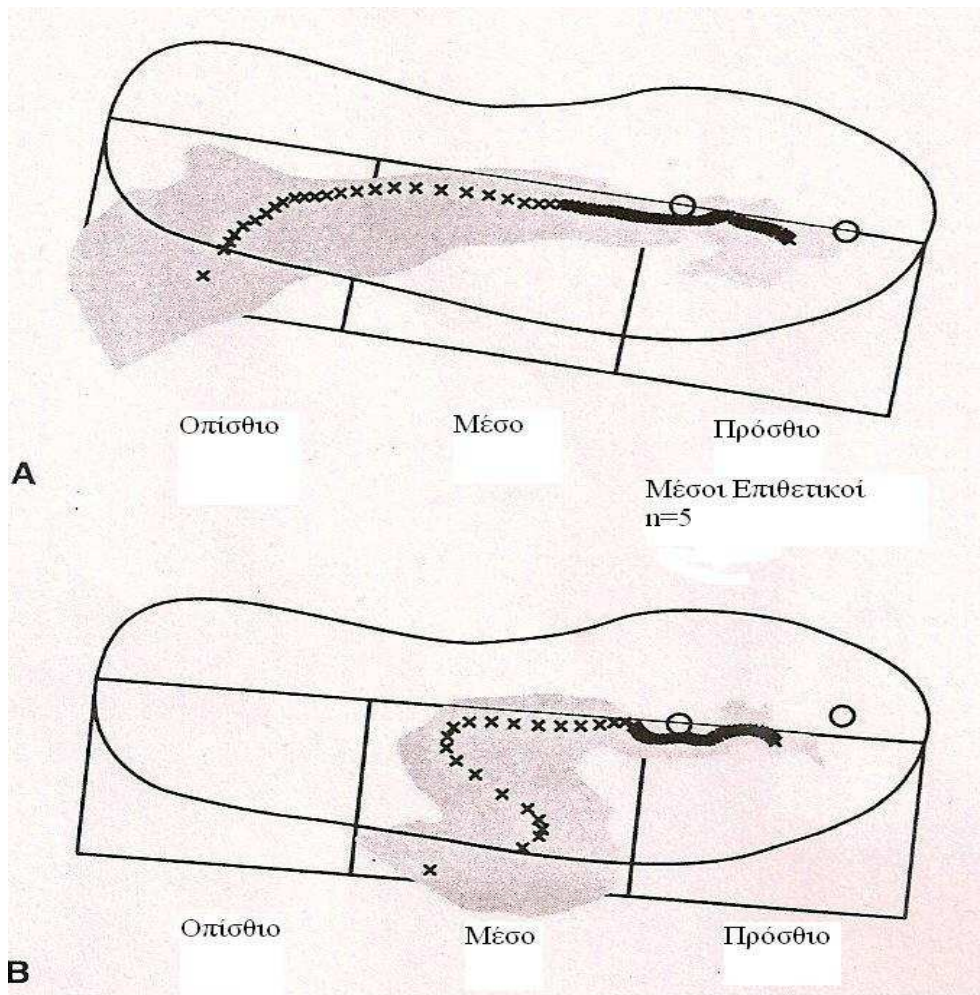
Εικόνα 40. Η κατανομή της πίεσης στις κεφαλές των μεταταρσίων κατά τη στήριξη. Α. Η γραμμή XX' διαπερνά την περιοχή από την πρώτη ως την πέμπτη κεφαλή του μεταταρσίου. Β. Η κατανομή της πίεσης κατά μήκος των κεφαλών των μεταταρσίων (γραμμή XX') δείχνει ότι η μέγιστη πίεση βρίσκεται κάτω από την κεφαλή του δεύτερου μεταταρσίου.

Το μαλακό μέρος της πτέρνας είναι μια εξαιρετικά εξειδικευμένη δομή σχεδιασμένη να απορροφά κραδασμούς. Το μέσο εμβαδόν του μαλακού μέρους της πτέρνας είναι  $23 \text{ cm}^2$ . Για το μέσο άνδρα 70 κιλών, η φόρτιση στην πτέρνα είναι  $3.3 \text{ kg/cm}^2$ , η οποία αυξάνεται σε  $6 \text{ kg/cm}^2$  κατά το τρέξιμο. Σε ένα γύρο τρεξίματος με 1.160 φάσεις επαφής πτέρνας-εδάφους ανά μίλι, το αθροιστικό αποτέλεσμα του τρεξίματος είναι εντυπωσιακό. Αυτές οι αθροιστικές δυνάμεις θα οδηγούσαν φυσιολογικά σε ιστολογική νέκρωση σε άλλα μέρη του σώματος (Perry, 1983). Το μαλακό μέρος της πτέρνας αποτελείται από στήλες γεμάτες λίπος, σε σχήμα κόμματος ή U, παραταγμένες κάθετα. Τα διαφράγματα είναι ενισχυμένα εσωτερικά με ελαστικές εγκάρσιες και διαγώνιες ίνες για να δημιουργήσουν ένα σπироειδές κυψελοειδές αποτέλεσμα (Εικ.44). Τα πολλαπλά κύτταρα είναι προσαρμοσμένα έτσι ώστε να δέχονται μέγιστη απορροφητική και διασκορπιστική δύναμη. Με την πάροδο του χρόνου, επέρχεται διαφραγματικός εκφυλισμός και λιπώδης ατροφία και αυξάνεται η πιθανότητα τραυματισμού της ποδοκνημικής και γενικά του ποδιού (Jahss et al., 1992a,b).



**Εικόνα 41.**

Η μετακίνηση των κέντρων πίεσης κατά μήκος του πέλματος στη φυσιολογική βόδιση, εκφράζεται με μια τεθλασμένη γραμμή. Κάθε σημείο στο πέλμα ανταποκρίνεται στο ποσοστό του κύκλου βόδισης. Δίνεται έμφαση στη γρήγορη μετακίνηση από την πτέρνα και το μέσο τμήμα του πέλματος στο πρόσθιο τμήμα του πέλματος, όπου ξοδεύεται το μεγαλύτερο μέρος της φάσης στήριξης. Μετά υπάρχει μετακίνηση κατά μήκος του πελματιαίου μέρους του μεγάλου δακτύλου.



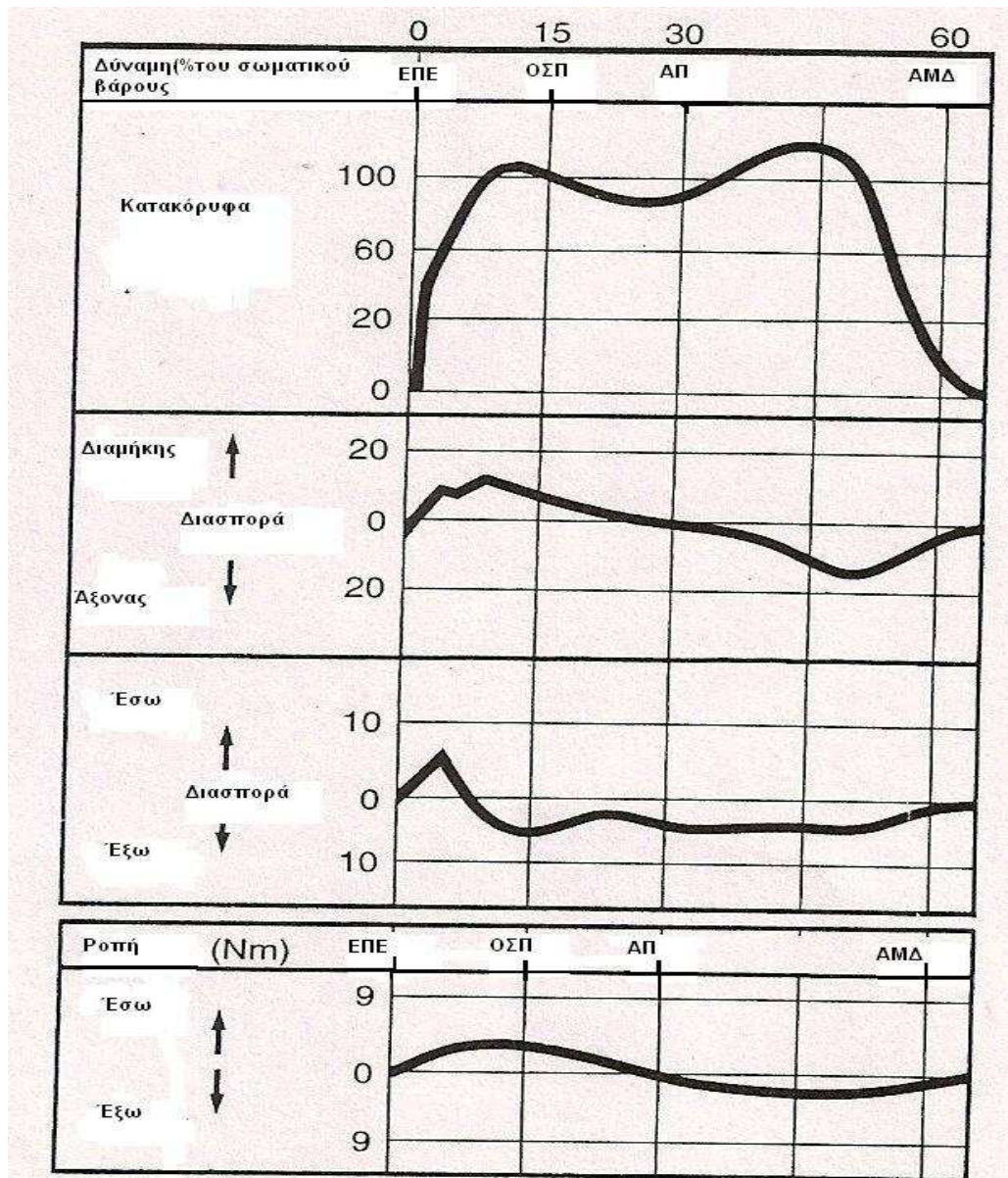
Εικόνα 42. Οι δυο τύποι των δρομέων καθορίζονται από το αρχικό σημείο επαφής. Α. Οπίσθιοι επιθετικοί. Β. Μέσοι επιθετικοί.

## Βιομηχανική της Ποδοκνημικής Διάρθρωσης

### ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

Η ποδοκνημική διάρθρωση είναι μια άρθρωση που αποτελείται από τον αστράγαλο, την έσω σφυρίτιδα επιφάνεια, την περοκνημική γλήνη και την έξω σφυρίτιδα επιφάνεια. Ο αστράγαλος έχει σχήμα κόλουρου 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 (Εικ.45). 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, 1995; Lundberg et al., 1989a-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 (Εικ.46). Οι άξονες της ποδοκνημικής για ραχιαία και πελματιαία κάμψη διαφέρουν κατά 20 ° με 30 ° στο στεφανιαίο επίπεδο αλλά παραμένουν παράλληλοι στο κατακόρυφο επίπεδο.

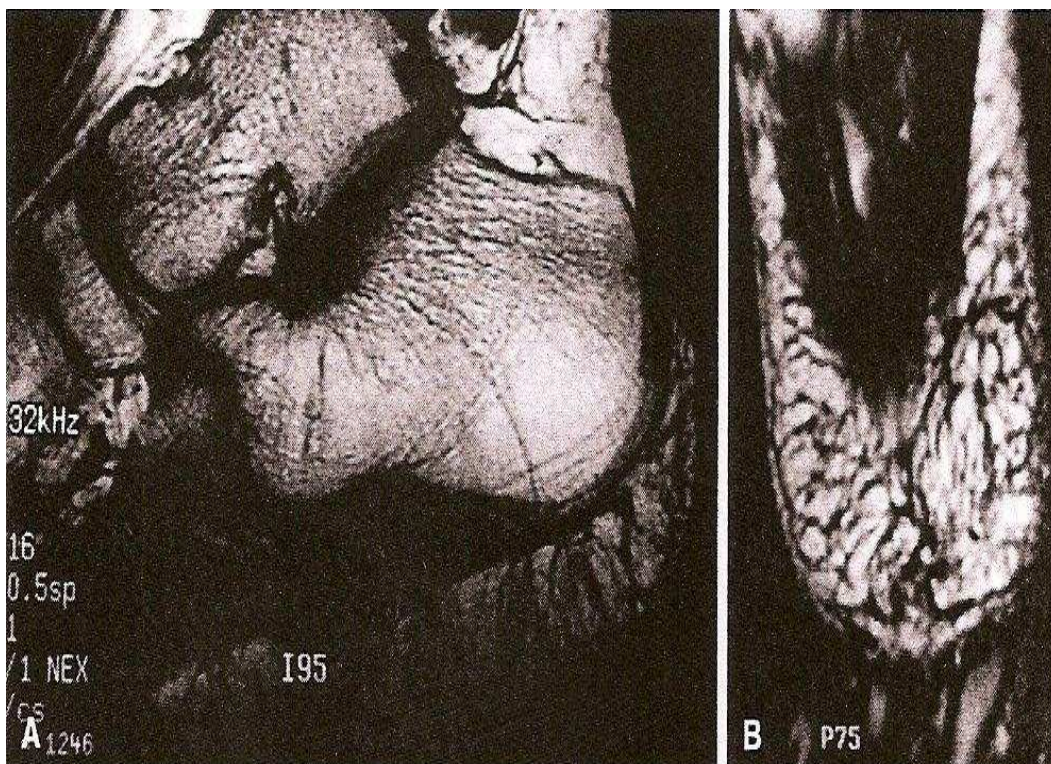


**Εικόνα 43.** Δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους που δρουν στο πόδι κατά τον κύκλο βάδισης. ΕΠΕ: επαφή πτέρνας-εδάφους, ΟΣΠ: ολική στήριξη του ποδιού, ΑΠ: ανύψωση της πτέρνας, ΑΜΔ: ανύψωση του μεγάλου δακτύλου.

Μια ελάχιστη στροφή συμβαίνει κατά την κίνηση της ποδοκνημικής, η οποία ποικίλει ανάλογα με τη φόρτιση. Ο 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° (Εικ.47). 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).

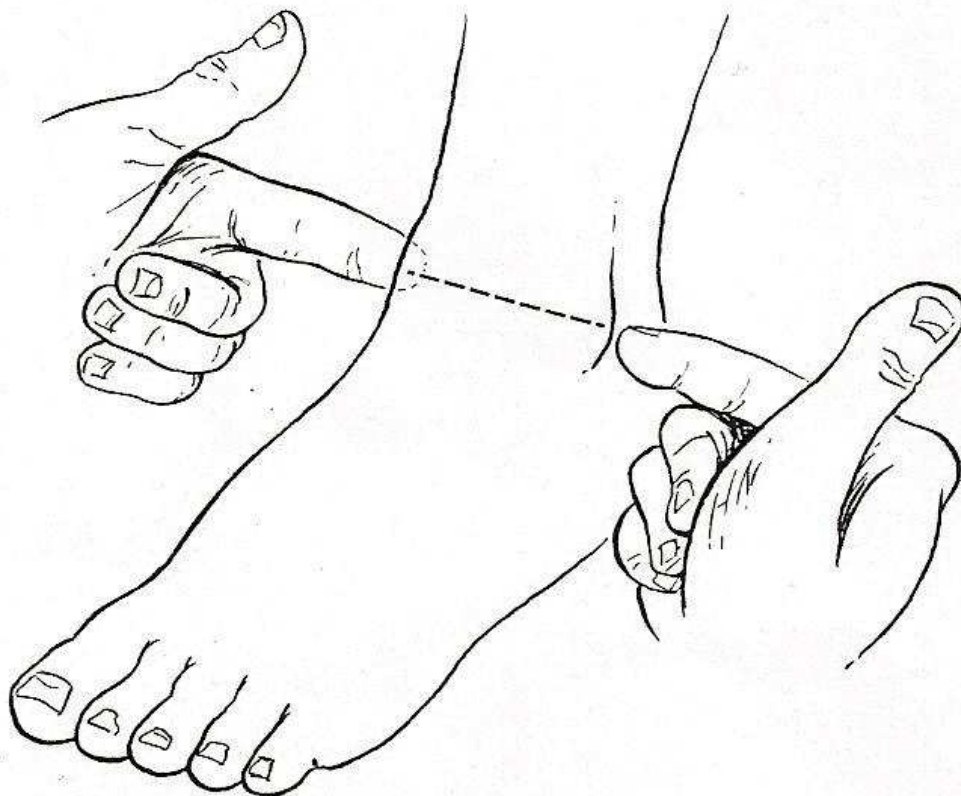


Εικόνα 44. Η φυσιολογική δομή του κυρτώματος της πτέρνας όπως φαίνεται στην μαγνητική τομογραφία. Α. Πλάγια άποψη. Παρατηρούνται κάθετες λιπώδεις στήλες. Β. Πάνω άποψη του κυρτώματος της πτέρνας που δείχνει τη σπειροειδή δομή των διαφραγμάτων που χωρίζουν τα λιπώδη κύτταρα.

## ΕΥΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

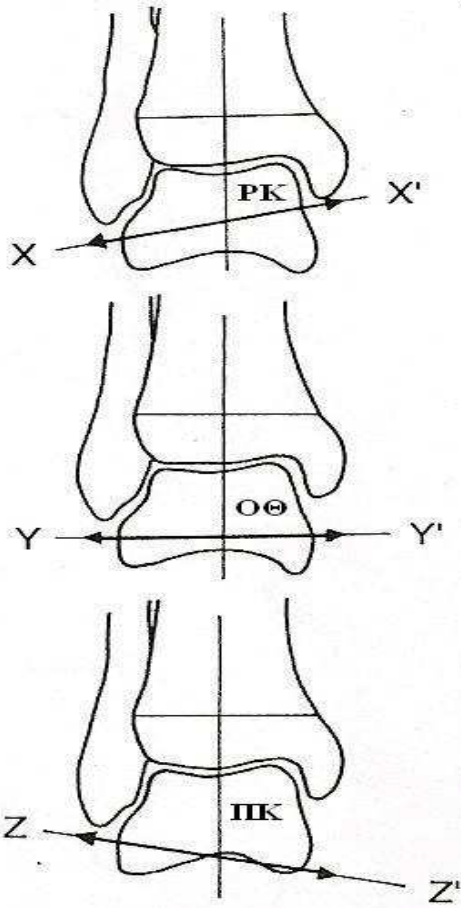
Η κίνηση της ποδοκνημικής που γίνεται στο οβελιαίο επίπεδο περιγράφεται ως πελματιαία κάμψη(κάμψη) και ραχιαία κάμψη(έκταση). Ένα μεγάλο εύρος φυσιολογικής κίνησης για την ποδοκνημική έχει αναφερθεί και εξαρτάται από το αν η κίνηση μετριέται κλινικά με ένα γωνιόμετρο ή αν μετριέται ακτινογραφικά. Οι 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 ποδικνημική. 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 μέσο όρο κίνησης της ποδοκνημικής χωρίς φόρτιση, μετρημένο ακτινογραφικά, να είναι  $24^\circ$  σε ραχιαία κάμψη και  $24^\circ$  σε πελματιαία κάμψη.



**Εικόνα 45.** Ο εμπειρικός άξονας της ποδοκνημικής διάρθρωσης εντοπίζεται με ψηλάφηση των σφυρών. Ο άξονας της ποδοκνημικής προς τα κάτω και οπίσθια μετακινούμενος από μέσα προς τα έξω.

Ο φυσιολογικός τύπος της κίνησης της ποδοκνημικής έχει μελετηθεί εκτενέστατα (Lamoreaux, 1971; Murray et al., 1964; Stauffer et al., 1977; Wright et al., 1964). 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 μέσο της φάσης αιώρησης και αλλάζει σε ελαφρώς πελματιαία κάμψη στη φάση επαφής πτέρνας-εδάφους (Εικ.9 και 48). Οι μέσοι όροι κίνησης της ποδοκνημικής κατά τη φυσιολογική βάδιση είναι  $10.2^\circ$  ραχιαίας κάμψης και  $14.2^\circ$  πελματιαίας κάμψης, με συνολική κίνηση  $25^\circ$ . 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).



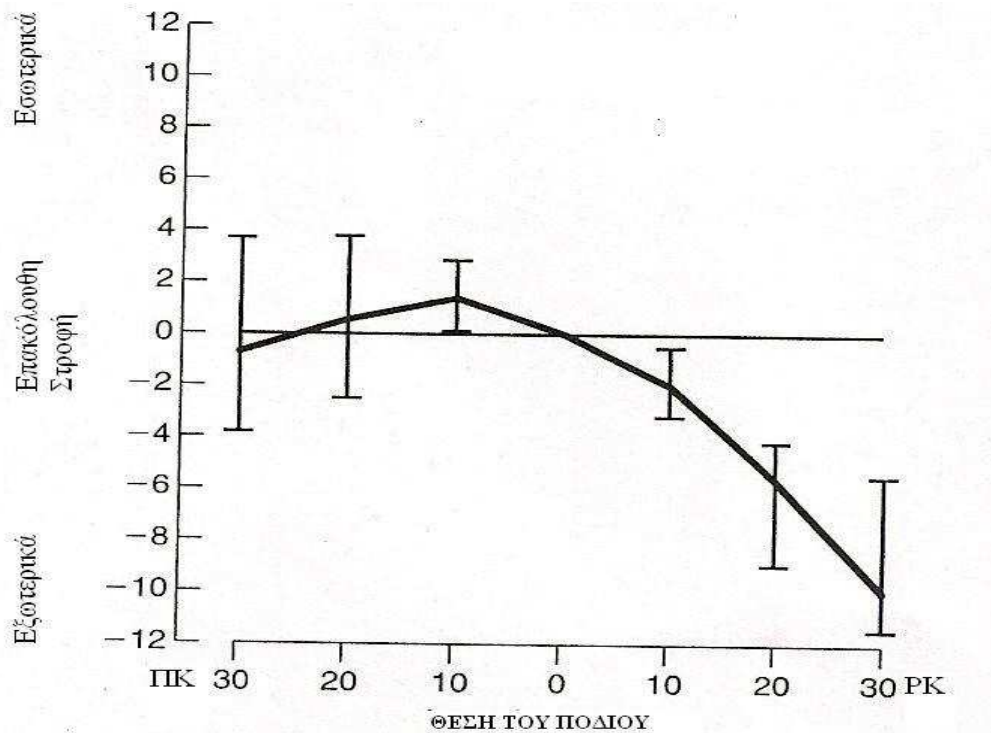
**Εικόνα 46.**

Οι διαφοροποιήσεις του άξονα της ποδοκνημικής διάρθρωσης.

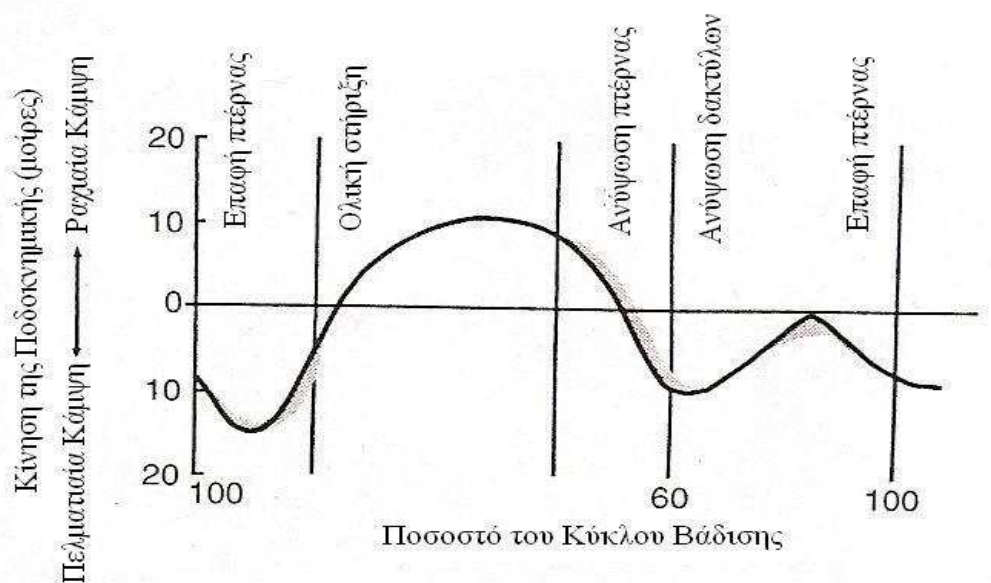
Επάνω: Στην ραχιαία κάμψη(PK) ο άξονας της κίνησης  $XX'$  ρέπει προς τα κάτω και πλάγια.

Μεσαία: Στην ουδέτερη θέση(OΘ) ο άξονας κίνησης  $YY'$  είναι σχεδόν οριζόντιος.

Κάτω: Στην πελματιαία κάμψη(ΠΚ) ο άξονας  $ZZ'$  ρέπει προς τα κάτω και μέσα.



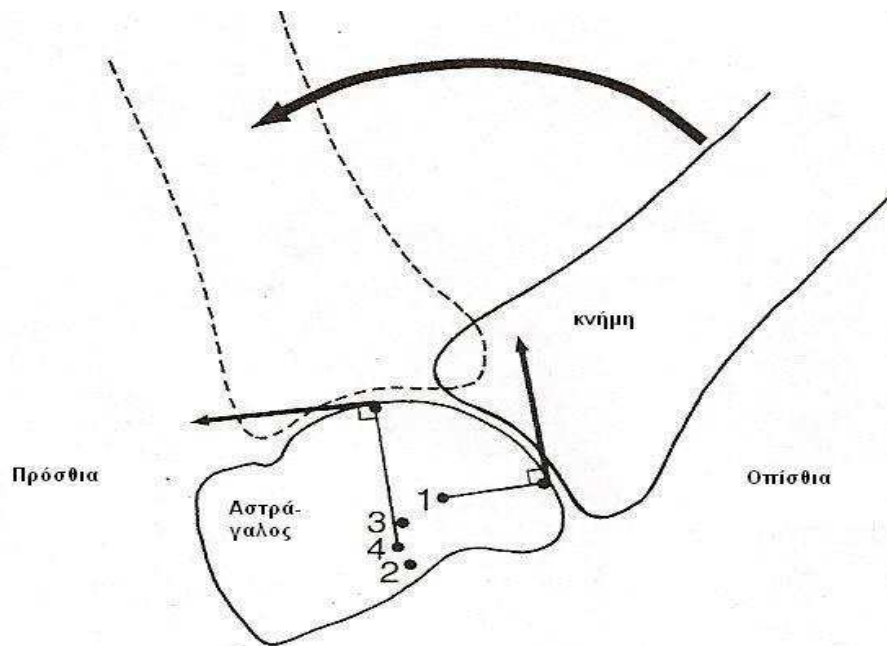
**Εικόνα 47.** Οριζόντια περιστροφή του αστραγάλου γύρω από τον κάθετο άξονα σε διάφορες θέσεις πελματιαίας και ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής. Κατά την κίνηση από την πελματιαία στην ραχιαία κάμψη, ο αστράγαλος αρχικά στρέφεται εσωτερικά και μετά εξωτερικά.



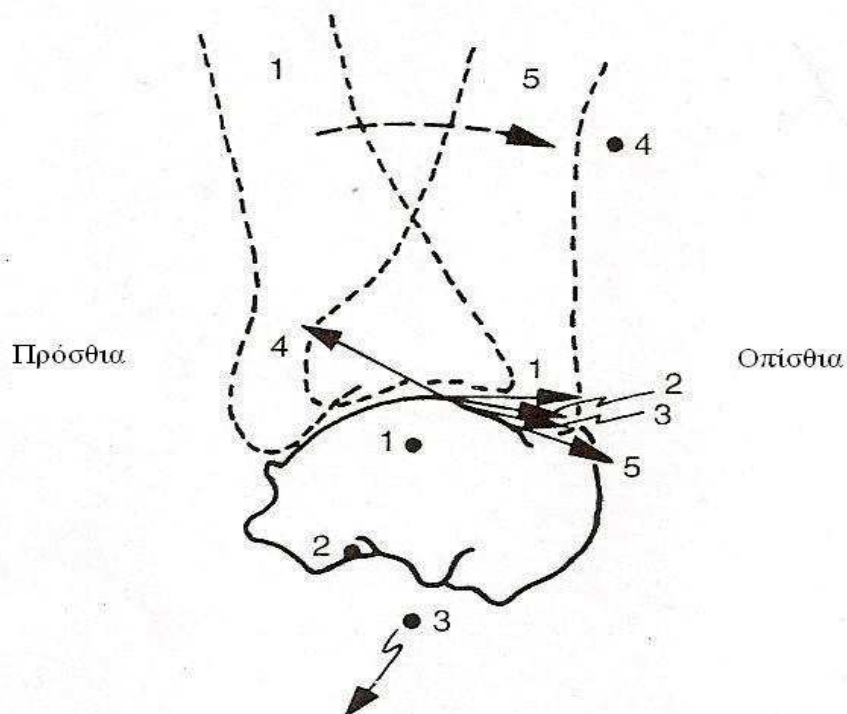
**Εικόνα 48.** Το εύρος κίνησης της ποδοκνημικής διάρθρωσης στο οβελιαίο επίπεδο κατά τη διάρκεια ενός κύκλου βάρδισης. Η σκιασμένη περιοχή δείχνει τις διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα 60 άτομα (ηλικίας από 20 ως 65 ετών).

## ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

Ο Sammarco et al. (1973) παρουσίασε 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 (Εικ.49). 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 μη προβλέψιμο τρόπο, και ολισθαίνουν όταν η ποδοκνημική είναι σε ουδέτερη θέση παρά στο τέλος της ραχιαίας κάμψης (Εικ.50).



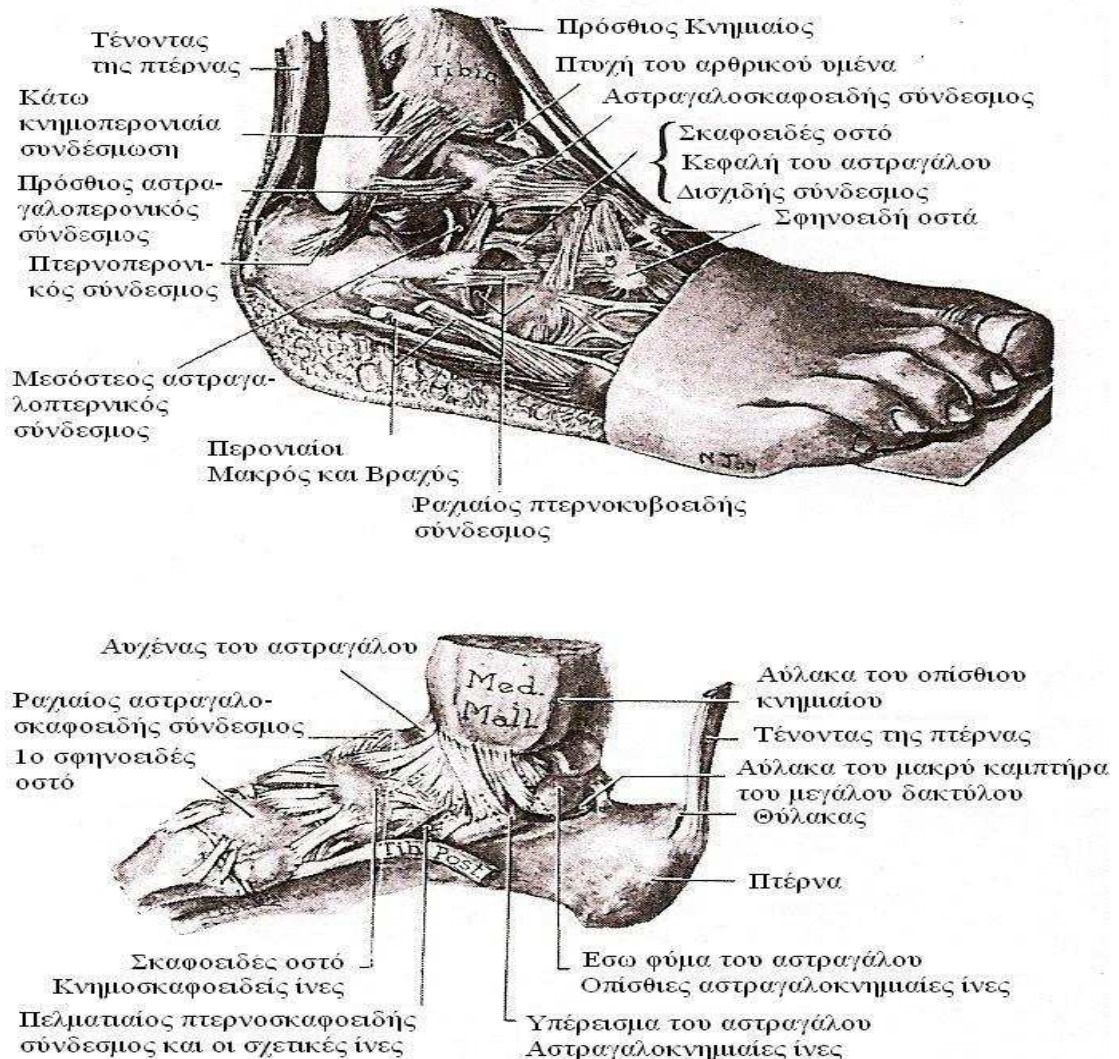
**Εικόνα 49.** Ο τρόπος μετακίνησης του στιγμιαίου κέντρου της επιφανειακής κίνησης της αστραγαλοκνημικής άρθρωσης από την πλήρη πελματιαία κάμψη στην πλήρη ραχιαία κάμψη. Όλα τα στιγμιαία κέντρα πέφτουν πάνω στον αστράγαλο. Η κατεύθυνση της μετακίνησης των σημείων επαφής δείχνει μια εξάρθρωση στην αρχή της κίνησης (σημεία 1 και 2) και το αντίθετο μετά (σημεία 3 και 4).



**Εικόνα 50.** Ανάλυση του στιγμιαίου κέντρου και της επιφανειακής ταχύτητας σε μια αρθρική ποδοκνημική. Τα στιγμιαία κέντρα ποικίλουν. Συμπίεση της άρθρωσης γίνεται στην αρχή της κίνησης και έλξη στην ραχιαία κάμψη.

## ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

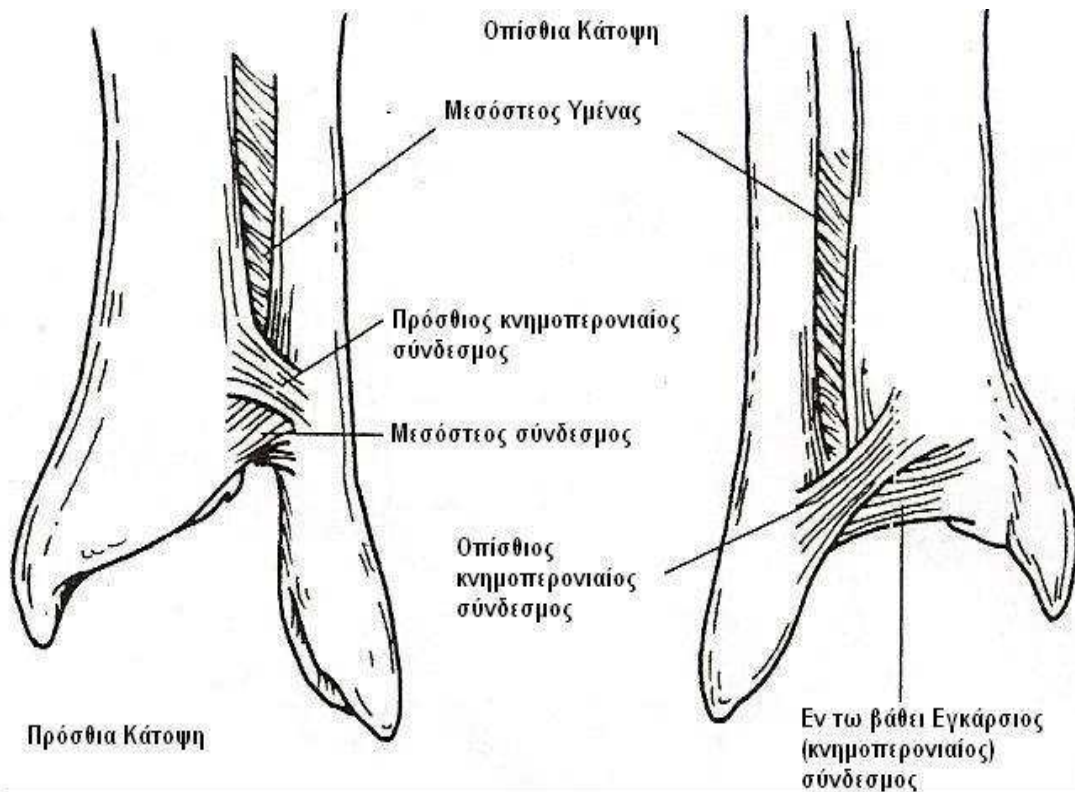
Η σταθερότητα της ποδοκνημικής διάρθρωσης εξαρτάται τόσο από την ίδια την άρθρωση όσο και από την υποστήριξη των συνδέσμων της περιοχής. Οι πλάγιοι σύνδεσμοι της ποδοκνημικής, που είναι υπεύθυνοι για την παροχή αντίστασης κατά την ανάσπαση του έσω και έξω χείλους, είναι ο πρόσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, ο πτερνοπερονικός σύνδεσμος και ο οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος(Εικ.51). 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 κνημοπερνιαία συνδέσμωση. Η κνημοπερνιαία συνδέσμωση αποτελείται από τον πρόσθιο κνημοπερνιαίο σύνδεσμο, τον οπίσθιο κνημοπερνιαίο σύνδεσμο, τον εγκάρσιο κνημοπερνιαίο σύνδεσμο(ο οποίος αναφέρεται επίσης ως ένα βαθύ τμήμα του οπίσθιου κνημοπερνιαίου συνδέσμου) και τον μεσόστεο υμένα(Εικ.52).



**Εικόνα 51.** Επάνω: Έξω πλευρά του ποδιού και της ποδοκνημικής. Κάτω: Έσω πλευρά του ποδιού και της ποδοκνημικής.

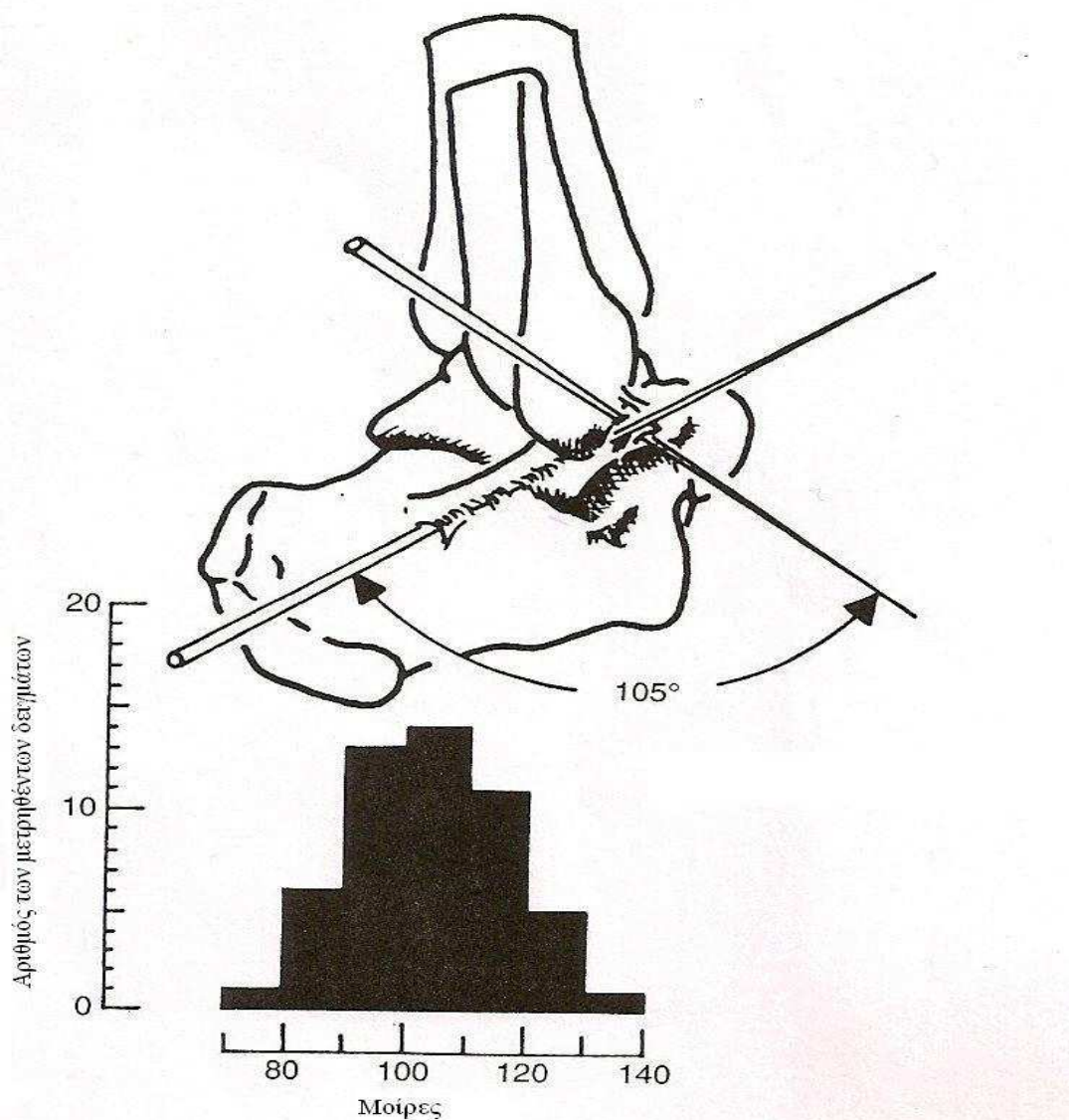
Οι πλάγιοι σύνδεσμοι της ποδοκνημικής είναι αυτοί που τραυματίζονται συνήθως και επομένως αυτοί που μελετώνται συχνότερα. Οι πρόσθιοι κνημοπερονιαίοι και αστραγαλοπερονικοί σύνδεσμοι σχηματίζουν ο ένας με τον άλλο μια γωνία  $105^\circ$  (Εικ.53). Δρουν σε συνεργασία ώστε να αντιστέκονται στις δυνάμεις υππιασμού. Ο πρόσθιος κνημοπερονιαίος σύνδεσμος βρίσκεται υπό μεγαλύτερη ένταση στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και ο πτερνοπερονικός σύνδεσμος κατά την πελματιαία κάμψη(Cawley & France,1991; Inman, 1976; Nigg et al., 1990; Renstrom et al., 1988). Ο πρόσθιος κνημοπερονιαίος σύνδεσμος, επομένως, αντιστέκεται στον υππιασμό της ποδοκνημικής κατά την πελματιαία κάμψη και ο πτερνοπερονικός σύνδεσμος αντιστέκεται στον υππιασμό 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(Εικ.54). Ο πτερνοπερονικός 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 (Εικ.55) (Sarraffian, 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 πτερνοπερονικός και ο οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος συμβάλουν στη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής(Bulucu et al., 1991).





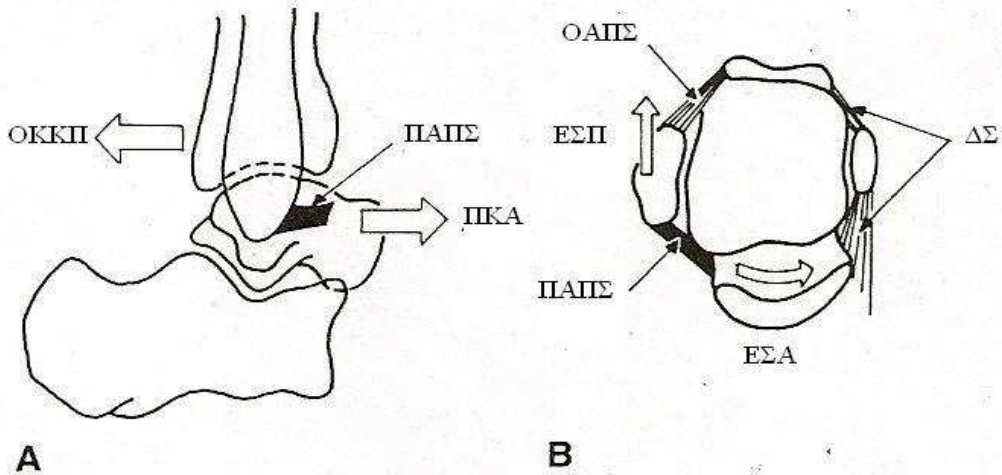
**Εικόνα 52. Στοιχεία της αστραγαλικής συνδέσμιωσης.**

Κλινικά, ο πιο συχνά τραυματιζόμενος σύνδεσμος της ποδοκνημικής είναι ο πρόσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, ακολουθούμενος από τον πτεροπερονικό σύνδεσμο. Αυτοί οι τραυματισμοί πιο συχνά συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της προσγείωσης ή της πτώσης με τον άκρο πόδα σε πελματιαία κάμψη και σε υπτιασμό (Περίπτωση Μελέτης 2). 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 συνδέσμου. Οι Atarqian 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 πτεροπερονικό και 714N στον δελτοειδή σύνδεσμο. Επομένως, η συχνότητα εμφάνισης τραυματισμών στους συνδέσμους της ποδοκνημικής συνδέεται με το μηχανισμό τραυματισμού και τη δύναμη των συνδέσμων.

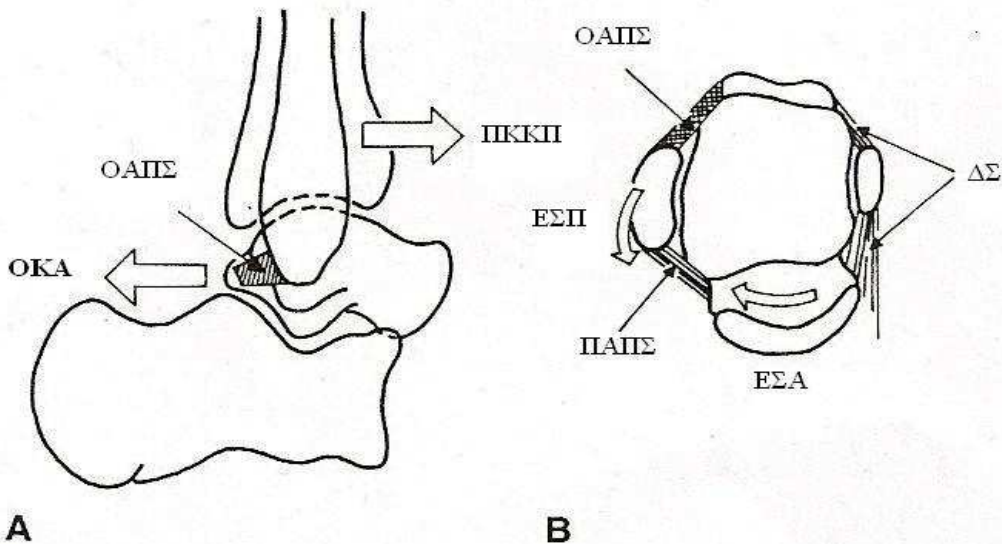


**Εικόνα 53. Μέση γωνία μεταξύ του πτεροπερονικού και του αστραγαλοπερονικού συνδέσμου στο οβελιαίο επίπεδο. Η μέση γωνία είναι 105 μοίρες με διαφοροποιήσεις από τις 70 ως τις 140 μοίρες ανάμεσα στα μετρηθέντα δείγματα.**

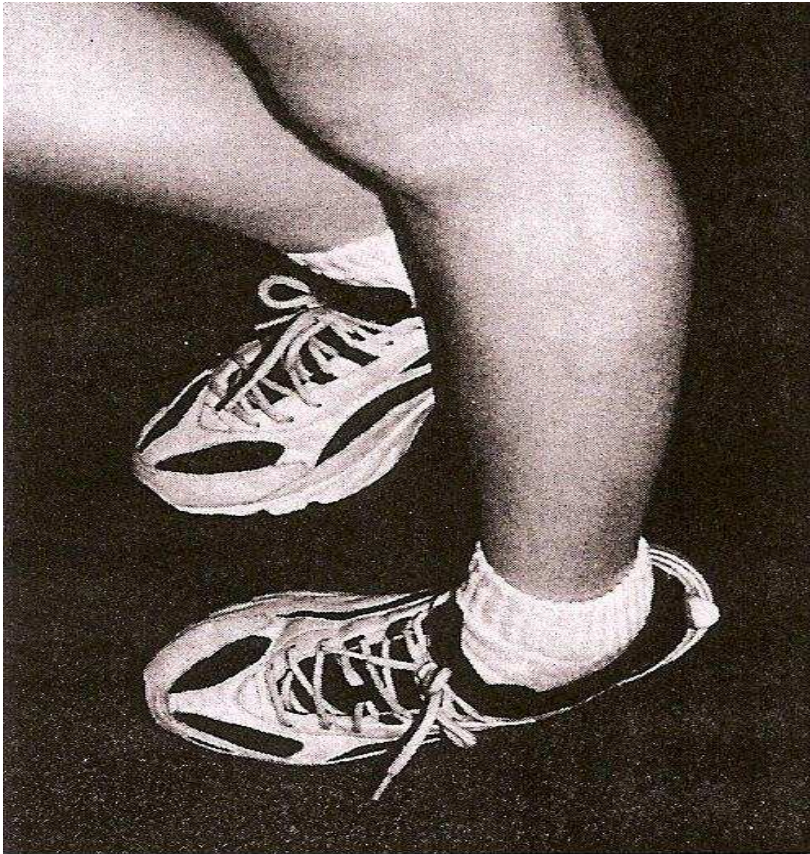
Ο δελτοειδής σύνδεσμος δρα έτσι ώστε να αντιστέκεται στον πρηγισμό , στην ανάσπαση του έξω χείλους και την πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής διάρθρωσης (Εικ.56) (Harper,1987; Kjaersgaard-Andersen et al., 1989; Nigg et al., 1990). Επίσης, αντιστέκεται στην πλάγια μετατόπιση του αστραγάλου μέσα στον ενδοαρθρικό χώρο, όταν ο ενδοαρθρικός χώρος αυξάνεται, λόγω κάποιου περιφερειακού τραυματισμού των συνδέσμων ή κάποιου κατάγματος στο κάτω άκρο της περόνης(Εικ.57) (Michelson, Clark & Jinnah, 1990; Harper, 1987).



**Εικόνα 54. Λειτουργία του πρόσθιου αστραγαλοπερονικού συνδέσμου(ΠΑΠΣ). Α. Ο ΠΑΠΣ περιορίζει την πρόσθια κίνηση του αστραγάλου(ΠΚΑ) ή την οπίσθια κίνηση της κνήμης-περόνης(ΟΚΚΠ). Β. Ο ΠΑΠΣ περιορίζει την έσω στροφή του αστραγάλου(ΕΣΑ) και την έξω στροφή της περόνης(ΕΣΠ). ΟΑΠΣ: οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος. ΔΣ: δελτοειδής σύνδεσμος.**



**Εικόνα 55. Λειτουργία του οπίσθιου αστραγαλοπερονικού συνδέσμου(ΟΑΠΣ). Α. Ο ΟΑΠΣ περιορίζει την οπίσθια κίνηση του αστραγάλου (ΟΚΑ) ή την πρόσθια κίνηση της κνήμης-περόνης(ΠΚΚΠ). Β. Ο ΟΑΠΣ περιορίζει την έξω στροφή του αστραγάλου(ΕΣΑ) και την έσω στροφή της περόνης(ΕΣΠ). ΠΑΠΣ: πρόσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος. ΔΣ: δελτοειδής σύνδεσμος.**

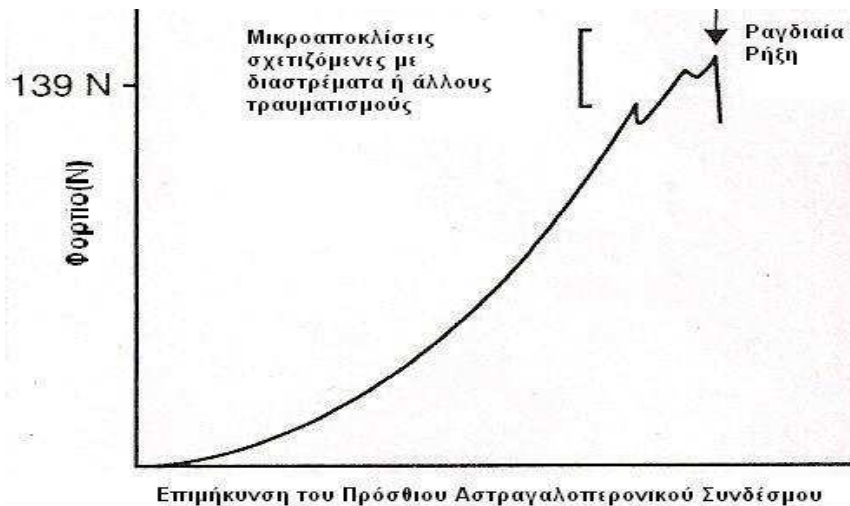


**Εικόνα Μελέτης Περιστατικού 2-1.**

## **Μελέτη Περιστατικού 2**

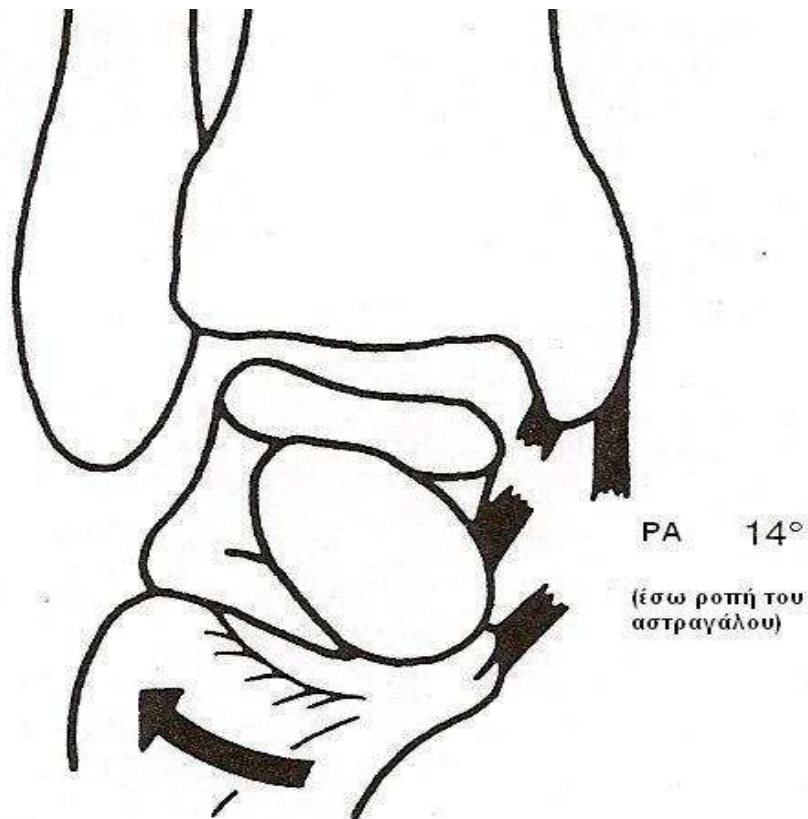
Ένας αθλητής του μπάσκετ με τραυματισμό, εξαιτίας της πτώσης με την ποδοκνημική σε πελματιαία κάμψη και υππιασμό κατά τη διάρκεια ενός αγώνα.

Η μη φυσιολογική, μεγάλη φόρτιση δημιούργησε τον τραυματισμό. Ο τραυματισμός δημιουργήθηκε από την μεγάλη πίεση(φορτίο σε σχέση με την επιφάνεια) κατά την πελματιαία κάμψη και τον υππιασμό, με μεγαλύτερη επίπτωση στον πρόσθιο αστραγαλοπερονικό σύνδεσμο(λάθος φόρτιση= 139 N). Αυτό παράγει πλάγια αστάθεια στην ποδοκνημική, μειώνοντας την αντοχή σε έσω στροφή τους αστραγάλου.

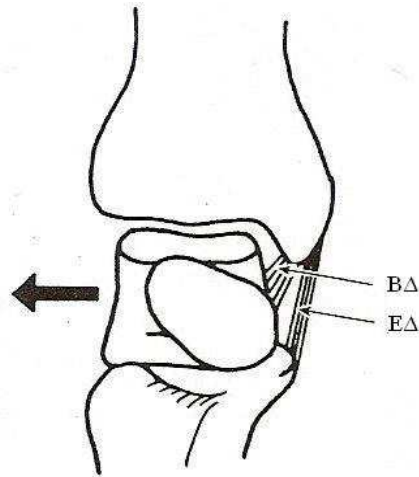


**Εικόνα Μελέτης Περιστατικού 2-2.**

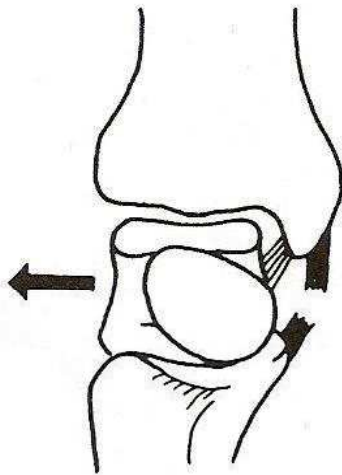
Σε φυσιολογική φόρτιση, η συνταύτιση των αρθρικών επιφανειών της ποδοκνημικής έχει μεγαλύτερη σημασία (Cawley & France, 1991; Stiehl et al., 1993; Stormont et al., 1985). Οι Stormont et al. βρήκαν ότι σε μια κατάσταση με έντονες φορτίσεις, οι αρθρικές επιφάνειες της ποδοκνημικής παρείχαν 30% στροφικής 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 & France 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 Cassand 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 πτεροπερονικό σύνδεσμο. Δεν εντόπισαν ότι οι αρθρικές επιφάνειες εμπόδιζαν την σταθερότητα κατά τον υπτιασμό, όταν η ποδοκνημική φορτίζεται. 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.



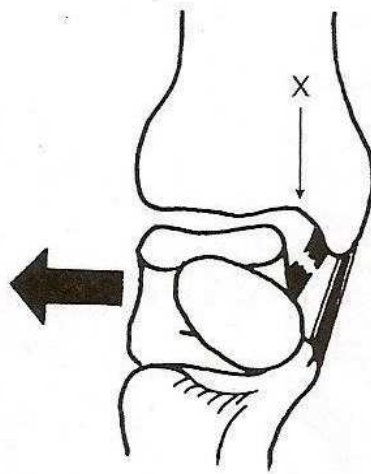
**Εικόνα 56. Εγκάρσια τομή των επιφανειακών και εν τω βάθει τμημάτων του δελτοειδή σύνδεσμου, εξαιτίας έσω ροπής του αστραγάλου για 14 μοίρες σε 24 δείγματα.**



PK 1.9 mm  
 PPK 5.6 mm  
 EA 0



PK 1.9 mm  
 PPK 5.6 mm  
 EA 0

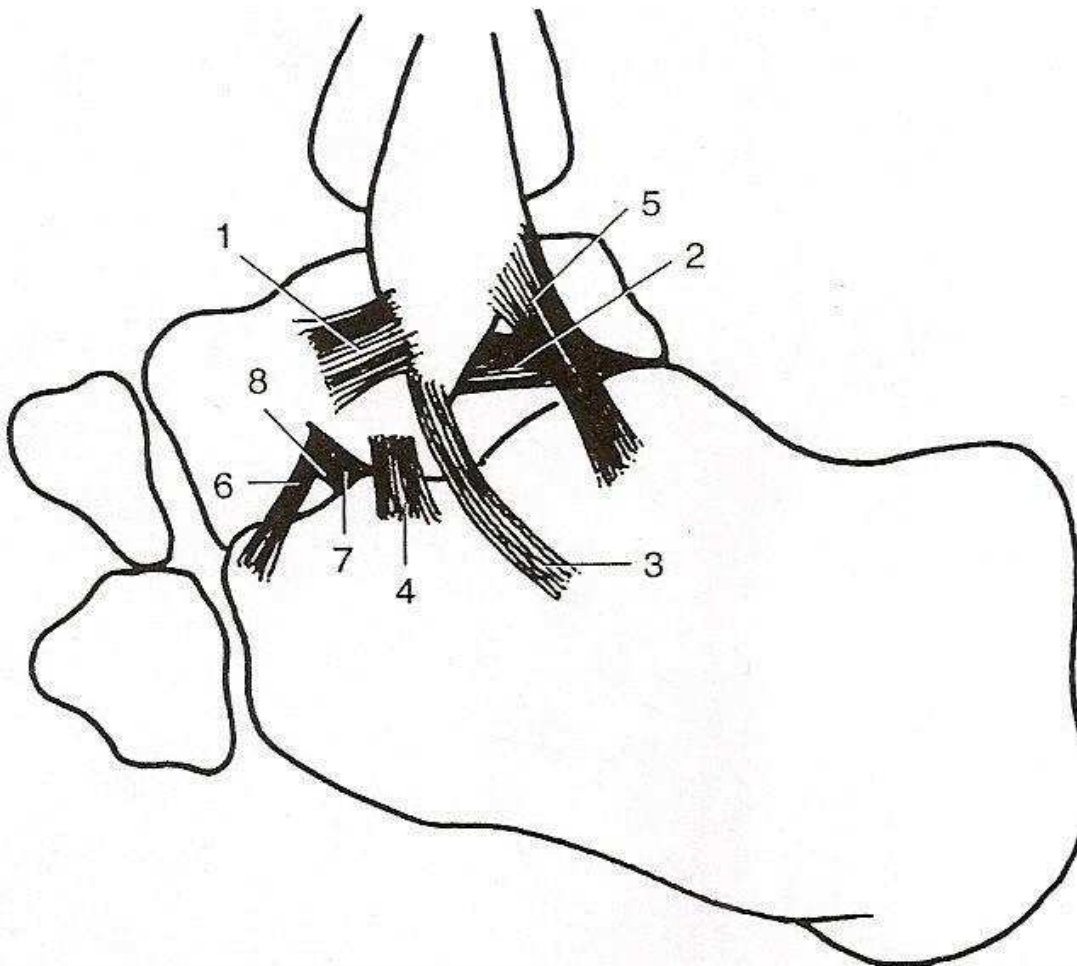


PK 3.8 mm  
 PPK 8 mm  
 EA 0

Εικόνα 57.

Τα σφυρά συντελούν στον περιορισμό κάποιου κατάγματος στην περόνη ή κάποιου τραυματισμού των συνδέσμων της περιοχής. Μια πλάγια φόρτιση εφαρμόζεται στον αστραγάλο στο μοντέλο μηδενικής της ποδοκνημικής. Η πλάγια κίνηση (PK) και η πρόσθια κίνηση (PPK) του αστραγάλου και η εξάρθρωση του αστραγάλου (EA) μετρήθηκαν. Η δομή του εν τω βάθει δελτοειδή συνδέσμου (BD) διπλασίασε την πλάγια κίνηση από 1,9 σε 3,8 εκατοστά. EA: επιφανειακός δελτοειδής.

Η σταθερότητα των συνδέσμων εξαρτάται από την ακεραιότητα των δυο σφυρών, την κνημοπερονιαία συνδέσμωση και το σύμπλεγμα του δελτοειδή σύνδεσμου. Κατά τη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, εμφανίζεται αύξηση του ενδοαρθρικού χώρου κατά 1 χιλιοστό και 2° 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, McMaster & Kelly,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. Μια μελέτη εικονικών ποδοκνημικών από τους Olgivie – Harris et al. (1994) καθόρισε ότι 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.



**Εικόνα 58.** Σύνδεσμοι της ποδοκνημικής και της υαστραγαλικής διάρθρωσης: 1. Πρόσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, 2. οπίσθιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, 3. περνοπερονικός σύνδεσμος, 4. πλάγιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, 5. αστραγαλοπερνοπερονικός σύνδεσμος ή σύνδεσμός του Rouviere, 6. αυχενικός σύνδεσμος, 7. σύνδεσμος του πρόσθιου θύλακα της αστραγαλοπερνοτικής άρθρωσης, 8. μεσόστεος σύνδεσμος.



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 Perreira 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 ενδροαρθρικό 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 υππιασμός της ποδοκνημικής διάρθρωσης και της υπαστραγαλικής διάρθρωσης είναι συχνά δύσκολο να διαχωριστούν κλινικά. Ο αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος παρέχει σταθερότητα στον υππιασμό και στις στροφικές πιέσεις, στην υπαστραγαλική και στην ποδοκνημική διάρθρωση. Οι Stephen & Sammarco (1992) δημιούργησαν μια πίεση υππιασμού σε ποδοκνημικές στο εργαστήριο και διαδοχικά διαχώρισαν τους πρόσθιους αστραγαλοπερονικούς και πτερνοπερονικούς συνδέσμους. Βρήκαν ότι μέχρι και το 50% του υππιασμού που παρατηρήθηκε κλινικά προερχόταν από την υπαστραγαλική διάρθρωση. Οι δομές που συμβάλλουν στη σταθερότητα της υπαστραγαλικής διάρθρωσης είναι ο πτερνοπερονικός σύνδεσμος, ο εγκάρσιος σύνδεσμος, ο μεσόστεος σύνδεσμος, ο πλάγιος αστραγαλοπερονικός σύνδεσμος, ο σύνδεσμος Rouvierre και ο καθεκτικός σύνδεσμος (Harper, 1991) (Εικ.58).

## **Κινηματική της Ποδοκνημικής Διάρθρωσης**

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.

## ΣΤΑΤΙΚΗ

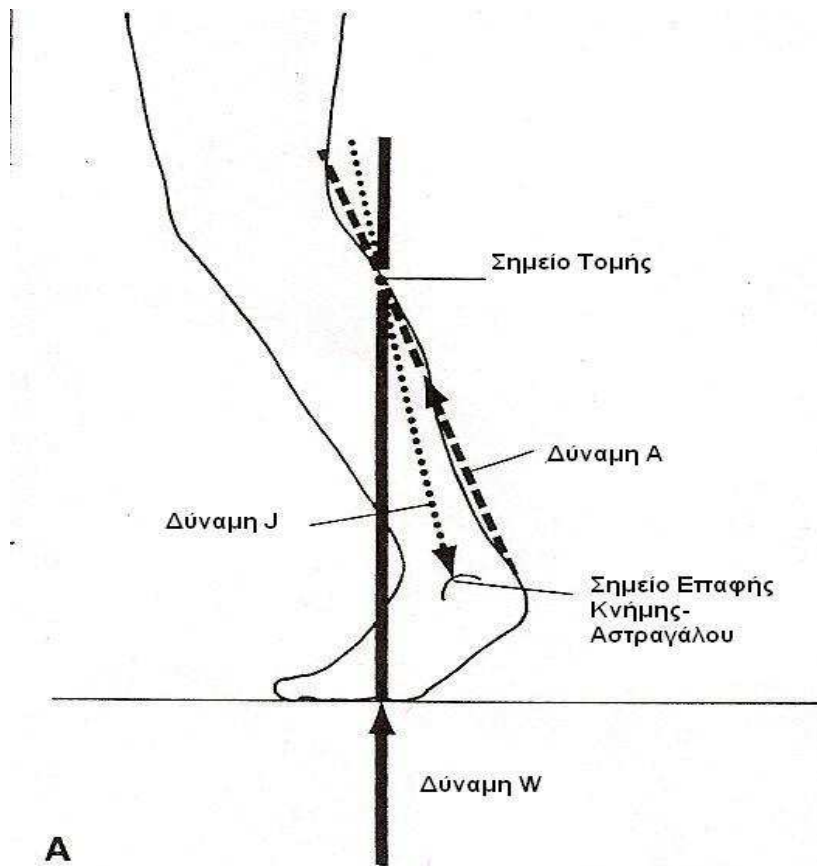
Σε μια στατική ανάλυση των δυνάμεων που δρουν στην ποδοκνημική διάρθρωση, το μέγεθος της δύναμης που παράγεται από τη σύσπαση των μυών της γαστροκνημίας και των πελματιαίων μυών μέσω του Αχίλλειου τένοντα και συνεπώς το μέγεθος της δύναμης αντίδρασης της άρθρωσης, μπορούν να μετρηθούν μέσω της χρήσης ενός διαγράμματος στο ελεύθερο σώμα. Στο ακόλουθο παράδειγμα, η μυϊκή δύναμη που μεταβιβάζεται μέσω του Αχίλλειου τένοντα και η δύναμη αντίδρασης της ποδοκνημικής διάρθρωσης μετρώνται σε ένα άτομο που στηρίζεται στα δάχτυλα του ενός ποδιού. Σε αυτό το παράδειγμα, το πόδι θεωρείται ένα ελεύθερο σώμα με τρεις κυρίως ομοεπίπεδες δυνάμεις να επιδρούν σε αυτό : η δύναμη αντίδρασης του εδάφους ( $W$ ), η μυϊκή δύναμη μέσω του Αχίλλειου τένοντα ( $A$ ) και η δύναμη αντίδρασης της άρθρωσης στο θόλο του αστραγάλου ( $J$ ) (Κουτί Υπολογισμού 1).

Η δύναμη αντίδρασης του εδάφους (που είναι ίση με το βάρος του σώματος) τοποθετείται κάτω από το μπροστινό μέρος του πέλματος με κατεύθυνση κατακόρυφα προς τα πάνω. Η Αχίλλειος δύναμη έχει ένα άγνωστο μέγεθος αλλά ένα γνωστό σημείο εφαρμογής(σημείο κατάφυσης του τένοντα στην πτέρνα) και μια γνωστή κατεύθυνση(κατά μήκος του Αχίλλειου τένοντα). Η δύναμη αντίδρασης της άρθρωσης στο θόλο του αστραγάλου έχει ένα γνωστό σημείο εφαρμογής στο θόλο του αστραγάλου, αλλά το μέγεθος και η γραμμή κατεύθυνσης είναι άγνωστα. Το μέγεθος των  $A$  και  $J$  μπορεί να προέλθει καθορίζοντας τις δυνάμεις σε ένα διάγραμμα ελεύθερου σώματος και κατασκευάζοντας ένα τρίγωνο δυνάμεων. Χωρίς έκπληξη, αυτές οι δυνάμεις βρέθηκαν να είναι αρκετά μεγάλες. 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.

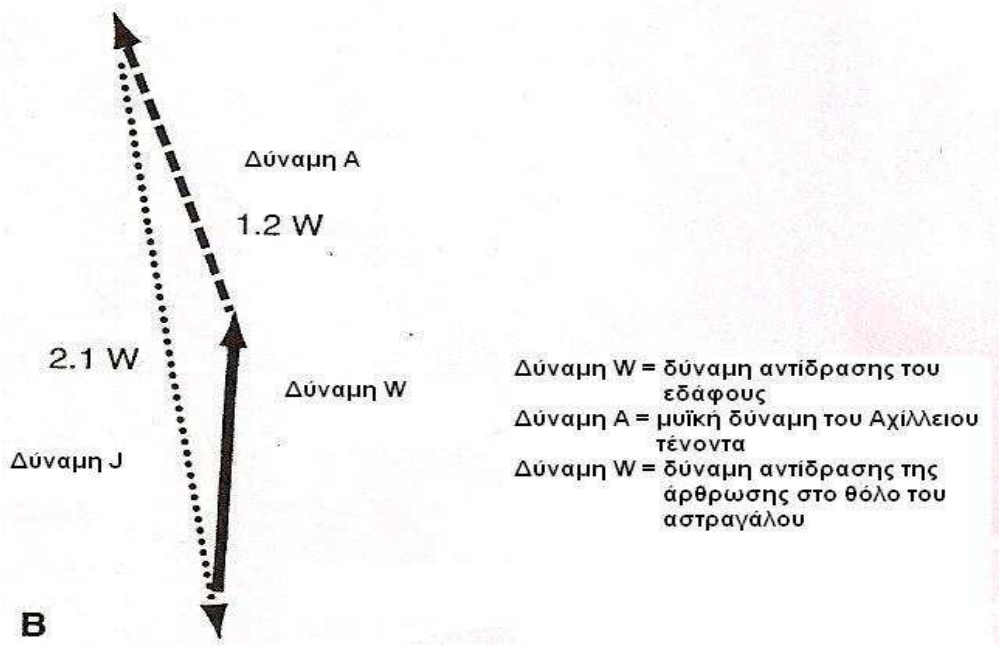
Σε μια μελέτη σε τεχνητό περιβάλλον, από τους Wang et al., (1996), βρέθηκε ότι η περόνη διαβιβάζει το 17 % του φορτίου στο κατώτερο άκρο. Με την ποδοκνημική σε ραιβότητα ή σε πελματιαία κάμψη, το φορτίο στην περόνη μειώνεται. Με την διατομή των άκρων των συνδέσμων μειώνεται η μεταφορά φορτίου στην περόνη 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.

## ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗ

Η ποδοκνημική έχει μια επιφάνεια με μεγάλη αντοχή σε φορτίσεις και με εμβαδόν 11 με 13 cm<sup>2</sup>, η οποία προκαλεί μικρότερες πιέσεις κατά πλάτος αυτής της άρθρωσης από ότι στο γόνατο ή το ισχίο (Greenwald, 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 μέσω της κνήμης στο θόλο του αστραγάλου, και το υπόλοιπο στις μέσες και πλάγιες αρθρικές επιφάνειες του αστραγάλου (Calhoun et al., 1994). 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 (Calhoun et al., 1994) (Εικ.59).



**A**  
Πλαίσιο Μέτρησης Εικόνα 1-1.



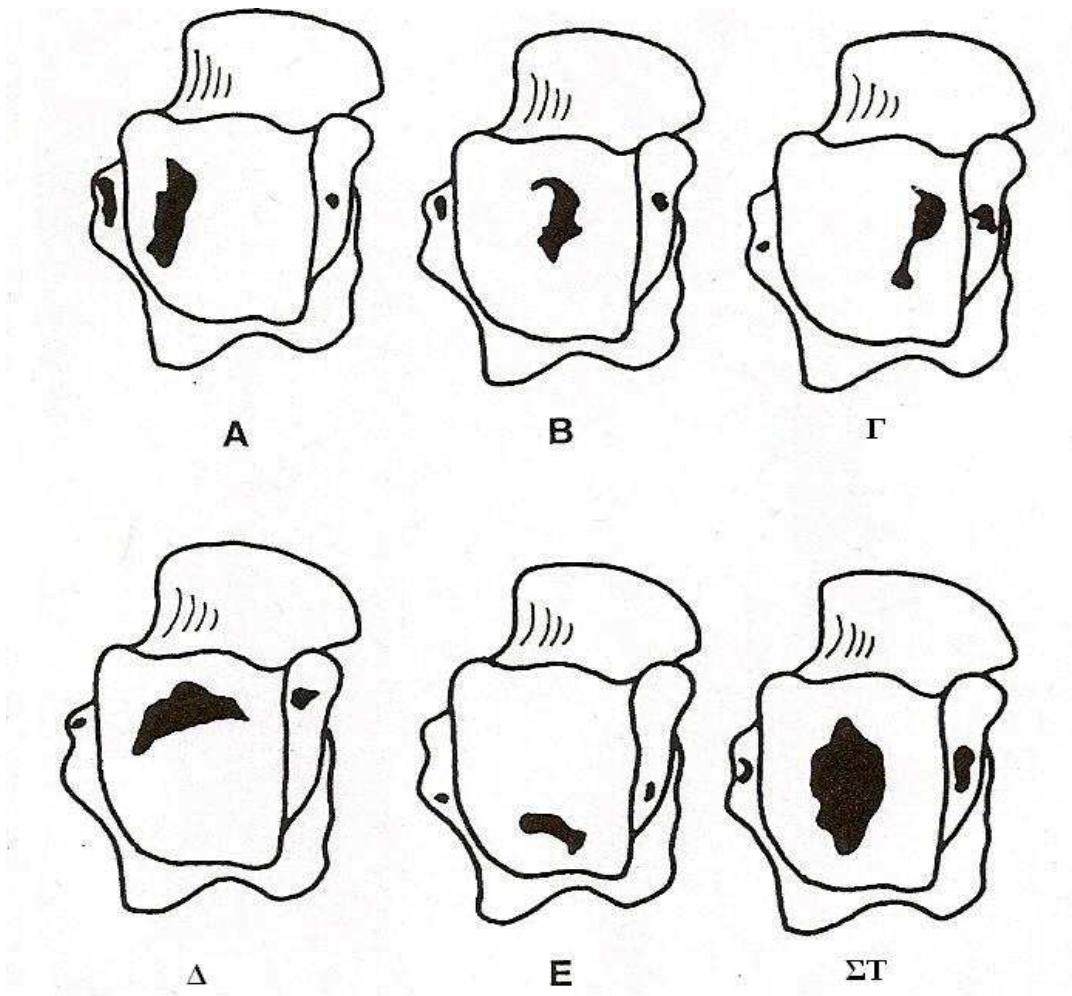
**B**  
Πλαίσιο Μέτρησης Εικόνα 1-2.

**Πλαίσιο Μέτρησης 1.**

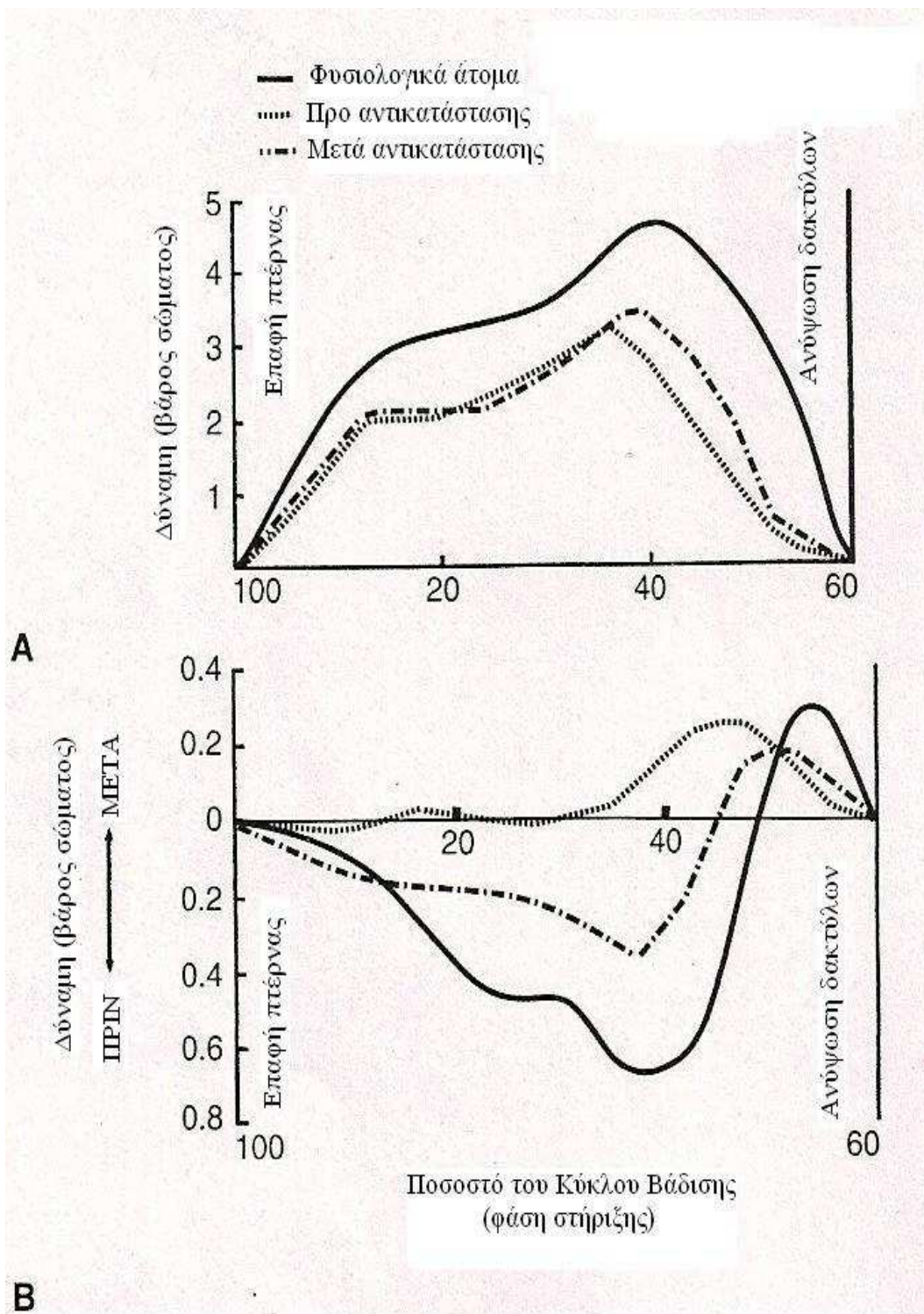
A. Σε ένα διάγραμμα του ποδιού, συμπεριλαμβανομένου και του αστραγάλου, οι γραμμές A και W εκτείνονται μέχρι να ενωθούν(σημείο τομής). Η γραμμή J ενώνει το σημείο τομής με σημείο επαφής αστραγάλου-κνήμης.

B. Ένα τρίγωνο δυνάμεων δημιουργείται. Η δύναμη A ισούται με 1,2 φορές το σωματικό βάρος και η δύναμη J ισούται με 2,1 φορές το σωματικό βάρος.

Η κατανομή του φορτίου στην ποδοκνημική καθορίζεται επίσης από τις δυνάμεις των συνδέσμων. Ο διαχωρισμός της κνημοπτερνικής δεσμίδας ινών του επιφανειακού δελτοειδή συνδέσμου 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 (Earl et al.; 1996).



**Εικόνα 59.** Η σχηματική αναπαράσταση σε ευαίσθητο στην πίεση φωτογραφικό χαρτί, μας δείχνει περιοχές υψηλής πίεσης στον αριστερό αστράγαλο. Α. Φόρτιση 490 N σε πρηνισμό, οδηγεί σε πλάγια αλλαγή της περιοχής επαφής του αστραγάλου. Β. Φόρτιση 490 N σε ουδέτερη θέση. Γ. Φόρτιση 490 N σε οπτιασμό, οδηγεί σε έσω αλλαγή της περιοχής επαφής του αστραγάλου. Δ. Φόρτιση 490 N σε 10 μοίρες ραχιαία κάμψη, οδηγεί σε πρόσθια αλλαγή της περιοχής επαφής του αστραγάλου και αύξηση αυτής της περιοχής. Ε. Φόρτιση 490 N σε 30 μοίρες πελματιαία κάμψη, οδηγεί σε οπίσθια αλλαγή της περιοχής επαφής του αστραγάλου. ΣΤ. Φόρτιση 980 N σε ουδέτερη θέση, οδηγεί σε αύξηση της περιοχής επαφής του αστραγάλου λόγω της αυξημένης φόρτισης.

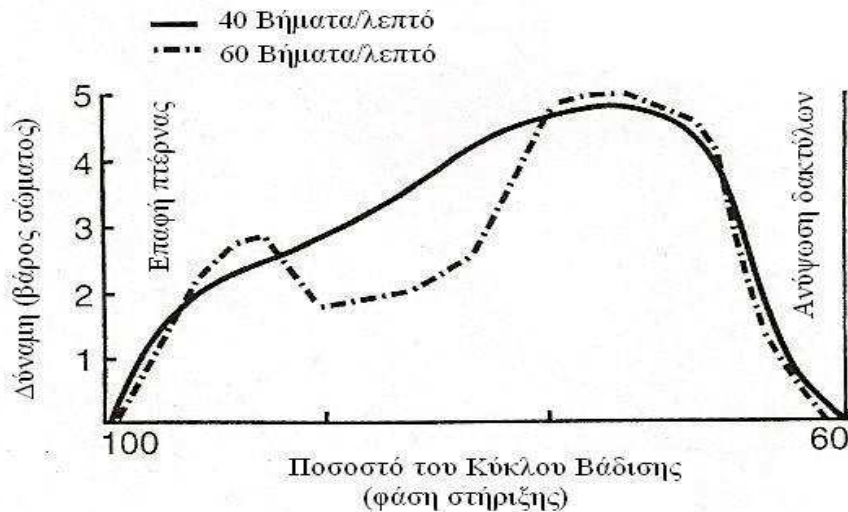


**Εικόνα 60.** Α. Η δύναμη αντίδρασης της ποδοκνημικής, εκφραζόμενη σε πολλαπλάσια του σωματικού βάρους, κατά τη φάση στήριξης της βάρδισης, σε πέντε φυσιολογικά άτομα και σε εννέα ασθενείς με αρθροπάθεια, πριν και μετά την προσθετική αντικατάσταση της ποδοκνημικής. Β. Η διαμήκης διακόμανση στην ποδοκνημική κατά τη φάση στήριξης της βάρδισης στα ίδια άτομα.

## ΔΥΝΑΜΙΚΗ

Οι δυναμικές μελέτες της ποδοκνημικής διάρθρωσης είναι απαραίτητες για να εκτιμηθούν οι δυνάμεις που δρουν στη φυσιολογική ποδοκνημική κατά τη βάρδιση και το τρέξιμο. Οι Stauffer et al. (1997) χρησιμοποίησαν πλατφόρμα μέτρησης της δύναμης, 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 βάρδιση παράγεται με σύσπασση 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 σύσπασση του οπίσθιου μυϊκού συστήματος της γαστροκνημίας(Εικ.60Α). Η ελκτικήδύναμη έφτασε μια μέγιστη τιμή 0.8 φορές το βάρος του σώματος κατά το σήκωμα της πτέρνας (Εικ.60 Β). Οι Proctor & Paul (1982) επίσης μέτρησαν τις συμπιεστικές δυνάμεις στην ποδοκνημική κατά τη βάρδιση 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 σύσπασση της μυϊκής ομάδας του πρόσθιου τμήματος της κνήμης.

Το πρότυπο δημιουργίας αντιδραστικών δυνάμεων στην ποδοκνημική κατά τη βάρδιση διαφοροποιείται ανάλογα με το ρυθμό βάρδισης(Εικ.61). 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).



**Εικόνα 61.** Η δύναμη αντίδρασης της ποδοκνημικής, εκφραζόμενη σε πολλαπλάσια του σωματικού βάρους, κατά τη φάση στήριξης της βάδισης, με δυο ταχύτητες. Στον πιο γρήγορο ρυθμό, υπάρχουν δυο κορυφαία σημεία ίσα με τρεις ως πέντε φορές το σωματικό βάρος, ένα στην αρχή της φάσης στήριξης και ένα στο τέλος. Στον πιο αργό ρυθμό, μόνο ένα κορυφαίο σημείο υπάρχει κατά το τέλος της φάσης στήριξης και είναι ίσο με πέντε φορές το σωματικό βάρος.

## Η Επίδραση της Υπόδησης στη Βιομηχανική του Ποδιού/Ποδοκνημικής

Η δυτική κοινωνία δίνει μεγάλη σημασία στην εμφάνιση της υπόδησης, ειδικά οι γυναίκες. Η γυναικεία υπόδηση σχεδιάζεται ώστε να κάνει το πέλμα να φαίνεται μικρότερο και το όλο το πόδι να φαίνεται μακρύτερο με το στένεμα του χώρου των δακτύλων και ανυψώνοντας την πτέρνα. Ένας στενός χώρος για τα δάχτυλα συμπιέζει το μπροστινό μέρος του πέλματος μεσαία και πλάγια, και έτσι συμβάλλει στην ανάπτυξη του βλαισού μεγάλου δακτύλου, της σφυροδακτυλίας και των κάλων στο μεγάλο δάκτυλο του ποδιού. Μια μελέτη 356 γυναικών των Frey et al., 1993 βρέθηκε ότι το 88% των γυναικών με πόνο στο πέλμα φορούσε παπούτσια που ήταν κατά μέσο όρο 1.2cm στενότερα από το πέλμα τους. Οι γυναίκες που φορούσαν παπούτσια κατά μέσο όρο 0.5cm πιο πλατιά από το πέλμα τους δεν είχαν κανένα σύμπτωμα και εμφάνιζαν μικρότερη δυσμορφία. Τα παπούτσια με ψηλά τακούνια αυξάνουν την πίεση στο πρόσθιο τμήμα του ποδιού συγκριτικά με τη στάση χωρίς υπόδηση (Snow, Williams & Holmes, 1992). Ένα τακούνι 1.9 cm αυξάνει την πίεση στο πρόσθιο μέρος του ποδιού κατά 22%, ένα τακούνι 5cm αυξάνει την μέγιστη πίεση κατά 57% και ένα τακούνι 8.3cm αυξάνει την μέγιστη πίεση κατά 76%. Ένα ψηλό τακούνι μπορεί να προκαλέσει πόνο κάτω από τις κεφαλές των μεταταρσίων και μπορεί επίσης να συμβάλλει στο σχηματισμό μεσοδακτύλιου νευρώματος. Τα ψηλά τακούνια μπορεί επίσης με την πάροδο του χρόνου να οδηγήσουν σε μόνιμη σύσπασση του Αχίλλειου, περιορισμένη ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και μια διαφοροποιημένη, μη φυσιολογική βάδιση. Το εύρος της κίνησης της ποδοκνημικής διάρθρωσης στον κύκλο βάδισης μειώνεται καθώς το ύψος του τακουινιού αυξάνεται (Murray et al., 1970).



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

## Ημιπληγία

Η ημιπληγία είναι αποτέλεσμα βλαβών που συμβαίνουν στον εγκέφαλο ή τα ανώτερα τμήματα της σπονδυλικής στήλης και προσβάλλουν κάθε ηλικία. Το κυρίαρχο χαρακτηριστικό της ημιπληγίας είναι η έλλειψη εκούσιας κίνησης με συνεχείς μεταβολές στον μυϊκό τόνο και έλλειψη αισθητικότητας κατά μήκος της μίας πλευράς του σώματος ( Todd J. M. κ.α.).

## Αίτια

Η ημιπληγία σε νεαρά άτομα μπορεί να προκληθεί από τραύμα, αγγειακά αίτια( θρόμβωση, αιμορραγία ή έμβολο ), καρκίνο ή απόστημα. Σε ενήλικες προκαλείται από εγκεφαλική θρόμβωση, εγκεφαλική αιμορραγία ή περιπτώσεις καρκίνου.

## Αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια

Το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο είναι μετά τα καρδιολογικά νοσήματα και τον καρκίνο η συχνότερη αιτία θανάτου στο δυτικό κόσμο ( Raymond D. Adams κ.α., 2001; Johanna H. Van der Lee κ.α., 1994 ). Η αναλογία του εγκεφαλικού στη Μ.Βρετανία είναι 200 / 100.000 ετησίως, με τα  $\frac{3}{4}$  των εγκεφαλικών να συμβαίνουν σε άτομα ηλικίας 65 ετών και άνω ( LEU, 1992 ). Σύμφωνα με μελέτες στην Γερμανία( Herman et al, 1980 ), Αμερική( Robins and Brown, 1981 ), Φιλανδία( Kallio, 1980 ) και Ελβετία( Zinn, 1978 ), στις δυτικές χώρες κατά μέσο όρο τα 320 - 400 άτομα από τα 100.000 ετησίως, αναμένονται να προσβληθούν για πρώτη φορά από αγγειακή εγκεφαλική νόσο. Στην Ελβετία, αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι συνολικά πάνω από 20.000 άτομα προσβάλλονται για πρώτη φορά από αγγειακή εγκεφαλική νόσο κάθε χρόνο( Davies P., 1985). Σε έναν πληθυσμό 100.000 ατόμων που προσβλήθηκαν από αγγειακή εγκεφαλική νόσο τα 5 άτομα είναι ηλικίας κάτω των 20 ετών, ενώ τα 1.800 είναι κάτω από την ηλικία των 85 ετών. Το 25% περίπου των ασθενών είναι κάτω από 50 ετών και περίπου το 70% είναι πάνω από 60 ετών. Οι άνδρες προσβάλλονται πιο συχνά από τις γυναίκες. Η αναλογία ανδρών/ γυναικών είναι 144:100 σε όλες τις ηλικιακές ομάδες( Robins and Brown, 1981 ). Στις ΗΠΑ υπολογίζεται ότι το αγγειακό εγκεφαλικό

επεισόδιο προσβάλλει 730.000 άτομα κάθε χρόνο( Alexander W. Dromerick et al, 2000). Παρ' όλο που η αναλογία της νόσου στον πληθυσμό μειώθηκε τα τελευταία 20 χρόνια, ο αριθμός των νοσούντων ατόμων αυξήθηκε και θα αυξηθεί περισσότερο τα επόμενα 20 χρόνια( Brummel-Smith, 1993). Αντίθετη με αυτή την άποψη εμφανίστηκε η Davies M. Patricia που ανέφερε, ότι τα τελευταία χρόνια, η συχνότητα του αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου ελαττώνεται συνεχώς, καθώς γνωρίζουμε όλο και περισσότερα για τους προδιαθετικούς παράγοντες και την πρώιμη ανίχνευσή τους, και έτσι είναι δυνατή η λήψη μέτρων προφύλαξης( Davies M. P., 1985 ).

Περίπου το 50% έως 90% των ατόμων με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο νοσηλεύονται στα νοσοκομεία( Wade et al, 1985; Bamford et al, 1986 ) και μόνο ένα μικρό ποσοστό από αυτούς σε εξειδικευμένες μονάδες αποκατάστασης αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων( Lindley et al, 1995 ). Περίπου οι μισοί απ' όλους τους νευρολογικούς ασθενείς που νοσηλεύονται σε κάποιο γενικό νοσοκομείο πάσχουν από κάποιου είδους αγγειακής εγκεφαλικής νόσου( Raymond D. Adams et al, 2001).

Παρ' όλο που πολλοί ασθενείς αποκαθίστανται σε κάποιο βαθμό, αρκετοί μένουν με χαρακτηριστικές αισθητικοκινητικές και γνωστικές διαταραχές(Alexander W. Dromerick et al, 2000). Το κύριο πρόβλημα των ασθενών αυτών είναι ο παθολογικός συγχρονισμός των κινητικών προτύπων σε συνδυασμό με τον παθολογικό στατικό τόνο(Bernstein N., 1967). Στα άτομα που έχουν επιζήσει από το εγκεφαλικό, νευρολογικά ελλείμματα και βλάβες όπως ημιπαρέσεις ( 80%-90% ) ( Herman et al, 1982; Herman, 1981; Bonita et al, 1984; Foulkes et al, 1988; Kotila et al, 1984 ), διαταραχές επικοινωνίας και οπτικού εστιασμού μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές διαταραχές, π.χ. μειωμένη κινητικότητα και μειωμένες βασικές δραστηριότητες της καθημερινότητας ( Herman et al, 1982; Herman, 1981; Kotila et al, 1984 ). Περίπου το 80% των ασθενών επιβιώνει από την οξεία φάση και επανακτά την ικανότητά του για βάρδια( Johanna H. Van der Lee et al, 1994 ). Αντίθετα, το 30 %-66% των επιζώντων δεν είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν το προσβεβλημένο άνω άκρο (Kwakkel G. et al, 1999 ). Μια επιδημιολογική έρευνα στην Ολλανδία έδειξε ότι το 58% των ασθενών με οξύ εγκεφαλικό επεισόδιο επανάκτησε τις βασικές δραστηριότητες της καθημερινότητας ( Herman et al, 1982; Herman, 1981 ). Αυτό το αποτέλεσμα είναι σύμφωνο με τα αποτελέσματα από άλλες επιδημιολογικές μελέτες που έγιναν στη Μεγάλη Βρετανία, τη Σουηδία, τη Νορβηγία, την Ιταλία και τις ΗΠΑ. Αυτές οι μελέτες έδειξαν ότι περίπου το 60%-70% των ασθενών με αγγειακή εγκεφαλική νόσο έγιναν ανεξάρτητοι όσον αφορά τις βασικές καθημερινές δραστηριότητες( Bamford et al, 1990; Kotila et al, 1984; Petlund, 1970; D' Alexandro et al, 1992; Jette et al, 1988; Dombovy et al, 1987). Παρ'όλο που τα επιδημιολογικά δεδομένα είναι ελλιπή, τα ευρήματα ενός ικανοποιητικού αριθμού μακροχρόνιων μελετών πιστοποιούν ότι το 30% ( Heller et al, 1989 ) μέχρι σχεδόν το 66% ( Wade et al, 1983a; Sunderland et al, 1989 ) των ατόμων με αγγειακή εγκεφαλική νόσο εμφανίζουν μειωμένη λειτουργικότητα, ενώ μόνο από το 5% ( Sunderland et al, 1989; Gowland, 1982 ) έως το 20% ( Heller et al, 1989; Moskowitz et al 1972; Parker et al, 1986; Nakayama et al, 1994 ) αυτών των ατόμων επανακάμπτουν πλήρως( Kwakkel G. Et al, 1999 )

## Αγγειακή Εγκεφαλική Νόσος

Ο όρος αγγειακή εγκεφαλική νόσος υποδηλώνει κάθε διαταραχή του εγκεφάλου, προερχόμενη από παθολογική διεργασία των αιμοφόρων αγγείων-αρτηριών, αρτηριολίων, τριχοειδών αγγείων, φλεβών ή φλεβώδων κόλπων. Η παθολογοανατομική αλλοίωση στα αγγεία λαμβάνει τις εξής μορφές:

- Θρόμβος
- Έμβολο
- Ρήξη.

Οι προκύπτουσες ανωμαλίες στον εγκέφαλο είναι δύο τύπων:

- ✓ Ισχαιμία με ή χωρίς έμφρακτο.
- ✓ Αιμορραγία.

Άλλες μορφές αγγειακής νόσου, είναι εκείνες που οφείλονται σε μεταβολή της διαπερατότητας του αγγειακού τοιχώματος, υπέρταση και αύξηση της γλοιότητας ή άλλες ποιοτικές μεταβολές του αίματος. Οι μεταβολές αυτές αποτελούν παθολογικό υπόστρωμα εκείνων των αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων, τα οποία επιπλέκουν νόσους, όπως είναι η δρεπανοκυτταρική αναιμία και η αληθής πολυκυτταραιμία. Οι μεταβολές στη διαπερατότητα των αγγείων είναι υπεύθυνες της κεφαλαλγίας, του εγκεφαλικού οιδήματος και των σπασμών που παρατηρούνται στην υπερτασική εγκεφαλοπάθεια ( Raymond D. Adams et al, 2001 ).

### Τύποι αγγειακής εγκεφαλικής νόσου

- Αθηροσκληρωτική θρόμβωση
- Παροδικά ισχαιμικά επεισόδια
- Έμβολη
- Πρωτοπαθής ( υπερτασική ) ενδοεγκεφαλική αιμορραγία και λοβώδης μη υπερτασική αιμορραγία
  - Σακοειδές ανεύρυσμα
  - Αρτηρίτιδα
  - Εγκεφαλική θρομβοφλεβίτιδα
  - Αιματολογικές διαταραχές: πολυκυτταραιμία, δρεπανοκυτταρική αναιμία, θρομβοκυττάρωση, έμβολα χοληστερόλης
  - Τραύμα και διαχωριστικό ανεύρυσμα καρωτίδας, σπονδυλικής και ενδοκρανιακών αρτηριών
    - Διαχωριστικό ανεύρυσμα αορτής
    - Συστηματική υπόταση με αρτηριακές στενώσεις
    - Νευρολογική ημικρανία και επίμονο έλλειμμα
    - Πίεση αγγείου από εγκλωβισμό
    - Διάφοροι άλλοι τύποι: υπερβολική δόση ακτινοβολίας, επιπλοκή αντισυλληπτικής θεραπείας, αγγειοσπασμός λόγω υπαραχνοειδούς αιμορραγίας κ.α. ( Raymond D. Adams et al, 2001 ).

## Το σύνδρομο του αγγειακού εγκεφαλικού

Ο χαρακτηριστικός τρόπος εκδήλωσης της αγγειακής εγκεφαλικής νόσου είναι το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, το οποίο ορίζεται ως κάθε αιφνίδιο ή οξύ, μη επιληπτικό, εστιακό νευρολογικό έλλειμμα. Στην πιο σοβαρή μορφή του, ο ασθενής γίνεται ημιπληγικός ή πέφτει αναίσθητος. Στο γεγονός αυτό έχουν δοθεί διάφορες ονομασίες όπως αποπληξία, εγκεφαλικό, συμφόρηση κλπ. Αν δεν επακολουθήσει θάνατος στις επόμενες πρώτες ώρες ή ημέρες, υπάρχει σχεδόν πάντοτε κάποιος βαθμός λειτουργικής αποκατάστασης. Αυτό το προφίλ των νευρολογικών εκδηλώσεων, που διαρκεί άλλοτε μερικά λεπτά, όπως στην ισχαιμική προσβολή, και άλλοτε ώρες ή μέρες, συντελεί στην διάγνωση. Οι διαφορές στο προφίλ των νευρολογικών εκδηλώσεων είναι ανάλογες του τύπου της αγγειακής βλάβης. Τα εμβολικά αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια εκδηλώνονται απολύτως αιφνιδίως και τα συμπτώματά τους άλλοτε υποχωρούν γρήγορα και άλλοτε παραμένουν για περισσότερο χρόνο. Τα θρομβωτικά αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια εκδηλώνονται εξίσου αιφνιδίως, αλλά συνήθως εξελίσσονται με κάπως βραδύτερο ρυθμό, εντός κάποιας περιόδου λίγων λεπτών, ωρών, ακόμη και ημερών. Η εγκεφαλική αιμορραγία, συνήθως από τη στιγμή που εμφανίζεται, προκαλεί σοβαρό νευρολογικό έλλειμμα, αλλά μερικές φορές η εκδήλωσή της εξελίσσεται προοδευτικά, εντός μερικών ωρών ή και περισσότερο ( Raymond D. Adams, 2001 ).

## Αθηροσκληρυντικό-θρομβωτικό έμφρακτο

Οι μεγάλες ενδοκρανιακές αρτηρίες, όπως η αορτή και οι στεφανιαίες αρτηρίες έχουν προδιάθεση στις αθηροσκληρυντικές αλλοιώσεις. Τα πιο κοινά σημεία αλλοίωσης είναι τα εγγύς και άνω τμήματα της κοινής και έσω καρωτίδας (στην έκφυση της), οι σπονδυλικές αρτηρίες, η βασική αρετηρία και τα κεντρικά τμήματα των μειζόνων εγκεφαλικών αρτηριών, κυρίως της μέσης εγκεφαλικής. Παράγοντες που συντελούν σε αυτήν την αθηρωματική διαδικασία είναι η υπέρταση, ο σακχαρώδης διαβήτης και η υπερλιπιδαιμία. Οι περισσότεροι από τους μισούς ασθενείς που υφίστανται θρομβωτικό αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο εμφανίζουν ένα ή περισσότερα βραχείας διάρκειας προειδοποιητικά επεισόδια, η διάγνωση και η θεραπεία των οποίων μπορεί να προλάβει ένα επερχόμενο αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο( Raymond D. Adams, 2001 ).

Το θρομβωτικό εγκεφαλικό επεισόδιο, προαναγγελλόμενο ή όχι, εισβάλλει με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

1. Συνηθέστερα, το νευρολογικό έλλειμμα εμφανίζεται αιφνίδια, και ολοκληρώνεται σε περίοδο μερικών λεπτών μέχρι λίγων ωρών.
2. Μπορεί η εμφάνιση να γίνει με βήματα κατά διαλείποντα προοδευτικό τρόπο μέσα σε λίγες ώρες, ημέρες ή και περισσότερο.
3. Ή τα συμπτώματα αφού εμφανισθούν, μπορεί να υποχωρήσουν για αρκετές ώρες για να επανέλθουν επιδεινούμενα στη συνέχεια.
4. Περισσότερο περίπλοκο παραμένει το σπάνιο εγκεφαλικό επεισόδιο στο οποίο το έλλειμμα επιδεινώνεται με διαδοχικά βήματα μέσα σε περίοδο μιας ή και δύο εβδομάδων. Συχνά, η εισβολή του επεισοδίου γίνεται κατά τη

διάρκεια της νύκτας και ο ασθενής ξυπνά παράλυτος. Βέβαια το είδος του νευρολογικού ελλείμματος καθορίζεται από τη θέση της αρτηριακής απόφραξης και τη διαθέσιμη αναστομωτική κυκλοφορία ( Raymond D. Adams, 2001).

## **Εμβολικό έμφρακτο**

Η εγκεφαλική εμβολή είναι η μόνη συχνότερη αιτία αγγειακού εγκεφαλικού επεισοδίου. Αν προσθέσει κανείς τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια αδιευκρίνιστης αιτιολογίας σε εκείνα που αποδεδειγμένα οφείλονται σε εμβολή, το 40% ή περισσότερο όλων των αγγειακών εγκεφαλικών αποδεικνύεται ότι είναι εμβόλιμα, συγκρινόμενα με το 32% θρομβωτικής αιτιολογίας ( Raymond D. Adams, 2001 ).

Τα περισσότερα εγκεφαλικά έμβολα προέρχονται από την καρδιά ( κολπική μαρμαρυγή, έμφραγμα του μυοκαρδίου, με τυχωματικό θρόμβο, υποκινησία τμήματος του καρδιακού τοιχώματος, ενδοκαρδίτιδα ). Άλλα προέρχονται από την αορτή ή τις μεγάλες κρανιακές αρτηρίες. Αντίθετα με το θρόμβο, ο οποίος προσκολλάται στο αγγειακό τοίχωμα, το εμβαλλόμενο σωματίδιο είναι εύθραυστο και μετακινείται. Το έμβολο είναι δυνατόν να διαλυθεί προτού συμβεί ιστική νέκρωση ή, αν έχει ήδη δημιουργηθεί έμφρακτο, να μετατραπεί σε αιμορραγικό κατά την αποκατάσταση της κυκλοφορίας ( Raymond D. Adams, 2001 ).

Απ' όλα τα ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια, τα εμβόλιμου τύπου εισβάλλουν ταχύτερα, για την ακρίβεια, μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα. Αν και ο εγκέφαλος είναι η συχνότερη θέση εγκατάστασής εμβόλων καρδιακής προέλευσης, προσβάλλονται παράλληλα και άλλα όργανα ( σπλήνα, νεφρός, γαστρεντερική οδός, άκρα ). Συχνότερα, προσβάλλονται οι κλάδοι της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας. Το 1/3 των εμβόλιμων εμφράκτων καθίστανται αιμορραγικά, φαινόμενο που διαπιστώνεται σε επαναλαμβανόμενες αξονικές ( CT ) ή μαγνητικές ( MRI ) τομογραφίες. Το ανησυχητικό βέβαια είναι ότι πάντα υπάρχει ο κίνδυνος υποτροπής της εμβολής ( Raymond D. Adams, 2001 ).

## **Ενδοκρανιακή αιμορραγία**

Ονομάζεται επίσης υπερτασική αιμορραγία επειδή οι περισσότερες παρατηρούνται σε ασθενείς με αυξημένη αρτηριακή πίεση, αλλά η συχνότητα εμφάνισης της πρωτοπαθούς εγκεφαλικής αιμορραγίας δεν συσχετίζεται πάντα με την παρουσία ή το βαθμό της υπέρτασης. Η διέγερση και η έντονη προσπάθεια, ή τα αδρενεργικά φάρμακα μπορεί να δράσουν ως εκλυτικοί παράγοντες ( Raymond D. Adams et al, 2001 ).

Η πρωτοπαθής ενδοεγκεφαλική αιμορραγία είναι η πιο σοβαρή από όλες τις αγγειακές εγκεφαλικές νόσους και μπορεί να χαρακτηριστεί ως αποπληξία. Ο ασθενής μπορεί αιφνίδια να καταρρεύσει ή να εμφανίσει ισχυρή κεφαλαλγία και ταχέως να βυθισθεί σε κώμα. Αν η αιμορραγία είναι μαζική, επέρχεται ο θάνατος μέσα σε λίγες ώρες ή μέρες. Στην αυτοψία ανευρίσκεται, συνήθως,

ένας ημισφαιρικός θρόμβος, που εξοιδαίνει τον εγκέφαλο και αίμα που κατακλύζει τις κοιλίες και τον υπαραχνοειδή χώρο. Στο 20%-30% των περιπτώσεων, η κεφαλαλγία είναι συνηθισμένου τύπου και μπορεί να παρατηρηθεί εστιακό νευρολογικό έλλειμμα χωρίς απώλεια συνείδησης, το οποίο δεν ξεχωρίζει κλινικά από εκείνο του εμφράκτου. Η αιμορραγία μπορεί να αναγνωρισθεί μόνο με αξονική τομογραφία (Raymond D. Adams et al, 2001 ).

## **Αιτίες ενδοκρανιακής αιμορραγίας**

- Πρωτοπαθής ενδοεγκεφαλική αιμορραγία
- Σακοειδές ανεύρυσμα
- Ραγείσα ΑΦΔ
- Αρτηριακή αμυλοείδωση
- Τραύμα, περιλαμβανομένης της όψιμης μετατραυματικής αποπληξίας
- Αιμορραγικές διαταραχές: λευχαιμία, αιμοφιλία, νοσήματα του ήπατος, απλαστική αναιμία, επιπλοκή αντιπηκτικής θεραπείας κτλ.
- Αιμορραγία εντός πρωτοπαθών ή δευτερευόντων εγκεφαλικών όγκων
- Σηπτική εμβολή
- Αιμορραγικό έμφρακτο, αρτηριακό ή φλεβικό
- Φλεγμονώδης νόσος των αρτηριών και των φλεβών
- Διάφοροι σπάνιοι τύποι: μετά από λήψη αγγειοσυσπαστικών φαρμάκων, κατά τη σωματική άσκηση, κατά τη διάρκεια επώδυνης ουρολογικής εξέτασης, ημικρανίας, ανοξίας κα.( Raymond D. Adams et al, 2001 ).

## **Ανατομία και παθολογία**

Οι δυο εσωτερικές καρωτίδες και οι δυο σπονδυλικές αρτηρίες μεταφέρουν το αίμα που διοχετεύεται στον εγκέφαλο. Η συνδεσμολογία ανάμεσα σ' αυτές τις αρτηρίες στη βάση του εγκεφάλου ονομάζονται κύκλος του Willis. Τα κύρια αγγεία που προέρχονται από αυτό τον κύκλο είναι οι πρόσθιες, μεσαίες και οπίσθιες εγκεφαλικές αρτηρίες, κάθε μια από τις οποίες είναι υπεύθυνη για τον εφοδιασμό σημαντικών τμημάτων του φλοιού, των βασικών γαγγλίων και του ανώτερου εγκεφαλικού συστήματος. Η παράπλευρη κυκλοφορία μπορεί να είναι επαρκής ώστε να αντισταθμιστεί η αργή έμφραξη οποιουδήποτε κυρίαρχου αγγείου εφοδιασμού του εγκεφάλου, αλλά μια ξαφνική ολοκληρωμένη έμφραξη ή βλάβη ενός τερματικού κλάδου του κύκλου του Willis συχνά παράγει κλινικά σημάδια. Η ημιπληγία λόγω των αγγειακών βλαβών έχει την απαρχή σε μια θρομβωτική ή εμβόλιμη αντίδραση που προέρχεται από τις εσωτερικές καρωτιδικές αρτηρίες. Μια παρόμοια κλινική

εικόνα μπορεί να προέλθει από έμφραξη οποιουδήποτε βασικού κλάδου από τον κύκλο του Willis. Κλάδοι από την κεντρική εγκεφαλική αρτηρία εφοδιάζουν όχι μόνο ένα κύριο τμήμα των κύριων αισθητικοκινητικών περιοχών, περιλαμβάνοντας και το τμήμα της ομιλίας, αλλά παράλληλα και τον εσωτερικό θύλακα. Ο εσωτερικός θύλακας, που σχετίζεται με τα βασικά γάγγλια, έχει μια συγκέντρωση ινών που προέρχεται από πολλά τμήματα του φλοιού του εγκεφάλου. Οποιαδήποτε λοιπόν έμφραξη σε κάποια από τα αγγεία που εφοδιάζουν αυτά τα τμήματα μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη. Η πρόσθια εγκεφαλική αρτηρία εφοδιάζει τα πιο κεντρικά μέρη του πρόσθιου ημισφαιρίου και έχει ένα σημαντικό ρόλο ο οποίος σχετίζεται με τη διατήρηση της αισθητικότητας ως υψηλή διανοητική λειτουργία (Todd J. M. et al).

Εκεί, όπου η αιμορραγία προκαλεί εντοπισμένη φθορά του εγκεφαλικού ιστού, υπάρχει πρόσθετη βλάβη στις τριγύρω περιοχές σαν συνέπεια της πίεσης από οίδημα. Και η θρόμβωση και η εμβολή φράσσουν τον εφοδιασμό του αίματος και προκαλούν έμφραξη του εγκεφαλικού ιστού με αποτέλεσμα την ανοξία. Όταν τα εγκεφαλικά κύτταρα ή ίνες καταστραφούν βαθμιαία μεταφέρονται από τα νευρογλοιακά φαγωσητικά κύτταρα, αφήνοντας είτε έναν κυστικό χώρο, είτε ένα ινώδες τραύμα ( Todd J. M. et al ).

## Νευροφυσιολογικοί Παράγοντες

Η φυσική αναπηρία που προκαλείται από μια βλάβη στο κεντρικό νευρικό σύστημα θεωρείται σαν μια παρέμβαση στον φυσιολογικό στατικό έλεγχο. Ουσιαστικά, υπάρχει ένας παθολογικός συγχρονισμός των κινητικών προτύπων. Τα πρότυπα συγχρονισμού είναι πρότυπα φυσιολογικού και παθολογικού στατικού ελέγχου. Το θεμελιώδες πρόβλημα του ασθενούς εντοπίζεται σε παθολογικά πρότυπα συγχρονισμού της στάσης του σώματος και κίνησης και σε παθολογική ποιότητα του στατικού τόνου, και της μοιβαίας εννεύρωσης (Bobath B., 1970).

Οι φυσιολογικές κινήσεις χρειάζονται φυσιολογικό μυϊκό τόνο. Πρέπει να είναι μέτριας έντασης, όχι πολύ υψηλός για να μην παρεμβαίνει στην κίνηση, αλλά αρκετά υψηλός ώστε να κάνει δυνατή την κίνηση ενάντια στην βαρύτητα. Ο τόνος και ο συγχρονισμός κινήσεων είναι αδιαίρετοι μεταξύ τους, εξαρτώνται ο ένας από τον άλλον (Sherrington C.S., 1947). Καμία περίπτωση παθολογικού συγχρονισμού δεν είναι γνωστή, στην οποία να μην υπάρχει συγχρόνως και παθολογικός τόνος, και δεν είναι γνωστός κανένας μηχανισμός του κεντρικού νευρικού συστήματος που να έχει σχέση με την μια από αυτές τις λειτουργίες χωρίς να έχει σχέση με την άλλη (Bernstein N., 1967).

Οι παθολογικοί τύποι στατικού τόνου και τα στερεότυπα ολικά κινητικά πρότυπα που εμφανίζουν οι ημιπληγικοί ασθενείς, είναι αποτέλεσμα κακής αναστολής, π.χ. απελευθέρωση των κατώτερων προτύπων λειτουργίας από τον ανασταλτικό έλεγχο των ανώτερων εγκεφαλικών κέντρων. Μια τέτοια απελευθέρωση όχο μόνον παρουσιάζει μυϊκά σημάδια, όπως υπερβολικά μουσατικά και τενόντια αντανάκλαστικά, αλλά και παθολογικά πρότυπα συγχρονισμού, ίσως φιλογενετικώς παλαιότερων στατικών αντανάκλαστικών μηχανισμών (Bobath B., 1970).

Έχει αποδειχθεί ότι η σπαστικότητα οφείλεται στην απελευθέρωση ενός κέντρου διευκόλυνσης του δικτυωτού σχηματισμού του εγκεφαλικού στελέχους το οποίο ενεργοποιεί το σύστημα Gamma από υψηλότερο ανασταλτικό έλεγχο. Η χαλαρότητα από την άλλη πλευρά, οφείλεται στη μεγάλη αναστολή της ενέργειας του συστήματος Gamma από την παρεγκεφαλίδα με έλλειψη στασικού τόνου ενάντια στην βαρύτητα. Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, οι κινήσεις του ασθενούς και ο έλεγχος ενάντια στην βαρύτητα υποφέρουν από παρεμβάσεις (Magounh.H.W., Rhines H., 1946, 1948).

Η αναστολή είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στον έλεγχο της στάσης και της κίνησης. Φιλογενετικά και οντογενετικά είναι υπεύθυνη για την τροποποίηση των ολικών κινητικών προτύπων σε εκλεκτικές κινήσεις των ανωτέρων κέντρων αφομοίωσης (Bobath B, 1970). Έχει αποδειχθεί ότι το έμβρυο ανταποκρίνεται σε έναν ερεθισμό, με κίνηση που περιλαμβάνει όλους τους μύες σε ολικά πρότυπα. Με την αύξηση του ανασταλτικού ελέγχου του αναπτυσσόμενου εγκεφάλου, ο οργανισμός κερδίζει διαρκώς περισσότερο εκλεκτικό έλεγχο της στάσης του σώματος ενάντια στη βαρύτητα. Αυτή η διαδικασία ακολουθεί μια κατεύθυνση από την κεφαλή προς τα κάτω, φυλογενετικά και οντογενετικά. Αν και τα άκρα και τα τμήματα του σώματος αποκτούν μια μερική ανεξαρτησία κατά τον τρόπο αυτό, η ανεξαρτητοποίησή τους δεν είναι ποτέ πλήρης. Η κίνηση ενός άκρου παραμένει ως ένα ορισμένο σημείο πάντα υποταγμένη στον έλεγχο ολόκληρου του οργανισμού. Η δραστηριότητα του ολικού προτύπου πρέπει να ανασταλεί πριν αρχίσει η τοπική δραστηριότητα. Αυτό σημαίνει ότι η φυσιολογική δραστηριότητα και η επιδέξια ενέργεια είναι σε μεγάλο βαθμό ανασταλτικού χαρακτήρα. Η ανάπτυξη είναι στενά συνδεδεμένη με τη βαθμιαία βελτίωση του ελέγχου της στάσης του σώματος ενάντια στη βαρύτητα. Είναι γεγονός ότι η μακριά διαδικασία της ανάπτυξης του παιδιού μπορεί να συνοψισθεί ότι οφείλεται στην ωρίμανση της στάσης ενάντια στην βαρύτητα, σε σχέση με το σπάσιμο των ολικών προτύπων (Coghill G. E., 1954). Ο ατελής συγχρονισμός οφείλεται στη μη ικανοποιητική ανάπτυξη της ανασταλτικής δραστηριότητας. Η ποιότητα του συγχρονισμού, και η ανάπτυξή του νωρίς στην παιδική ηλικία εξαρτάται, επομένως, από την αύξηση του ανασταλτικού ελέγχου και όχι από την αύξηση της μυϊκής δύναμης (Gatev V., 1972).

Η αναστολή ενεργοποιείται σε κάθε επίπεδο του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ). Η διαφορά μεταξύ κατωτέρων και ανώτερων επιπέδων ενσωμάτωσης είναι μόνο θέμα πολυπλοκότητας. Στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού εκδηλώνεται με μεγάλα κινητικά πρότυπα, π.χ. με ολικές συνεργίες κάμψης ή έκτασης, όπως το αντανάκλαστικό ολικής κάμψης και εκτατικής ώθησης. Σε υψηλότερα επίπεδα ενσωμάτωσης του ΚΝΣ, ως το ανώτατο του εκούσιου ελέγχου, η αναστολή γίνεται περισσότερο και περισσότερο σύνθετη και επιτρέπει το σπάσιμο των αρχικών πρωτόγονων και περισσότερο ολικών κινητικών προτύπων. Εκλεκτικές κινήσεις του σώματος και των άκρων χρειάζονται αναστολή εκείνων των τμημάτων των προτύπων τα οποία δεν είναι απαραίτητα για μια ειδική λειτουργία. Αυτό το σπάσιμο των ολικών προτύπων προκαλεί μεγαλύτερη ποικιλία και απεριόριστο αριθμό νέων συνδυασμών των τμημάτων των κινητικών προτύπων για να προσαρμοσθούν σε λειτουργικές δεξιότητες. Η αναστολή όχι μόνο κάνει δυνατές τις εκλεκτικές κινήσεις, αλλά παίζει σημαντικό ρόλο στη βαθμολόγηση των κινήσεων, π.χ. είναι ένας σπουδαίος παράγοντας στην «αμοιβαία εννεύρωση». Η



ισσοροπιστική δραστηριότητα διέγερσης και αναστολής κατά τη διάρκεια μιας κίνησης είναι αυτή η οποία ελέγχει την ταχύτητα, την τροχιά και την κατεύθυνση της κίνησης (Bobath B., 1970). Η αναστολή είναι μια ενεργητική διαδικασία που ασκείται από το ΚΝΣ το οποίο αντιδρά στον ερεθισμό με ένα μίγμα αναστολής και διέγερσης. Η αναστολή ενεργεί πάνω στη διέγερση, και την αλλάζει, και τη διαμορφώνει με σκοπό τον συγχρονισμό. Τροποποιεί και ελέγχει τη δραστηριότητα. Μπορεί κανείς να πει ότι η αναστολή είναι έλεγχος, σταματάει ή ελέγχει τη δραστηριότητα παρά τη διέγερση (Sherrington C. S., 1947). Η αφαίρεση της αναστολής προκαλεί διέγερση με μια διαδικασία η οποία ονομάζεται απώλεια αναστολής (Eccles J. C., 1973).

Ο ασθενής με εγκεφαλική βλάβη υποφέρει από έλλειψη ανασταλτικού ελέγχου στις κινήσεις του. Αυτό φαίνεται στην απελευθέρωση της τονικής αντανακλαστικής δραστηριότητας, π.χ. σπαστικότητα, σε παθολογικά ολικά πρότυπα, καθώς και στην αδυναμία του να εκτελέσει εκλεκτικές κινήσεις. Ο ασθενής, σαν αποτέλεσμα της εγκεφαλικής του βλάβης, κυριαρχείται περισσότερο ή λιγότερο από την απελευθερωμένη παθολογική του αντανακλαστική δραστηριότητα η οποία παρεμβαίνει στη φυσιολογική δραστηριότητα. Λίγοι είναι οι ασθενείς οι οποίοι κυριαρχούνται τελείως από αυτή την απελευθερωμένη παθολογική αντανακλαστική δραστηριότητα, ακόμη και όταν βρίσκονται σε ανάπαυση, αλλά αυτή θα επιβεβαιώσει την ύπαρξη της σε κάθε προσπάθεια για δραστηριότητες οι οποίες είναι πέραν της ανοχής του ασθενούς στον ερεθισμό, σαν αποτέλεσμα έλλειψης ανασταλτικού ελέγχου. Αυτή η έλλειψη ελέγχου επηρεάζει τον ασθενή φυσιολογικά και ψυχολογικά. Είναι περισσότερο δύσκολο να ασκηθεί αν το άτομο βρίσκεται σε διέγερση. Με τη διέγερση ο τόνος αυξάνει ακόμη και σε άτομα με φυσιολογικό ΚΝΣ, αλλά τα φυσιολογικά άτομα μπορούν να αντιδράσουν με φυσιολογικό συγχρονισμό των κινητικών προτύπων (Bobath B., 1970).

Η διέγερση στον ασθενή με σπαστικότητα, λόγω έλλειψης του ανασταλτικού ελέγχου, αυξάνει την σπαστικότητα, η οποία παράγει εκφυλισμό των κινήσεων. Οι κινήσεις γίνονται αργές και κοπιαστικές ή ασθενής γίνεται πολύ σφιχτός για να μπορέσει να κινηθεί (Bobath B., 1970).

Κάποιος βαθμός σπαστικότητας βρίσκεται σχεδόν σε κάθε ασθενή με ημιπληγία και δημιουργεί ένα μέγιστο πρόβλημα στο χειρισμό τους ασθενούς. Οξύς βαθμός σπαστικότητας θα κάνει τις κινήσεις αδύνατες. Μέτρια σπαστικότητα θα επιτρέψει μερικές αργές κινήσεις, αλλά θα εκτελεστούν αυτές με πολύ προσπάθεια και με παθολογικό συγχρονισμό. Ελαφρά σπαστικότητα θα επιτρέψει αδρές κινήσεις με αρκετά φυσιολογικό συγχρονισμό, αλλά λεπτές και εκλεκτικές κινήσεις τμημάτων ενός σκέλους θα είναι αδύνατες ή θα εκτελούνται με αδεξιότητα. Αυτό δείχνει τη στενή σχέση ανάμεσα σε σπαστικότητα και κίνηση και δείχνει το γεγονός ότι η σπαστικότητα πρέπει να θεωρηθεί υπεύθυνη για μεγάλο τμήμα της κινητικής δυσλειτουργίας του ασθενή (Bobath B., 1970).

Η χαλαρή παράλυση παρουσιάζει επίσης προβλήματα ειδικά τις πρώτες εβδομάδες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να διαρκέσει μόνο λίγες ημέρες, σε άλλες για εβδομάδες, ενώ, σε λίγες περιπτώσεις η χαλαρότητα μπορεί να επιμένει επ' αόριστων. Τότε συνήθως προσβάλλει μόνο το άνω άκρο και σημεία σπαστικότητας μπορούν ακόμη να βρεθούν στον καρπό και τα δάκτυλα. Το κάτω άκρο σπάνια παραμένει χαλαρό (Bobath B., 1970).

Ο κλινικός νευρολόγος βλέπει τη σπαστικότητα σαν ένα τοπικό μυϊκό φαινόμενο και την εξετάζει αξιολογώντας το βαθμό αντίστασης ενός μυός στην παθητική διάταση. Τα χαρακτηριστικά της σπαστικότητας είναι το υπερβολικό μουσατικό αντανάκλαστικό, το φαινόμενο του σουγιά και οι αντιδράσεις επιμήκυνσης και βράχυνσης. Αυτή η αντίληψη έχει υποστηριχθεί από την ανακάλυψη της διπλής εννεύρωσης του μυός, π.χ. το σύστημα άλφα και γάμμα. Η σπαστικότητα οφείλεται στην απελευθέρωση του συστήματος γάμμα από τον ανώτερο αντανάκλαστικό έλεγχο, και πολύ σπάνια του συστήματος άλφα (Bobath B., 1970).

Κατά την παρατήρηση του ασθενή με σπαστικότητα, μεγάλη εντύπωση κάνει το γεγονός ότι η σπαστικότητα παρουσιάζεται με σαφή πρότυπα παθολογικού συγχρονισμού κινήσεων και δεν περιορίζεται σε μερικούς μεμονωμένους μύες. Η στάση και οι κινήσεις του ασθενή είναι στερεότυπες και τυπικές, και είναι περισσότερο ή λιγότερο καθηλωμένος σε μερικά παθολογικά πρότυπα σπαστικότητας, τα οποία δεν μπορεί να αλλάξει ή μπορεί αλλά μόνο με υπερβολική προσπάθεια. Συνεπώς, οι κινήσεις, οι οποίες χρειάζονται συνεχή αλλαγή του στασικού ελέγχου και προσαρμογής, εμποδίζονται. Ο διαχωρισμός της στάσης του σώματος από την κίνηση είναι ανέφικτος, γιατί η στάση, στην πραγματικότητα, είναι σε συνεχή ρευστότητα και πρέπει να θεωρείται ως κίνηση προσωρινά σταματημένη (Bobath K., 1980).

## **Αμοιβαία εννεύρωση**

Η αμοιβαία εννεύρωση παίζει σημαντικό ρόλο στη φυσιολογική κινητική δραστηριότητα. Ένας κατάλληλος ερεθισμός μπορεί να προκαλέσει διέγερση των μυϊκών ομάδων των καμπτήρων ενός εκτεταμένου σκέλους, με ταυτόχρονη αναστολή των ανταγωνιστικών μυϊκών ομάδων. Η αναστολή είναι ένα ενεργητικό και κεντρικό φαινόμενο, το οποίο εφαρμόζεται από το κεντρικό νευρικό σύστημα και ονομάζεται «αμοιβαία αναστολή». Στον φυσιολογικό οργανισμό, η νωτιαία αναστολή τροποποιείται από υψηλότερες επιδράσεις του ΚΝΣ και επιτρέπει την αμοιβαία εννεύρωση, μια καταλληλότερη αντίδραση στην πληθώρα των ερεθισμών που εισέρχονται στο ΚΝΣ στις φυσιολογικές καθημερινές δραστηριότητες. Οι αγωνιστές, ανταγωνιστές και συνεργοί μύες αντιδρούν ο ένας εναντίον του άλλου με έναν λεπτό ταξινομημένο τρόπο, δίνοντας την απαραίτητη αλληλεπίδραση των μυϊκών ομάδων για σταθερότητα με κινητικότητα και κατάλληλες μηχανικές καταστάσεις για μυϊκή δύναμη. Σε φυσιολογικές καταστάσεις, όλοι οι απαιτούμενοι βαθμοί αμοιβαίας αλληλοεπίδρασης σε διάφορα τμήματα του σώματος και των άκρων,

απαραίτητοι για σταθερή στάση, βαθμολογία της κίνησης και για την διατήρηση της ισορροπίας, είναι παρόντες (Sherrington C. S., 1913).

Σε μερικές τραυματικές ημιπληγίες, η ανάμιξη του παρεγκεφαλιδικού συστήματος έχει σαν αποτέλεσμα την κινητική αταξία, η οποία αυξάνει τη δυσκολία συγχρονισμού του ημιπληγικού ασθενή. Εδώ υπάρχει μια απόκλιση της αμοιβαίας εννεύρωσης προς την πλήρη αμοιβαία αναστολή. Οι κινήσεις του ασθενούς γίνονται ανεξέλεγκτες, υπερβολικές σε τροχιά και χωρίς έλεγχο στις ενδιάμεσες θέσεις του σώματος. Εκούσιες προσπάθειες για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος καταλήγουν τότε σε τρόπο κατά την κίνηση ή δυσμετρία (Bobath B., 1970).

Η διατάραξη της αμοιβαίας εννεύρωσης είναι υπεύθυνη για τον τρόπο με τον οποίο ο ασθενής είναι καθηλωμένος σε μερικά παθολογικά πρότυπα, και για τη δυσκολία στο συγχρονισμό των κινήσεων, και στη βαθμολόγησή τους. Ο βαθμός καθήλωσης σε στερεότυπα στασικά πρότυπα εξαρτάται από τη βαρύτητα της σπαστικότητας σε κάθε περίπτωση και είναι αποτέλεσμα της απελευθέρωσης παθολογικών στασικών αντανακλαστικών τα οποία επιδρούν το ένα πάνω στο άλλο (Bobath B., 1970).

## Παράγοντες φυσιολογικής κίνησης

Για να γίνουν κατανοητά τα προβλήματα του ημιπληγικού ασθενούς, θα πρέπει να γίνουν αντιληπτοί και οι παράγοντες της βασικής φυσιολογικής κίνησης. Ο φυσιολογικός μηχανισμός της στάσεως που παρέχει ένα καλό φόντο για κίνηση έχει δύο τύπους αυτόματης αντίδρασης: τις ισορροπιστικές αντιδράσεις και τις αντιδράσεις ανόρθωσης. Οι αντιδράσεις ανόρθωσης επιτρέπουν τη φυσιολογική θέση της κεφαλής σε σχέση με το σώμα και τη φυσιολογική σύνδεση θώρακα και άκρων. Αντίθετα, οι ισορροπιστικές αντιδράσεις διατηρούν και επαναφέρουν την ισορροπία (Todd J. M. et al).

Ο εγκέφαλος λαμβάνει ώσεις από την περιφέρεια που εξαρτώνται από τις δραστηριότητες του σώματος. Όλη η κίνηση είναι απάντηση σ' αυτή την αισθητική διέγερση και ελέγχεται από τους ιδιοδεκτικούς νευρικούς υποδοχείς ( μύες και ιστούς ), τους εξωδεκτικούς υποδοχείς ( δέρμα και υποδόριους ιστούς ), και τους τηλευποδοχείς ( τα μάτια και τ' αυτιά ). Χωρίς αίσθηση οι άνθρωποι δεν μπορούν να γνωρίζουν πως να κινηθούν ή να αντιδράσουν σε ποικίλες καταστάσεις ( Todd J. M. et al ).

Η φυσιολογική λειτουργία του σώματος εξαρτάται από την επίδραση του κεντρικού νευρικού συστήματος. Κάθε κίνηση εξαρτάται από:

### 1. Φυσιολογικό τόνο στάσης

Σ' αυτόν βασίζεται η κίνηση και ελέγχεται σ' ένα υποφλοιώδη επίπεδο. Μπορεί να είναι υψηλός ώστε να υπερνικηθεί η βαρύτητα και να προκληθεί η κίνηση. Υπερτονία είναι έλλειψη δυναμικού τόνου και παρέχει σταθερότητα, αλλά όχι κινητικότητα. Υποτονία εμποδίζει τη στατική θέση που είναι απαραίτητη για κίνηση.

### 2. Φυσιολογική αμοιβαία εννεύρωση

Η αμοιβαία εννεύρωση επιτρέπει τη βαθμιαία δράση αγωνιστών και ανταγωνιστών. Η αλληλεπίδραση έχει αποτέλεσμα ένα βαθμό συν-σύσπασης που παρέχει σταθερότητα.

### 3. Φυσιολογικά πρότυπα κίνησης

Η κίνηση λαμβάνει χώρα με πρότυπα κίνησης τα οποία είναι κοινά για όλους, αλλά υπάρχουν ποικιλίες στον τρόπο με τον οποίο οι διαφορετικοί άνθρωποι πράττουν την ίδια δραστηριότητα. Ο εγκέφαλος δεν γνωρίζει τους μύες ξεχωριστά, αλλά πρότυπα κίνησης που παράγονται από την αλληλεπίδραση μυϊκών ομάδων (Todd J. M. et al ).

## Φυσιολογικές αυτόματες στασικές αντιδράσεις

Η φυσιολογική στασική αντανεκλαστική δραστηριότητα σχηματίζει την απαραίτητη βάση για φυσιολογικές κινήσεις και για λειτουργικές δεξιότητες. Τα βασικά πρότυπα συγχρονισμού τα οποία υπογραμμίζουν και κάνουν δυνατές τις εκούσιες και επιδέξιες δραστηριότητες είναι εκείνα των φυσιολογικών στασικών αντιδράσεων κατά της βαρύτητας. Αυτός ο φυσιολογικός στασικός αντανεκλαστικός μηχανισμός αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό δυναμικών στασικών αντιδράσεων οι οποίες εργάζονται μαζί, ενισχύουν η μια την άλλη και αλληλοεπιδρούν η μια στην άλλη με σκοπό την προστασία εναντίον πτώσης και εναντίον τραυματισμού των μυών και των αρθρώσεων. Είναι δραστηριοποιημένες κατά τη διάρκεια και πριν εκτελεστεί μια κίνηση και δίνει την ικανότητα στο άτομο να αντιδράσει στην βαρύτητα χωρίς κόπο. Επιτρέπουν την αυτόματη αλλαγή της στάσης πριν την κίνηση, με σκοπό να γίνει πιο δυνατή και εύκολη η σχεδιαζόμενη κίνηση. Αυτές οι στασικές προσαρμογές ονομάζονται στασικές θέσεις. Είναι στασικές αλλαγές που προβλέπονται και ακολουθούν την κίνηση (Bobath B., 1970). Οι στασικές προσαρμογές συμβαίνουν, όχι μόνο σαν αποτέλεσμα αισθητικής ανατροφοδότησης σε ανταπόκριση απροσδόκητης ανησυχίας, αλλά επίσης σαν αποτέλεσμα τροφοδότησης εκ των προτέρων αναμενόμενων αυτοδημιούργητων ανησυχιών (Horak P. E., 1987).

Οι στασικές αντιδράσεις είναι ενεργητικές κινήσεις, αν και ελέγχονται από τον εγκέφαλο και είναι αυτόματες. Δίνουν τον έλεγχο της κεφαλής και του κορμού και διατηρούν ή επαναφέρουν την φυσιολογική ευθυγράμμιση της κεφαλής προς το σώμα και του σώματος προς τα άκρα. Συντελούν στην διατήρηση και επανάκτηση της ισορροπίας. Είτε αποτελούνται από αλλαγές του τόνου μόνο, ή είναι κινήσεις συγχρονισμένες σε πρότυπα κινητικά, τα οποία είναι τόσο πολύπλοκα όσο και εκείνα των εκουσιών κινήσεων. Δεν υπάρχει διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στη στάση του σώματος και στην κίνηση, αλλά μόνο ρευστή μετάβαση από την μια στην άλλη. Η στάση είναι τμήμα κάθε κίνησης, και αν μια κίνηση σταματήσει σε οποιαδήποτε φάση, γίνεται στάση (Bobath. B. 1970). Η ανάπτυξη του αυτόματου ελέγχου της κίνησης έχει ονομασθεί κύρια κινητικότητα (Schaltenbrand G., 1927).

Οι τρεις μεγάλες ομάδες αυτόματων στασικών αντιδράσεων είναι οι εξής:

1. Αντιδράσεις προσανατολισμού. Είναι αυτόματες αντιδράσεις οι οποίες εξυπηρετούν τη διατήρηση και επαναφορά της κεφαλής στη φυσιολογική θέση στο χώρο και τη φυσιολογική σχέση της με τον κορμό, μαζί με τη φυσιολογική ευθυγράμμιση κορμού και άκρων (Bobath B., 1970).

2. Αντιδράσεις ισορροπίας. Είναι αυτόματες αντιδράσεις οι οποίες εξυπηρετούν τη διατήρηση και επαναφορά της ισορροπίας κατά τη διάρκεια όλων των δραστηριοτήτων, ειδικά κατά τον κίνδυνο πτώσης. Όλες οι αντιδράσεις ισορροπίας, αλλαγές μυϊκού τόνου και κινήσεων πρέπει να είναι καλά συντονισμένες, γρήγορες, με ανάλογη τροχιά και καλά συγχρονισμένες (Rademaker G. G., 1935, Weisz St., 1938, Zador J., 1938).

3. Αυτόματες προσαρμογές μυών στις στασικές αλλαγές. Είναι αυτόματες αντιδράσεις οι οποίες παρατηρούνται στον κορμό και στα άκρα και αναδιπλώνονται ως ένα ορισμένο σημείο με τις αντιδράσεις ισορροπίας (Beevor C.E., 1904, Clemessen S., 1951).

## **Δυσκολίες που σχετίζονται με την ημιπληγία**

Σ' έναν ημιπληγικό ασθενή, θα πρέπει να θυμόμαστε ότι το πρόβλημα δεν είναι μόνο η έλλειψη της κινητήριας δύναμης, αλλά και εκείνη των φυσιολογικών προτύπων κίνησης, με μη- φυσιολογικό τόνο, μη - φυσιολογική αισθητικότητα και παρουσία στερεότυπων εξαρτημένων αντιδράσεων ( Todd J. M. et al ).

- Αδυναμία

Η μη-ικανότητα έναρξης μιας κίνησης οφείλεται στη διαταραχή του τόνου και της αμοιβαίας εννεύρωσης και όχι της μυϊκής δύναμης ( Todd J. M. et al ).

- Εναλλαγή τόνου

Μετά την έναρξη της ημιπληγίας, η μη-φυσιολογική ποιότητα του στατικού τόνου εμφανίζεται αρχικά σαν υποτονία, αλλά σ' ένα πολύ αρχικό στάδιο ο αυξημένος τόνος μπορεί να είναι φαινομενικός σε μερικές ομάδες, π.χ. στους καμπτήρες των δακτύλων και τους ανελκτήρες της ωμοπλάτης, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια μίξη σπαστικότητας και χαλαρότητας. Ο τόνος συχνά αλλάζει και αυξάνεται όταν ο ασθενής γίνεται πιο δραστήριος. Ο βασικός τόνος μπορεί να αλλάζει βαθμιαία για 18 μήνες ή και περισσότερο. Όταν εμφανίζεται η υποτονία, ο τόνος είναι πιο χαμηλός, από αυτό που χρειάζεται για να ξεκινήσει μια κίνηση. Υπάρχει έλλειψη αντίστασης στην παθητική κίνηση, ενώ η ενεργητική κίνηση είναι δύσκολη ή μη-ικανή. Η αύξηση του τόνου είναι συνήθως πιο έντονη σε μερικά πρότυπα συμπεριλαμβανομένου και των αντιβαρυντικών μυϊκών ομάδων, π.χ. καμπτικές ομάδες στο χέρι και εκτείνοντες ομάδες στο πόδι. Η δραστηριότητα

αντίδρασης και οι εναλλαγές στη στάση μπορεί να προσβάλλουν τη διαταραχή του τόνου (Todd J. M. et al ).

- Αισθητική και αντιληπτική διαταραχή

Μπορεί να υπάρξει διαταραχή στην επίγνωση των τμημάτων του σώματος σε σχέση με τα υπόλοιπα μέρη του ή τη θέση τους στο χώρο. Η έλλειψη αισθητικότητας, μειώνει την ικανότητα του ασθενούς να κινείται και να ισορροπεί φυσιολογικά. Σε πολλές περιπτώσεις, το έλλειμμα μπορεί να αναφερθεί σαν μη-προσοχή μέσω της προσβεβλημένης πλευράς, παρά σαν έλλειψη αίσθησης. Η εξασθένηση της αισθητικότητας μπορεί να βελτιωθεί με θεραπεία, και φαίνεται να υπάρχουν πολλές εξαιρέσεις στην παραδοσιακή πεποίθηση ότι δηλαδή το αισθητικό έλλειμμα εμποδίζει τη λειτουργική ανάκτηση και ότι η έλλειψη είναι μεγαλύτερη στο άνω άκρο παρά στο κάτω άκρο ( Todd J. M. et al ).

- Έλλειψη απομονωμένης κίνησης

Παρ' όλο που πολύ ασθενείς με ημιπληγία φαίνεται να είναι ικανοί να κινήσουν όλα τα μέλη του σώματός τους, μπορεί να είναι ανίκανοι να κινήσουν ένα τμήμα ξεχωριστά π.χ. μπορεί να είναι ικανοί να κάνουν γροθιά μόνο όταν ο αγκώνας κάμπτεται και ο ώμος προσάγεται ή σηκώνεται, με το ισχίο και την κνήμη να εκτείνονται και τον άκρο πόδα να κάνει πελματιαία κάμψη ( Todd J. M. ).

- Έλλειψη ισορροπιστικών αντιδράσεων

Με κάθε κίνηση, η στάση πρέπει να ρυθμίζεται ώστε να διατηρείται η ισορροπία, αλλά με τις εναλλαγές του τόνου οι απαιτούμενες αντιδράσεις εξασθενούν ή εξαφανίζονται( Todd J. M. et al ).

- Αντιδράσεις ανόρθωσης

Αυτές συμβαίνουν σε ένα φυσιολογικό άτομο κατά τη διάρκεια μιας δυναμικής δραστηριότητας, αλλά με υπέρτονία εμφανίζονται ως συνδυασμένες αντιδράσεις με μη-φυσιολογικά στερεοτυπικά πρότυπα πράγμα που εμποδίζει τη λειτουργικότητα ( Todd J. M. et al ).

## Συνοδά προβλήματα στον ημιπληγικό ασθενή

❖ Τραύμα / βλάβη σε μαλακό ιστό: Είναι αποτέλεσμα μη ελεγχόμενων ασκήσεων διατήρησης εύρους κίνησης ή λόγω μη επαρκών τεχνικών μεταφοράς. Ασθενείς με φτωχή πνευματικότητα, αμέλεια και άλλα αισθητικά ελλείμματα τείνουν να παρουσιάζουν τραυματικές βλάβες στο προσβεβλημένο άκρο( Robert Could DO et al, 2005 ).

❖ Τενοντίτιδες/ ρήξεις

❖ Κατάγματα

❖ Αγγειακός περιορισμός

❖ Έκτοπη οστεοποίηση: Παρουσιάζεται σαν ασβεστοποίηση μαλακών ιστών με νευρολογικά προσβαλλόμενες αρθρώσεις. Η αιτιολογία της είναι άγνωστη. Ο Gailliet αναφέρει ότι η έναρξη μπορεί να συμβεί νωρίτερα από 2 βδομάδες, πολύ πιο αργά από την προσβολή. Κλινικά χαρακτηριστικά είναι τοπικό ερύθημα, φλεγμονή και σκληροποιήσεις( Robert Could DO et al, 2005 ).

❖ Αμέλεια: Η αμέλεια μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο τραύμα και πόνο(Joynt κ.α.). σε πολυάριθμες περιπτώσεις ασθενείς με σοβαρά ελλείμματα ή αμέλεια έχουν εμφανίσει τραύματα ανά τακτά χρονικά διαστήματα( Robert Could DO et al, 2005, Snels κ.α. ).

❖ Θαλαμικό σύνδρομο: Συμβαίνει συνήθως σε ένα ποσοστό ασθενών λιγότερο του 5% και σε ένα ποσοστό 50% σε αυτούς που είχαν κάποιο προηγούμενο θαλαμικό εγκεφαλικό. Συχνά, εμφανίζεται αίσθημα πόνου που είναι σοβαρός και διάχυτος και μπορεί να προκληθεί με άγγιγμα. Οι ασθενείς παρουσιάζουν καυσalgία και κνησμό ( Robert Gould DO et al, 2005 ).

❖ Οστεοαρθρίτιδα

❖ Ρευματοειδής αρθρίτιδα

❖ Χρόνιος πόνος. Εμφανίζεται μέσα σε 3 μήνες μετά το επεισόδιο. Δημιουργεί συνήθως κρηγμό στα οστά ή τους μαλακούς ιστούς. Συμβαίνει σπανιότερα στο κάτω άκρο( Robert Gould DO et al, 2005 ).

❖ Σπαστικότητα ( μυϊκή ανισορροπία )

❖ Σύνδρομο πρόσκρουσης

❖ Οστεοπόρωση

## Παθολογική στατική αντανakλαστική δραστηριότητα

Στον ημιπληγικό ασθενή οι κύριοι παράγοντες παθολογικής στατικής αντανakλαστικής δραστηριότητας που παρεμβαίνουν στην κίνηση είναι:

1. Εξαρτημένες αντιδράσεις.
2. Το αποτέλεσμα της απελευθέρωσης της ασύμμετρης τονικής αυχενικής αντανakλαστικής δραστηριότητας.
3. Το αποτέλεσμα της απελευθέρωσης της θετικής σθηρικτικής αντίδρασης.

## **Εξαρτημένες αντιδράσεις**

Οι εξαρτημένες αντιδράσεις έχουν περιγραφεί ως τονικά αντανακλαστικά, π.χ. τονικές στατικές αντιδράσεις στους μύες οι οποίοι έχουν στερηθεί τον εκούσιο έλεγχο(Walshe F. M. R., 1923). Στον ημιπληγικό ασθενή, οι εξαρτημένες αντιδράσεις προκαλούν μια εκτεταμένη αύξηση της σπαστικότητας σε ολόκληρη την προσβεβλημένη πλευρά. Αυτό παρουσιάζεται σαν υπερτονική ημιπληγική συμπεριφορά. Αν η σπαστικότητα είναι ελαφρά ή μέτρια, μπορεί να συμβεί μια μετατόπιση του άκρου και να δώσει την εντύπωση κίνησης, αν και είναι μόνο αλλαγή τόνου και όχι κίνηση με την αυστηρή φυσιολογική έννοια. Σε ασθενείς με δυνατή σπαστικότητα, όπου βρίσκεται συν-σύσπασση αντίθετων μυϊκών ινών, οι εξαρτημένες αντιδράσεις μπορεί να μην προκαλέσουν μετατόπιση του άκρου, αλλά μπορούν να γίνουν αντιληπτές με την αφή. Οι εξαρτημένες αντιδράσεις θα πρέπει να διαφοροποιηθούν από τις εξαρτημένες κινήσεις(που ονομάζονται συγκινητικές κινήσεις), οι οποίες είναι φυσιολογικές( Bobath B., 1970 ). Είναι κινήσεις αμφοτέρων των άκρων, η δραστηριότητα του ενός άκρου ενισχύει εκείνη της αντίθετης πλευράς του σώματος( Fog E. και Fog M., 1963). Όσο υψηλότερος είναι ο βαθμός σπαστικότητας που υπάρχει, τόσο εντονότερες και μεγαλύτερης διάρκειας είναι οι εξαρτημένες αντιδράσεις. Ενώ, σε καμία περίπτωση χαλαρής παράλυσης δεν υπάρχει κανένα σημείο εξαρτημένων αντιδράσεων( Walshe F. M. R., 1923).

## **Εξαρτημένες αντιδράσεις και η επίδρασή τους στον ασθενή με σπαστικότητα**

Οι εξαρτημένες αντιδράσεις βρίσκονται σε όλους τους ασθενείς με σπαστικότητα και σε όλα τα μέρη του σώματος που έχουν προσβληθεί από αυτήν( Walshe F.M.R., 1923). Ο τόνος αλλάζει με την υπερδιέγερση και την προσπάθεια του ασθενούς με σπαστικότητα όπως και στο φυσιολογικό άτομο. Ωστόσο στο φυσιολογικό άτομο τέτοια αύξηση διαρκεί ελάχιστα και συμβαίνει με φυσιολογικό συγχρονισμό των κινητικών προτύπων, τα οποία είναι τόσο ποικίλα, όσο και οι φυσιολογικές κινήσεις. Αντίθετα, στον ημιπληγικό ασθενή με σπαστικότητα η αύξηση τόνου λόγω υπερδιέγερσης και προσπάθειας έχει σαν αποτέλεσμα στερεότυπα παθολογικά πρότυπα σπαστικότητας, τα οποία διαρκούν πολύ λόγω της μετασύσπασσης. Η μετασύσπασση οφείλεται στην έλλειψη αναστολής και παίζει έναν επιβλαβή ρόλο στην εκτέλεση επαναληπτικών κινήσεων. Σε κάθε προσπάθεια για επανάληψη κίνησης, η σπαστικότητα του ασθενούς αυξάνει επειδή δεν υπάρχει αναστολή στις κινήσεις. Με την αύξηση της σπαστικότητας και της συν-σύσπασσης αντίθετων μυϊκών ομάδων οι κινήσεις επιβραδύνονται, έχουν μικρότερη τροχιά και εκτελούνται με αυξανόμενη προσπάθεια. Η ενίσχυση και το δυνάμωμα των σπαστικών προτύπων μέσω των εξαρτημένων αντιδράσεων μπορούν να οδηγήσουν σε συρρικνώσεις και παραμορφώσεις.



Οι εξαρτημένες αντιδράσεις δεν δραστηριοποιούνται μόνο από την υγιή πλευρά προς την προσβεβλημένη, αλλά και από το προσβεβλημένο κάτω άκρο προς το προσβεβλημένο άνω άκρο και αντίθετα( Bobath B., 1970 ).

Υπάρχει λιγότερη σπαστικότητα και μετασύσπαση εάν οι κινήσεις είναι αργές π.χ. παρέχεται χρόνος ανάμεσα στις κινήσεις για αναστολή. Η επέκταση της υπερδιέγερσης μέσα σε ολικά σπαστικά πρότυπα μπορεί να αντιμετωπισθεί με αναστολή τμημάτων αυτών των προτύπων( Bobath B., 1970 ).

### **Το αποτέλεσμα της απελευθερωμένης θετικής στηρικτικής αντίδρασης**

Η θετική στηρικτική αντίδραση είναι μια στατική τροποποίηση της νωτιαίας ώθησης προς έκταση. Είναι μια σύντομη εκτατική αντίδραση, που προκαλείται από έναν ερεθισμό ξαφνικής πίεσης στο πέλμα του ποδιού και επηρεάζει όλους τους εκτεινόντες μύες του άκρου με χαλάρωση των ανταγωνιστών τους( Sherrington C.S., 1947).

Ο επαρκής ερεθισμός για τη θετική στηρικτική αντίδραση είναι διπλός:

1. Ένας ιδιοδεκτικός ερεθισμός από την διάταση των μεσόστεων μυών του ποδιού, και
2. Ένας εξωδεκτικός ερεθισμός που προκαλείται από την επαφή του πέλματος με το έδαφος( Sherrington C.S., 1947).

Η θετική στηρικτική αντίδραση χαρακτηρίζεται από την σύγχρονη σύσπασση καμπτήρων και εκτεινόντων μυών. Η λειτουργία της ομάδας των ανταγωνιστικών μυών σε αυτή την αντίδραση, διαφέρει ολοκληρωτικά από εκείνη που γίνεται σε κανονικές κινήσεις. Οι ανταγωνιστές δεν χαλαρώνουν, αλλά συσπώνται, ασκώντας μια συνεργική λειτουργία, η οποία έχει αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση των αρθρώσεων(συν-σύσπαση)( Sherrington C.S., 1947).

Η φυσιολογική στηρικτική αντίδραση επιτρέπει ένα μέτριου βαθμού συν-σύσπαση με την απαραίτητη κινητικότητα για ισορροπία, για κίνηση του σώματος προς τα εμπρός πάνω στο σταθερό πόδι, για κινητικότητα του ισχίου και του γόνατος για την ανύψωση του σκέλους για το επόμενο βήμα και για τη βάδιση πάνω-κάτω στις σκάλες. Στον ασθενή με σπαστικότητα, η θετική στηρικτική αντίδραση απελευθερώνεται από τον ανώτερο έλεγχο και συνδυασμένη με την εκτατική σπαστικότητα του σκέλους, γίνεται μια μεγαλοποιημένη σπαστική αντίδραση (Sherrington C.S., 1947).

### **Αισθητικές και αντιληπτικές διαταραχές**

Οι σχετικές αισθητικές και αντιληπτικές διαταραχές, αν είναι παρούσες, επιδεινώνουν σημαντικά τις δυσκολίες του ασθενούς. Στις φυσιολογικές κινήσεις, υπάρχει μια στενή σχέση ανάμεσα στα κινητικά και αισθητικά κέντρα του ΚΝΣ. Η εκούσια κίνηση εξαρτάται εν μέρει από την αντίληψη της επιβολής και εν τω βάθει αισθητικότητας και την δύναμη και το συγχρονισμό της κίνησης( Reinhold M., 1951).

Όλες οι κινήσεις εκτελούνται σε απάντηση αισθητικών ερεθισμών οι οποίοι ενεργούν πάνω στο ΚΝΣ από το περιβάλλον μέσω των εξωδεκτικών υποδοχέων. Αυτά τα αισθητικά μηνύματα αφομοιώνονται σε διάφορα επίπεδα του ΚΝΣ και παράγεται μια συγχρονισμένη απάντηση. Οι κινήσεις οι οποίες αρχίζουν με αυτόν τον τρόπο καθοδηγούνται μετά σε όλη την πορεία τους από συνεχή ανατροφοδότηση από τους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς, μύες και αρθρώσεις( Walshe F.M.R., 1948).

Η σπουδαιότητα της ακεραιότητας του αισθητικού συστήματος για κίνηση είναι μεγάλη και η κινητική ατέλεια ενός σκέλους προερχόμενη από τέλεια αναστολή των κεντρομόλων ερεθισμάτων είναι πολύ πιο σοβαρή από εκείνη που προέρχεται από την αφαίρεση της Ρολανδικής περιοχής( Twitchell T.E., 1951).

Οι πιο συχνές αισθητικές και αντιληπτικές διαταραχές είναι εκείνες οι οποίες συνδέονται με την όραση, ακοή, αντιληπτικότητα και αφή. Μια συνήθης επιπλοκή της ημιπληγίας η οποία προσβάλλει την όραση είναι η ομώνυμη ημιανοψία, η οποία μπορεί να είναι προσωρινή ή μόνιμη. Μπορεί να έχει σχέση με ημιαναισθησία ή έλλειψη αντίληψης ολόκληρης της ημιπληγικής πλευράς. Μια ημιαναισθησία μπορεί να ποικίλει σε κάθε περίπτωση από ολική απώλεια της αντιληπτικότητας ολόκληρης της προσβεβλημένης πλευράς, ακόμη και άρνηση ύπαρξής της, ως μια παραμόρφωση της εικόνας του σώματος η οποία προσβάλλει μόνο τμήματα της ημιπληγικής πλευράς( Bobath B., 1970).

Μια δεξιά ημιπληγία σε ένα δεξιόχειρο άτομο συνήθως προκαλεί έντονο βαθμό σπαστικότητας και συγχρόνως προσβολή της ομιλίας. Μια αριστερή ημιπληγία χαρακτηρίζεται συχνότερα από μετρίου βαθμού σπαστικότητα, ακόμη και χαλαρότητα, και με σημαντική αισθητική και αντιληπτική βλάβη( Bobath B., 1970).

Η αναγνώριση της στάσης και της παθητικής κίνησης είναι συχνά σοβαρά προσβεβλημένη, μαζί με την αναγνώριση της ελαφράς αφής και την ακριβή τοποθέτησή της και την διάκριση των δυο σημείων αφής. Η αναγνώριση μεγέθους, σχήματος, μορφής, ταχύτητας και υφής, προσβάλλονται συχνά. Το ποιοτικό στοιχείο πόνου, ζέστης και κρύου αναγνωρίζονται, αλλά, όταν υπάρχουν θερμοικοί ερεθισμοί στη μέση της κλίμακας, ο ασθενής μπορεί να βρίσκει δύσκολο να πει πιο από τα σημεία είναι θερμότερο( Brain W.R., 1956).

Οι θαλαμικές ή περιθαλαμικές βλάβες περιλαμβάνουν μια έλλειψη αναγνώρισης της θέσης των άκρων στο χώρο και τη σχέση τους με το υπόλοιπο του σώματος. Αυτό μπορεί να επηρεάσει είτε την αναγνώριση της θέσης ενός άκρου, είτε την κίνηση του άκρου σε μια θέση, είτε αμφότερα. Η αναγνώριση της κίνησης ενός άκρου προσβάλλεται λιγότερο, παρά η θέση στην οποία βρίσκεται ένα άκρο για οποιαδήποτε διάρκεια χρόνου( Bobath B., 1970).

### **Αισθητική ατέλεια και το αποτέλεσμα της στην εκτέλεση κινήσεων**

Σ' όλες τις περιπτώσεις της ημιπληγίας είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η αισθητικότητα με σκοπό να ανακαλυφθεί πόση από την κινητική έλλειψη του ασθενούς, π.χ. απώλεια κινητικών προτύπων ή αδυναμία μυών, οφείλεται στην έλλειψη αισθητικότητας. Μια μεγάλη ποικιλία αισθητικής

έλλειψης μπορεί να ανακαλυφθεί, από ελάχιστη ή μερική αισθητική απώλεια μέχρι τέλεια αγνωσία των προσβεβλημένων άκρων. Ο ασθενής μπορεί να έχει απώλεια της στατικής αισθητικότητας και να είναι ανίκανος να καταλάβει παθητικές κινήσεις. Μπορεί να είναι ανίκανος να εντοπίσει αφή, πίεση ή πόνο και αν και μπορεί να αντιληφθεί τη διαφορά ανάμεσα σε ζεστό και κρύο, μπορεί να μην είναι ικανός να διαφοροποιήσει ανάμεσα σε βαθμούς ζεστού και κρύου ( Bobath B., 1990 ).

Ασθενείς με αισθητικές διαταραχές δεν έχουν την παρότρυνση να κινηθούν και δεν γνωρίζουν πως να κινήσουν τα άκρα τους ή τμήματα των άκρων τα οποία δεν αισθάνονται σωστά. Είναι ενδιαφέρον ότι πολλοί ασθενείς έχουν αισθητική διάκριση ακριβέστερη στο κάτω άκρο και το πόδι παρά στο άνω άκρο και το χέρι. Μια αιτία μπορεί να είναι ότι το κάτω άκρο χρησιμοποιείται αρκετά νωρίς για ορθοστάτηση και βάδιση , ενώ το άνω άκρο μπορεί να μη χρησιμοποιηθεί ποτέ. Ένας άλλος παράγοντας που δείχνει την εσωτερική σχέση αισθητικής και κινητικής ανάρρωσης φαίνεται να είναι ότι η περισσότερη ακριβής εντόπιση της ελαφράς αφής και της διάκρισης των δυο σημείων βρίσκεται στα κεντρικά τμήματα των άκρων παρά στα περιφερικά ( Bobath B., 1990 ).

## **Επίπεδα ανάρρωσης του ημιπληγικού ασθενή**

### **Αρχική ατονική(χαλαρή ) φάση**

Η αρχική ατονική φάση ανακαλύπτεται αμέσως μετά την έναρξη της ημιπληγίας και διαρκεί από λίγες μέρες, ως και μερικές εβδομάδες και περισσότερο. Ο ασθενής δεν μπορεί να κινήσει την προσβεβλημένη πλευρά του και συχνά δεν αναγνωρίζει ότι έχει ένα άνω και ένα κάτω άκρο σε εκείνη την πλευρά. Έχει χάσει τα προηγούμενα πρότυπα κίνησης και στην αρχή, ακόμη και εκείνα της υγιούς πλευράς του είναι ανεπαρκή για να αντισταθμίσουν την απώλεια της δραστηριότητας της προσβεβλημένης πλευράς. Σε αυτή την φάση, δεν υπάρχει περιορισμός της τροχιάς των αρθρώσεων στις παθητικές κινήσεις της προσβεβλημένης πλευράς. Τα πρώτα σημεία σπαστικότητας μπορεί να γίνουν αισθητά όταν γίνεται ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και των δακτύλων, με το ισχίο και το γόνατο σε έκταση, και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να υπάρξει ελάχιστη αντίσταση στον πρηγισμό του ποδιού (Bobath B., 1970).

Στην ύπτια θέση, το κάτω άκρο είναι συνήθως σε έκταση με έξω στροφή, η ποδοκνημική σε πελματιαία κάμψη και συχνά σε ελαφρά υπτιασμό. Μερικοί ασθενείς, συνήθως οι πολύ ηλικιωμένοι ή οι πολύ βαριές περιπτώσεις, είναι ξαπλωμένοι σε κάμψη και απαγωγή και το πόδι σε υπτιασμό. Σε όλες τις περιπτώσεις, η προσβεβλημένη πλευρά είναι σε ελαφρά στροφή προς τα πίσω. Ο ασθενής δεν μπορεί να γυρίσει προς την υγιή πλευρά, δεν μπορεί να καθίσει χωρίς στήριγμα και δεν μπορεί να σταθεί όρθιος και να βαδίσει. Επίσης, έχει την τάση να πέφτει προς την προσβεβλημένη πλευρά, γιατί δεν έχει προσανατολισμό της μέσης γραμμής. Εφόσον υπάρχει έλλειψη τόνου και όχι σπαστικότητα, δεν υπάρχουν εξαρτημένες αντιδράσεις κατά την κίνηση των υγιών άκρων( Bobath B., 1970).

## Φάση σπαστικότητας

Η σπαστικότητα συνήθως αναπτύσσεται με μια προτίμηση για τους καμπτήρες μύες των άνω άκρων, και τους εκτείνοντες των κάτω. Συνήθως αυξάνει με τις δραστηριότητες του ασθενούς και την χρήση προσπάθειας κατά την διάρκεια των πρώτων 18 μηνών. Μερικοί ασθενείς, ωστόσο, αναπτύσσουν έντονη σπαστικότητα αρκετά νωρίς, μέσα σε λίγες μέρες. Καθώς αναπτύσσεται η σπαστικότητα, υπάρχει αυξανόμενη αντίσταση σε ορισμένες παθητικές κινήσεις. Στο κάτω άκρο, η σπαστικότητα είναι πιο έκδηλη στους εκτείνοντες του ισχίου, του γονάτου και της ποδοκνημικής και στους υππιαστές του ποδιού. Τα δάκτυλα μπορεί να είναι σε πελματιαία κάμψη, αλλά αν η ποδοκνημική έρθει σε ραχιαία κάμψη παθητικά, τα δάκτυλα έρχονται σε πελματιαία κάμψη και δίνουν αντίσταση στη ραχιαία κάμψη (Bobath B., 1970).

Αν η σπαστικότητα είναι μετρίου βαθμού, ο ασθενής μπορεί να κάμψει το κάτω άκρο, αλλά μόνο με απαγωγή και σε ολικό πρότυπο κάμψης. Όταν εκτείνει το κάτω άκρο, δεν υπάρχει έλεγχος στα διάφορα στάδια έκτασης ή κάμψης και είναι ανίκανος να σταματήσει σε οποιοδήποτε ενδιάμεσο επίπεδο. Για να κάμψει το γόνατο, πρέπει πρώτα να ανυψώσει το σκέλος, με το γόνατο σε έκταση, έως ότου υπάρξει αρκετή κάμψη ισχίου για να γίνει δυνατή η κάμψη του γονάτου. Η έλλειψη ελέγχου στην έκταση έχει επιζήμιο αποτέλεσμα στη βάδιση, καθώς ο ασθενής θα ρίχνει το σκέλος του, ή θα το σπρώχνει προς τα κάτω όταν κάνει ένα βήμα. Το κάτω άκρο, και ειδικά η ποδοκνημική, είναι άκαμπτο, και το πρόσθιο τμήμα του άκρου ποδός αγγίζει το έδαφος πρώτα και πιέζει προς τα κάτω. Λείπει η ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, κάνοντας τη μεταφορά βάρους πάνω στο πάσχον σκέλος δύσκολη ή αδύνατη, με αποτέλεσμα την υπερέκταση του γονάτου. Η ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής μπορεί να γίνει με το σκέλος σε κάμψη, αρκεί η ποδοκνημική να είναι σε πρηνισμό, αλλά αυτό είναι αδύνατο με το σκέλος σε έκταση (Bobath B., 1970).

Στην καθιστή θέση, ο ασθενής φέρει περισσότερο το βάρος πάνω στο υγιές ισχίο παρά στο προσβεβλημένο. Κατά την ορθοστάτηση, το προσβεβλημένο πόδι είναι μπροστά από το υγιές και όλο το βάρος στηρίζεται στο υγιές σκέλος. Ο ασθενής σε αυτή τη φάση μπορεί να σταθεί, με μεγάλη όμως βάση στήριξης και αρχίζει να βαδίζει με παθολογικό τρόπο. Μπορεί να κρατά το πάσχον κάτω άκρο σε έκταση και έξω στροφή, αιωρώντας το προς τα μπρος και ανυψώνοντας και τραβώντας τη λεκάνη προς την προσβεβλημένη πλευρά. Κάνει απαγωγή του εκτεταμένου άκρου και τοποθετεί το πόδι κάτω με πρηνισμό για να φέρει την πτέρνα στο έδαφος. Σε μερικές περιπτώσεις όπου το άκρο είναι πιο δύσκαμπτο, ο ασθενής γέρνει τον κορμό προς τα πίσω και σπρώχνει την λεκάνη και το σκέλος προς τα μπρος για να κάνει ένα βήμα. Σε άλλες περιπτώσεις, ο ασθενής μπορεί να κάμψει το ισχίο και το γόνατο, ως ένα ορισμένο σημείο, όταν κάνει ένα βήμα μπροστά χρησιμοποιώντας λιγότερη απαγωγή αλλά, αν το πόδι βρίσκεται σε πελματιαία κάμψη και υππιασμό, δεν μπορεί να βάλει την πτέρνα στο έδαφος και η ποδοκνημική έχει τάση να γυρίσει ανάποδα (Bobath B., 1970).

Αν η σπαστικότητα είναι ελαφρά, η πτέρνα τοποθετείται κάτω αφού τα δάκτυλα αγγίξουν το έδαφος. Η έντονη αντίσταση των μυών της κνήμης κάνει την πλήρη ραχιαία κάμψη αδύνατη, για στήριξη και μετατόπιση του βάρους μπροστά από το ισχίο. Επομένως, ο ασθενής κάμπτει τον κορμό προς τα μπροστά στο ισχίο για να μετατοπίσει το βάρος του πάνω στο σταθερό άκρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υπερέκταση του γόνατος. Ο ασθενής χρησιμοποιεί το πάσχον άκρο σαν άκαμπτο στήριγμα(συν-σύσπαση) για να στηρίξει το βάρος του στην ορθοστάτηση και τη βάδιση, γιατί χωρίς την σπαστικότητα των εκτεινόντων και την συν-σύσπαση θα έπεφτε κάτω. Σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να υπάρχουν στοιχεία σπαστικότητας των καμπτήρων, κάνοντας πολύ δύσκολο για τον ασθενή να τοποθετήσει το πόδι του στο έδαφος μετά την κίνηση προς τα μπροστά για να κάνει ένα βήμα. Η συνεχής χρήση αυτών των παθολογικών προτύπων αυξάνει την σπαστικότητα των εκτεινόντων του κάτω άκρου (Bobath B., 1970).

### **Φάση σχετικής ανάρρωσης**

Σε αυτή τη φάση, η σπαστικότητα είναι ελάχιστη και δεν εμποδίζει, επομένως, την κίνηση. Παροδική αύξηση της σπαστικότητας, ωστόσο, συμβαίνει όταν ο ασθενής καταβάλει προσπάθεια, βαδίζει γρήγορα ή όταν εκνευρίζεται ο συγχρονισμός χειροτερεύει. Το γόνατο και ο άκρος πόδας γίνονται δύσκαμπτα. Αν ο ασθενής μπορεί να κάμψει και να εκτείνει το κάτω άκρο, το κάμπτει με ένα ολικό πρότυπο κάμψης και απαγωγής, και το εκτείνει με προσαγωγή και έσω στροφή και πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής και των δακτύλων. Μπορεί να είναι ικανός να κάνει ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και των δακτύλων όταν κάμπτει το κάτω άκρο, όχι όμως όταν το εκτείνει. Τα άκρα λειτουργούν με ολικά πρότυπα κίνησης. Υπάρχει έλλειψη εκλεκτικής κίνησης και της απαραίτητης ποικιλίας και διαφορετικών συνδυασμών κινήσεων τμημάτων του αρχικού, ολικού παθολογικού προτύπου.

### **Βάδιση και Όρθια στάση**

Κατά τη βάδιση, ο ασθενής ο οποίος είναι περισσότερο χαλαρός παρουσιάζει έντονη σπαστικότητα στους καμπτήρες παρά στους εκτεινόντες του ισχίου και του γόνατος, αν και δεν μπορεί να κάνει ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής ενεργητικά. Για να σταθεροποιήσει το γόνατο, ο ασθενής το κλειδώνει σε υπερέκταση. Δεν μπορεί να αναπτύξει ισορροπία στην ποδοκνημική, επειδή η δραστηριότητα και η αισθητικότητα των κινήσεων της ποδοκνημικής είναι περιορισμένες και υπάρχει πιθανότητα αδυναμίας των μυών. Μπορεί να προκληθεί κλώνος στην ποδοκνημική μέσω των αντανεκλαστικών διάταξης στους ασθενείς των οποίων η σπαστικότητα είναι μέτρια ή μικρή. Στην φάση αιώρησης, εμφανίζεται δυσκολία κατά την κίνηση του ελεύθερου από βάρος προσβεβλημένου κάτω άκρου για να γίνει ένα βήμα με κάμψη του γόνατος, ώστε να μην χρησιμοποιηθεί η απαγωγή του σκέλους στο ισχίο με την λεκάνη ανυψωμένη στην πάσχουσα πλευρά (Bobath B., 1970).

Στην όρθια στάση, υπάρχει υπερβολική συν-σύσπαση αμφοτέρων των προτύπων κάμψης και έκτασης, που εμποδίζουν την κίνηση. Αυτό επιτρέπει στον ασθενή να μεταφέρει βάρος στο πάσχον άκρο στιγμιαία, αλλά ακινητοποιεί το άκρο και αποκλείει όλες τις αντιδράσεις ισορροπίας. Η συν-σύσπαση μετρίου βαθμού παίζει σπουδαίο ρόλο στην κίνηση και είναι απαραίτητη για την σταθερότητα για την διατήρηση της στάσης ενάντια στη βαρύτητα και την σταθεροποίηση των κινούμενων τμημάτων του σώματος (Bobath B., 1970).

Υπάρχουν δυο τύποι ασθενών, εκείνοι με σπαστικότητα καμπτήρων και εκτεινόντων, αλλά υπερέχουσα εκτατική υπερτονία του κάτω άκρου, που μπορούν να σταθούν όρθιοι και να φορτίσουν στιγμιαία σε ένα άκαμπτο κάτω άκρο. Και εκείνοι με μέτριο βαθμό σπαστικότητας και λίγη συν-σύσπαση μπορούν να βαδίζουν και να κινούν το ελεύθερο από βάρος κάτω άκρο, αλλά μόνο με ένα ολικό πρότυπο κάμψης και έκτασης. Μπορεί να έχουν μια αρκετά καλή φάση αιώρησης, αλλά δεν μπορούν να σταθούν με ασφάλεια στο πάσχον κάτω άκρο και όταν στηρίζουν το βάρος είναι ασταθείς. Αμφότεροι οι τύποι των ασθενών έχουν προβλήματα ισορροπίας, οι πρώτοι λόγω έλλειψης κινητικότητας, και οι άλλοι λόγω έλλειψης σταθερότητας. Επομένως, αν η σπαστικότητα των εκτεινόντων είναι έντονη, ο ασθενής έχει μεγαλύτερη δυσκολία στη φάση αιώρησης παρά στην ορθοστάτηση και στην φόρτιση, αν και η ισορροπία και η μεταφορά βάρους είναι σημαντικά προβλήματα, αφού το γόνατο και η ποδοκνημική είναι αρκετά δύσκαμπτα για να κάνουν ένα βήμα. Ασθενείς με ελαφρά μόνο σπαστικότητα εκτεινόντων, αλλά με τάση κάμψης και απαγωγής του κάτω άκρου, έχουν δυσκολία στην ορθοστάτηση και την φόρτιση. Αυτοί οι ασθενείς μπορούν εύκολα να ανυψώσουν το κάτω άκρο για να κάνουν ένα βήμα, αλλά τείνουν να σωριασθούν πάνω του όταν στέκονται και σηκώνουν το υγιές άκρο για να κάνουν ένα βήμα (Lane R.E.J., 1978).

Στην όρθια στάση, ο ασθενής τείνει να κρατά το κάτω άκρο άκαμπτο σε έκταση και σπρώχνει με τις κεφαλές των μεταταρσίων και τα δάκτυλα ενάντια στο έδαφος, πράγμα που εμποδίζει την ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής για να επιτρέψει τη μεταφορά βάρους στο πάσχον άκρο κατά τη βάρδιση. Για να κρατήσει την πτέρνα στο έδαφος λόγω μη αρκετής ραχιαίας κάμψης, υπερεκτείνει το γόνατο και κάμπτε το ισχίο. Το κάτω άκρο είναι άκαμπτο και, επομένως, δεν μπορεί να ισορροπήσει με ασφάλεια πάνω του όταν σηκώνει το υγιές άκρο για να κάνει βήμα μπροστά. Ακόμη και κατά την διποδική στήριξη, φοβάται να μεταφέρει όλο το βάρος του από το υγιές κάτω άκρο στο πάσχον. Συνήθως στέκεται με όλο το βάρος του στο υγιές κάτω άκρο, με το πάσχον σε απαγωγή και χωρίς φόρτιση. Είναι δύσκολο να σταθεί με τα πόδια παράλληλα και το ένα κοντά στο άλλο. Τα μεγαλύτερα προβλήματα ισορροπίας συμβαίνουν όταν πρέπει να έχει όλο το βάρος του στο πάσχον κάτω άκρο, ενώ το υγιές παραμένει μπροστά. Σε αυτή την θέση, τείνει να πέσει προς τα πίσω αν κάμψει το ισχίο του άκρου που φέρει το βάρος (Bobath B., 1970).

Όταν το πάσχον κάτω άκρο του ασθενούς είναι δύσκαμπτο σε έκταση και το πόδι σπρώχνει το έδαφος, είναι δύσκολο γι αυτόν να το φέρει μπροστά ή πίσω για να κάνει ένα βήμα χωρίς να ανυψώσει την λεκάνη. Η κάμψη του γόνατος και η συγκράτηση του ισχίου σε έκταση όταν το πάσχον σκέλος είναι πίσω από το υγιές είναι δύσκολο για τον ασθενή. Όταν αρχίζει να κάνει βήμα, μπορεί να υπάρχει πίεση των δακτύλων στο έδαφος, πράγμα που μπορεί να

προκαλέσει υπτιασμό στην ποδοκνημική και ακαμψία στο γόνατο. Δεν μπορεί τότε να απελευθερώσει και να κάμψει το γόνατο ή να κάνει ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής και των δακτύλων για ένα βήμα μπροστά. Είναι αναγκασμένος να κάνει βήμα με άκαμπτο γόνατο και την ποδοκνημική σε πελματιαία κάμψη. Για να μην σέρνει τα δάκτυλα στο έδαφος, πρέπει να ανυψώσει την λεκάνη και να απάγει το κάτω άκρο. Η ακαμψία του γόνατος και της ποδοκνημικής κατά την επαφή του εδάφους, προκαλεί πελματιαία κάμψη και υπτιασμό της ποδοκνημικής και κάνει αδύνατη την επαφή πτέρνας και δακτύλων με το έδαφος. Αν το πόδι είναι δύσκαμπτο όταν ακουμπά στο έδαφος, η πλήρης ραχιαία κάμψη, για τη μεταφορά του βάρους στο κάτω άκρο που στηρίζεται, είναι αδύνατη. Μετά, ο Αχίλλειος τένοντας γίνεται σφικτός και ο ασθενής υπερεκτείνει το γόνατο. Μερικοί ασθενείς αποφεύγουν το πρόβλημα τοποθέτησης της πτέρνας στο έδαφος κρατώντας το εκτεταμένο άκρο σε έξω στροφή και απαγωγή. Η έξω στροφή και απαγωγή ανήκουν στην ολική συνεργία κάμψης και διασπούν την ολική συνεργία έκτασης με προσαγωγή και πελματιαία κάμψη και υπτιασμό της ποδοκνημικής. Με τον τρόπο αυτό, πετυχαίνει μια επαρκή ραχιαία κάμψη με πρηνισμό της ποδοκνημικής, έτσι ώστε ο ασθενής να μπορεί να τοποθετήσει την πτέρνα του στο έδαφος παρόλο που το γόνατο παραμένει άκαμπτο σε έκταση. Είναι συνήθως ευκολότερο για τον ασθενή να βαδίζει στο πλάι πάνω σε γραμμή, ειδικά αν βαδίζει προς την υγιή πλευρά, παρά να βαδίζει μπροστά και πίσω (Bobath B., 1970).

## Κεφάλαιο 5:

### Συζήτηση – Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η μετακίνηση σε ευθεία, είτε στο εργαστήριο είτε στην καθημερινότητα , είναι κάτι που μελετάται συχνά από ερευνητές.

Προηγούμενες αναφορές περιγράφουν ποικίλες απόψεις στην ανθρώπινη βάδιση, η οποία μελετήθηκε καταγράφοντας τη δύναμη αλληλεπίδρασης του πέλματος με το έδαφος από πέντε ξεχωριστά ανατομικά σημεία του πέλματος (Warabi T., 2004).

Στην καθημερινότητα οι άνθρωποι έρχονται αντιμέτωποι με αλλαγές στην πορεία της βάδισης, η οποίες μπορεί να είναι είτε προβλεπόμενες είτε όχι. Οι Courtine και Schioppati (2003) ερεύνησαν την ανθρώπινη βάδιση σε καμπύλη τροχιά και ανέφεραν ότι η αυξανόμενη διάρκεια φάσης στήριξης του εσωτερικού μέρους του ποδιού συνοδεύταν από κλίση του κορμού προς την έσω πλευρά της πορείας. Επιπλέον οι συγγραφείς ανέφεραν ότι η μειωμένη διάρκεια της φάσης στήριξης του εξωτερικού μέρους του ποδιού, πιθανότατα συνδέεται με τη συνολική , υποχρεωτική, υψηλότερη ταχύτητα του εξωτερικού μέρους , στο οποίο έχει δοθεί μεγαλύτερη διαδρομή για να διανύσει σε σχέση με το εσωτερικό μέρος.

Οι Hase και Stein (1998) ερεύνησαν τους μηχανισμούς που εμπλέκονται στην απότομη στροφή κατά τη διάρκεια βάδισης και ανακάλυψαν δύο μηχανισμούς, (spin- turn και step-turn) , που χρησιμοποιήθηκαν αναλόγως ποιο πόδι τοποθετήθηκε μπροστά ώστε να σταματήσει.

Κατά τη βάδιση σε καμπύλη τροχιά η προσθιοπίσθια μεταβολή του σωματικού βάρους κατά τη φάση στήριξης, εκτιμήθηκε λαμβάνοντας υπόψην το ψ-διάνυσμα το οποίο υπολογίστηκε από την καμπύλη της δύναμης της πτέρνας και του 3<sup>ου</sup> μεταταρσίου (Kiriayama et al, 2005).

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να ερευνήσουμε πώς οι άνθρωποι επιλέγουν κινητήριο μοτίβο :

- σε ευθεία
- σε στροφή κατά τη φορά του ρολογιού και
- σε στροφή αντίθετη από τη φορά του ρολογιού.

Για το σκοπό αυτό η προσθιοπίσθια μεταβολή του σωματικού βάρους κατά τη φάση στήριξης μελετήθηκε συστηματικά λαμβάνοντας υπόψην το ψ-διάνυσμα από την πτέρνα , το 1<sup>ο</sup> μετατάρσιο και το 5<sup>ο</sup> μετατάρσιο σε υγιή άτομα. Ακόμη, μελετήθηκε η προσθιοπίσθια μεταβολή του σωματικού βάρους κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης και σε ημιπληγικούς ασθενείς, ώστε να γίνει η σύγκριση με τους υγιείς.

Υπήρξαν δύο θεματικές ομάδες : η υγιής ομάδα ελέγχου και οι ημιπληγικοί ασθενείς. Η υγιής ομάδα σχηματίστηκε από δέκα ενήλικες χωρίς νευρολογικές διαταραχές ή ασυμφωνίες μεταξύ των δύο κάτω άκρων, ώστε να μπορούν να



επηρεάσουν τα πειραματικά αποτελέσματα. (5 άντρες :21-31 ετών, μ.ο.24,2+<sub>4</sub> έτη και 5 γυναίκες : 21-33 ετών, μ.ο. 23,6 +<sub>5,2</sub> έτη).

Η ομάδα των ημιπληγικών ασθενών σχηματίστηκε από πέντε ασθενείς που είχαν ημιπληγικά άκρα από εγκεφαλική αιμορραγία (3 άντρες και 2 γυναίκες , 47-71 ετών).Και οι δύο ομάδες ενημερώθηκαν πλήρως για το σκοπό και τις διαδικασίες περιλαμβανομένου και του χρόνου που χρειάζεται η μέτρηση και συναίνεσαν για τη συμμετοχή τους.

Στην αρχή ζητήθηκε από τα υγιή άτομα να περπατήσουν μέσα στο εργαστήριο για δέκα μέτρα, σε ευθεία γραμμή, με την ταχύτητα που εκείνοι ήθελαν. Έγινε επανάληψη του συγκεκριμένου τύπου βάδισης πέντε με έξι φορές ώστε να συλλεχθούν πειραματικά δεδομένα από τα πέντε ξεχωριστά σημεία καθώς και ο μέσος όρος ταχύτητας της βάδισης. Μια οδηγία ήταν να είναι συγκεντρωμένοι, κοιτώντας εμπρός, με το κεφάλι να βρίσκεται περίπου 15° προς τα κάτω.

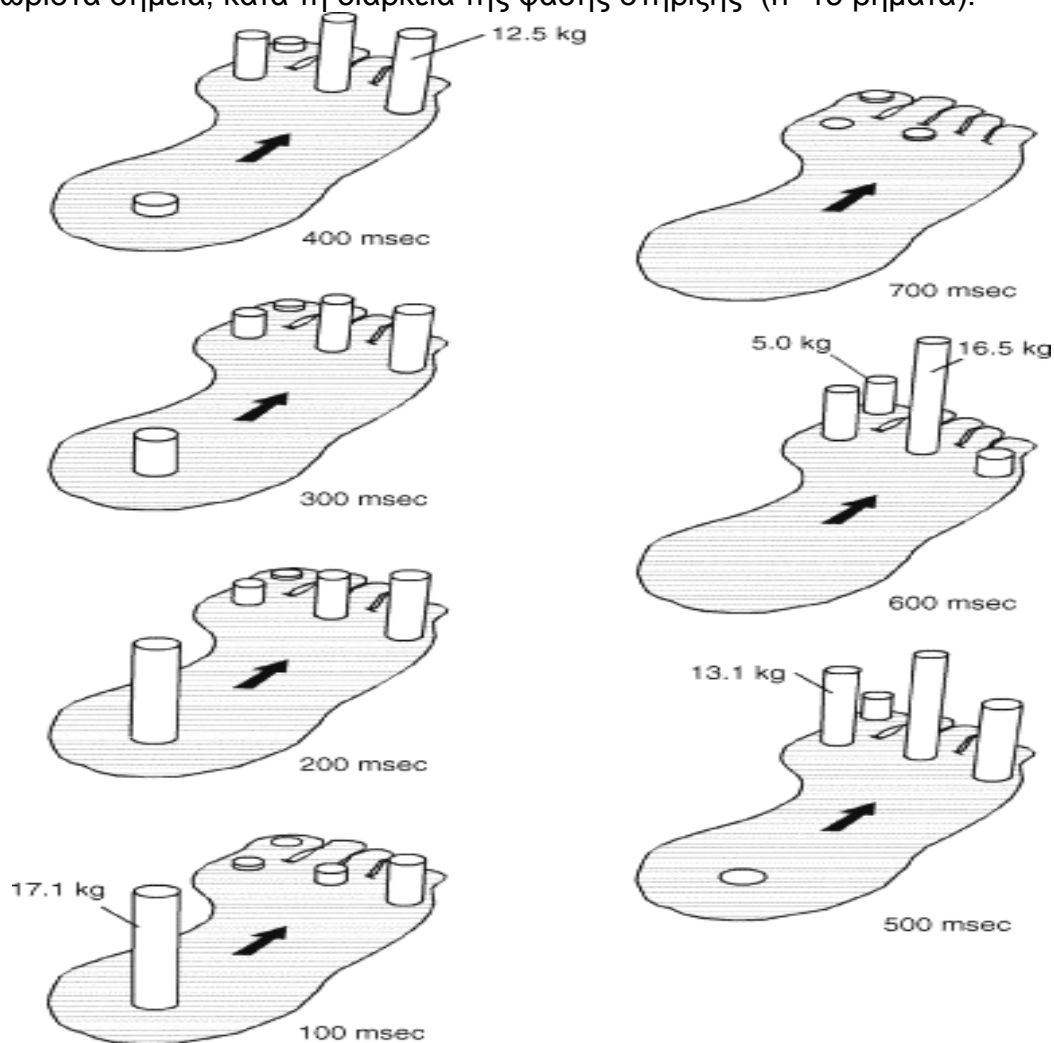
Μετά τους ζητήθηκε να περπατήσουν σε κυκλική τροχιά με περίπου την ίδια ταχύτητα, διενεργώντας είκοσι περίπου βήματα δεξιόστροφα και είκοσι αριστερόστροφα. Για το συγκεκριμένο τύπο βάδισης, η ακτίνα καμπυλότητας καμπύλης ήταν ένα μέτρο. Δε δόθηκε καμμία συγκεκριμένη οδηγία όσον αφορά το βλέμμα, το κεφάλι και τη σωματική προσαρμογή κατά την κυκλική βάδιση. Ένα άτομο παραπονέθηκε για μικρή ζάλη και η μέτρηση σταμάτησε αμέσως για αυτό το άτομο. Για τους ημιπληγικούς ασθενείς μελετήθηκε μόνο το βάδισμα σε ευθεία.

Όπως περιγράφηκε παραπάνω, τα αναλογικά συμπεράσματα από το μετρητή έγιναν ψηφιακά μέσω μιας συχνότητας των 250 Hz και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Μετά το πέρας της μέτρησης τρία ή τέσσερα ψ-διανύσματα χρησιμοποιήθηκαν, τα οποία αποκτήθηκαν αφαιρώντας την ψηφιακή καμπύλη της δύναμης αλληλεπίδρασης της πτέρνας από την αντίστοιχη καμπύλη (1) του 3<sup>ου</sup> μεταταρσίου (C→M3), (2) του 1<sup>ου</sup> μεταταρσίου (C→M3) και (3) του 5<sup>ου</sup> μεταταρσίου για τα υγιή άτομα (Ομάδα ελέγχου) και για μερικούς ασθενείς και του μεγάλου δακτύλου (C→G). Το χ-διάνυσμα αξιολογήθηκε αφαιρώντας την ψηφιακή καμπύλη της δύναμης αλληλεπίδρασης του 5<sup>ου</sup> μεταταρσίου από την αντίστοιχη του 1<sup>ου</sup> μεταταρσίου. Η ταχύτητα βάδισης που προτιμήθηκε ήταν 3,5 km/h για δύο άτομα, 3,6 km/h για ένα άτομο, 4 km/h για πέντε άτομα και 4,5 km/h για δύο άτομα.

Σε προηγούμενες αναφορές η προσθιοπίσθια μεταβολή του σωματικού βάρους εξετάστηκε αποκτώντας το ψ-διάνυσμα , αφαιρώντας την καμπύλη της δύναμης της πτέρνας από αυτήν του 3<sup>ου</sup> μεταταρσίου (Warabi T. et al, 2004). Λογικά, μελετήθηκε λεπτομερώς η προσθιοπίσθια μεταβολή του σωματικού βάρους κατά τη βάδιση σε ευθεία, ώστε αυτό να αποτελεί μια βάση για τη σύγκριση της ευθύγραμμης βάδισης με την κυκλική βάδιση. Χρονολογικά, η κατανομή της δύναμης αλληλεπίδρασης του πέλματος με το έδαφος από πέντε ξεχωριστά σημεία κατά τη διάρκεια ενός αντιπροσωπευτικού βήματος, φαίνεται στην εικόνα 1.

Στο αρχικό στάδιο της φάσης στήριξης κυριαρχεί η δύναμη αλληλεπίδρασης στην πτέρνα (100 και 200 ms). Στη συνέχεια αυξάνει η δύναμη αλληλεπίδρασης στο 5<sup>ο</sup> μετατάρσιο (200-400ms), η οποία ακολουθείται από την αύξηση της δύναμης στο 3<sup>ο</sup> μετατάρσιο (500 και 600ms) και τελικά η φάση στήριξης τελειώνει (700ms). Η χρονική περίοδος από 0 έως 300 ms περίπου, ανταποκρίνεται στην περίοδο αναχαίτησης ενώ η φάση από 400 έως 700 ms στην περίοδο προώθησης. Στις παρακάτω εικόνες ( 2-4 A)

απεικονίζεται επεξηγηματικά η δύναμη αλληλεπίδρασης από τα πέντε ξεχωριστά σημεία, κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης (n=15 βήματα).



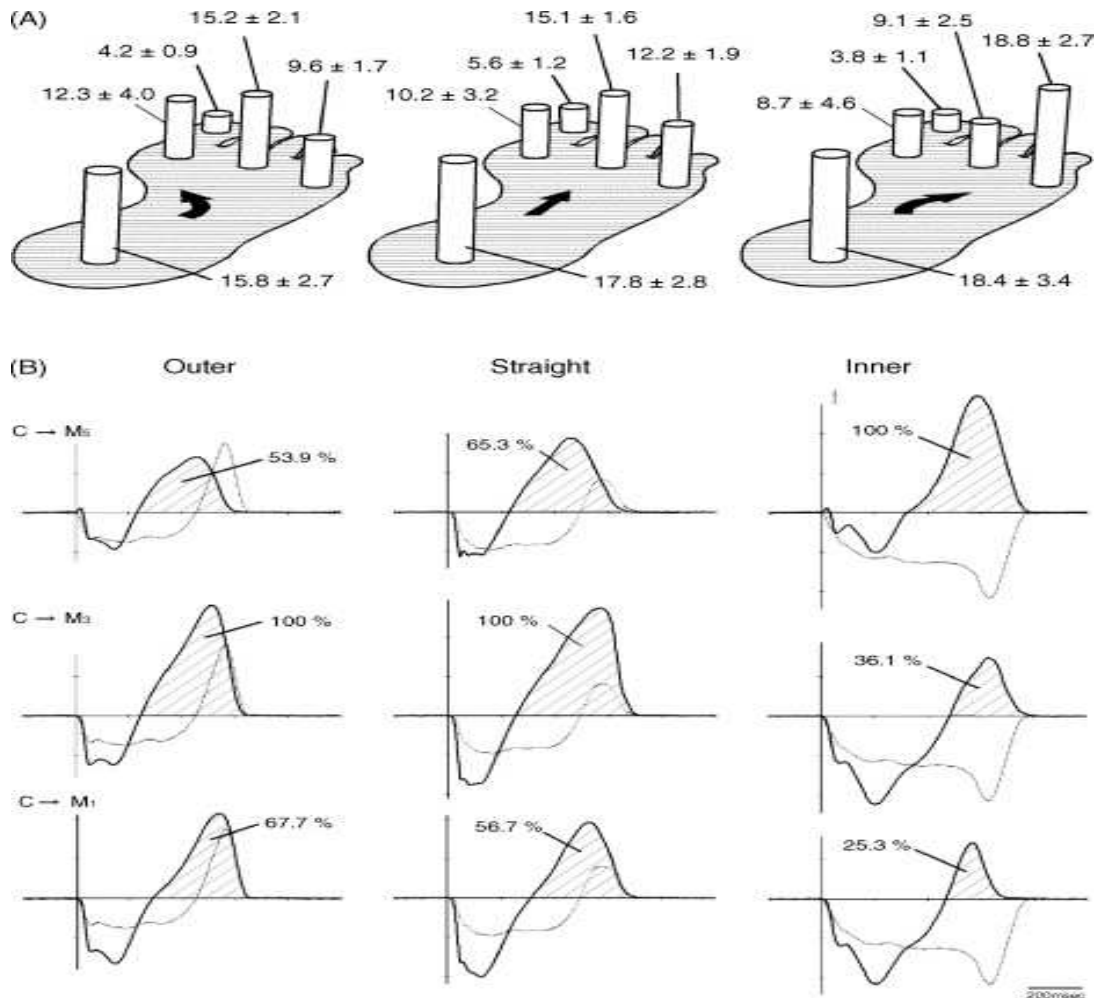
Εικόνα 1

Όπως φαίνεται στα παραδείγματα από δύο άτομα στις εικόνες 2,3 (μεσαία στήλη), η δύναμη αλληλεπίδρασης από το 3<sup>ο</sup> μετατάρσιο είναι στατιστικά, σαφέστερα πιο αυξημένη από αυτή που ασκείται είτε στο 1<sup>ο</sup> , είτε στο 5<sup>ο</sup> μετατάρσιο. Αυτή η σχέση επιβεβαιώνεται από τα στοιχεία που αποκτήθηκαν από όλα τα δέκα υγιή άτομα, η οποία επίσης παρατηρήθηκε στη μη προσβεβλημένη πλευρά ενός ασθενούς όπως φαίνεται στην εικόνα 4A .

Βασισμένοι στα στοιχεία αυτής της έρευνας, το συμπέρασμα είναι ότι η προσθιοπίσθια μεταβολή του σωματικού βάρους περνάει ακριβώς και μεταφέρεται από την πτέρνα στο 3<sup>ο</sup> μετατάρσιο. Για αυτό είναι λογικό το ψ-διάνυσμα να εξασφαλίζεται υπολογίζοντας τις καμπύλες των δυνάμεων της πτέρνας και του 3<sup>ου</sup> μεταταρσίου. Το κάτω τμήμα του ψ-διανύσματος, λόγω της επαφής της πτέρνας, προσδιορήστηκε ως το στάδιο αναχαίτησης ενώ το άνω τμήμα συμπίπτει με το στάδιο προώθησης (Kiryama K., 2004).

Από τις έρευνες που έχουν γίνει ως τώρα, οι γραφικές παραστάσεις των καμπυλών των δυνάμεων της πτέρνας και του 3<sup>ου</sup> μεταταρσίου αποδεικνύουν ότι το πλάτος της φάσης αναχαίτησης είναι περίπου 10% μικρότερο από την

κορυφαία τιμή της πτέρνας ενώ το πλάτος της φάσης προώθησης ανταποκρίνεται στην κορυφαία τιμή του 3<sup>ου</sup> μεταταρσίου (Warabi T., 2004). Όπως φαίνεται στη μεσαία στήλη των εικόνων 2 και 3 B το πλάτος της φάσης προώθησης του C→M3 είναι μεγαλύτερο από αυτό του C→M5 καθώς και του C→M1 κατά την ευθύγραμμη βάδιση.



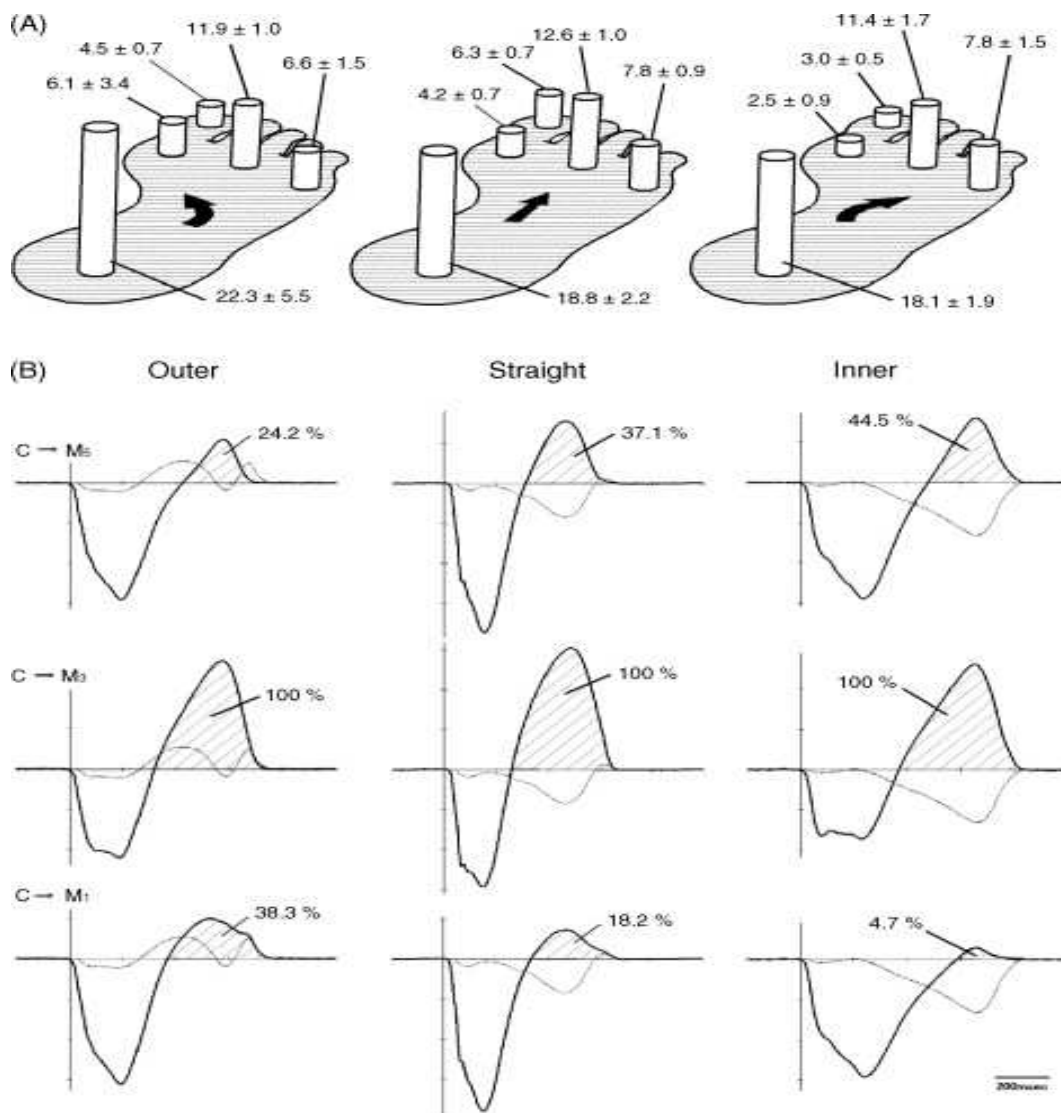
**Εικόνα 2**

Αυτές οι παρατηρήσεις συμπληρώθηκαν συγκρίνοντας τις περιοχές της φάσης προώθησης του ψ-διανύσματος στα C→M1, C→M3 και C→M5. Η περιοχή του C→M3 είναι η μεγαλύτερη μεταξύ των C→M1, C→M3 και C→M5. Έτσι, όταν η περιοχή του C→M3 καταγραφόταν ως 100, το C→M5 ήταν 65,3% και το C→M1 ήταν 56,7%, όπως φαίνεται στη μεσαία στήλη της εικόνας 2B. Για το εξεταζόμενο άτομο στην εικόνα 3B (μεσαία στήλη), το C→M5 ήταν 37% και το C→M1 ήταν 18,2% σε σύγκριση με το C→M3 η οποία παρουσίασε τη μεγαλύτερη περιοχή.

Στις εικόνες 2-4B φαίνονται οι συγκριτικές τιμές του ψ-διανύσματος, κατά τη φάση προώθησης, σε σχέση με την υψηλότερη τιμή σε ποσοστά %. Αυτά τα ευρήματα αποδεικνύουν ότι λογικά η προσθιοπίστια μεταβολή του σωματικού βάρους αναπαριστάται με μια γραμμή από την πτέρνα στο 3<sup>ο</sup> μετατάρσιο, κατά τη βάδιση σε ευθεία γραμμή. Η μέτρηση ήταν επιτυχής στα εννέα από τα δέκα άτομα, για λόγους που προαναφέρθηκαν (Kobayashi N., 2006)

Σε σύγκριση τώρα με την ευθύγραμμη βάδιση, η βάδιση με αλλαγές κατεύθυνσης, η οποία αποτελείται από μείωση της ταχύτητας της πρόσθιας κίνησης, στροφή του σώματος και αλλάζοντας το βήμα προς την καινούρια κατεύθυνση.

Δύο διαφορετικοί τύποι βαδίσματος αναγνωρίστηκαν. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2A, ο ένας εξεταζόμενος στην αλλαγή κατεύθυνσης έδειξε να επιβαρύνει περισσότερο το 5<sup>ο</sup> μετατόρσιο του εσωτερικού πέλματος ( $p < 0,01$ ), ενώ μειώθηκε η δύναμη στο 1<sup>ο</sup> και το 3<sup>ο</sup> μετατόρσιο σε σχέση με την ευθύγραμμη βάδιση. Οι αλλαγές αυτές αντικατοπτρίζονται στις γραφικές παραστάσεις των τριών ψ-διανυσμάτων που φαίνονται στην εικόνα 2B. Στο εσωτερικό πέλμα, το πλάτος της φάσης προώθησης του ψ-διανύσματος C→M5 είναι πολύ μεγαλύτερο σε σύγκριση με το εξωτερικό πέλμα και τη βάδιση σε ευθεία όπως επίσης και οι περιοχές της φάσης προώθησης. Ακόμη τα πλάτη της φάσης αναχαίτησης στα C→M3 και C→M1 αυξήθηκαν και η διάρκεια επιμηκύνθηκε, δείχνοντας μας ότι η πρόσθα μετακίνηση του σωματικού βάρους στα C→M3 και C→M1 καθυστερεί (Kobayashi N., 2006).



### Εικόνα 3

Αυτά τα στοιχεία μας έδειξαν ότι το άτομο προσαρμόζει το σωματικό του βάρος αυξάνοντας την κλίση προς την έσω πλευρά του πέλματος κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης. Στο εξωτερικό πέλμα, η φάση αναχαίτησης δεν έχει πολύ μεγάλες αποκλίσεις στα τρία ψ-διανύσματα ενώ στη φάση προώθησης η μεγαλύτερη είναι του C→M3. Αυτό σημαίνει ότι το εξωτερικό πέλμα αντισταθμίζει σε κάποιο βαθμό το βάρος που πέφτει στην έσω πλευρά του πέλματος. Αυτός ο τύπος βάδισης παρατηρήθηκε σε πέντε άτομα (τρεις άντρες και δύο γυναίκες).

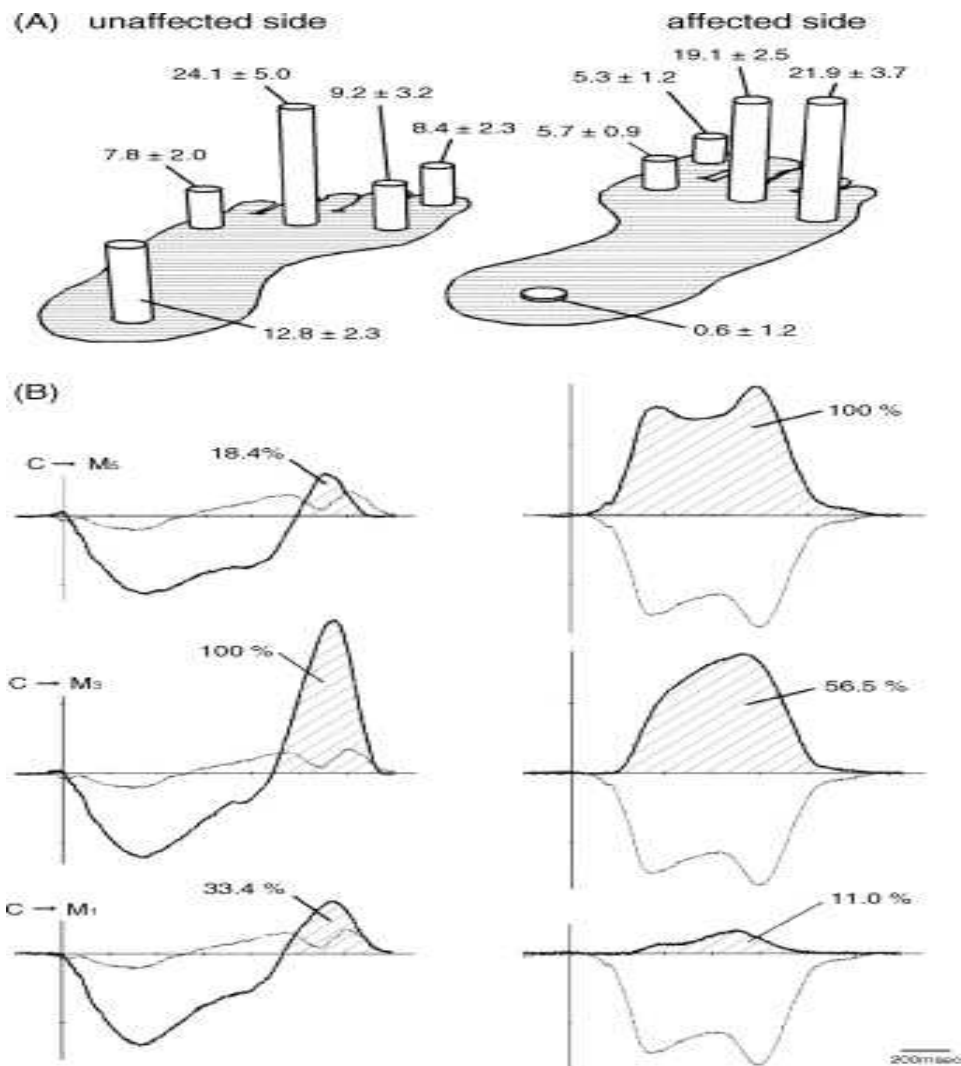
Ο δεύτερος τύπος βαδίσματος διευκρινίζεται στην εικόνα 3. Αυτό το άτομο δε δείχνει καμμία φανερή αλλαγή τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό μέρος του πέλματος, σε σύγκριση με τη βάδιση σε ευθεία. Η αλλαγή στην κατεύθυνση σχεδιάστηκε και εκτελέστηκε στην ακριβώς προηγούμενη φάση αιώρησης. Αυτός ο τύπος βάδισης είναι ευκολότερος και πιο σταθερός για το άτομο γιατί η βάση στήριξης κατά την αλλαγή κατεύθυνσης είναι πολύ πιο συμμετρική για το πόδι που δέχεται το φορτίο. Αυτός ο τύπος παρατηρήθηκε σε τέσσερα άτομα (δύο άντρες και δύο γυναίκες).

Η εικόνα 4 μας δείχνει στοιχεία που λάβαμε από μία ασθενή. Αυτή η γυναίκα, 63 ετών, είχε εγκεφαλική αιμόρραγία στο αριστερό ημισφαίριο πριν από δεκαπέντε μήνες. Έπασχε από σπαστική ημιπληγία και παρουσίαζε παραμορφώσεις στη στάση και τη βάδιση. Η ασθενής περπάτησε σε ευθεία, με ταχύτητα 2,5 km/h, χωρίς τη χρήση τριποδικού βοηθήματος, ωστόσο δε μπορούσε να περπατήσει με αλλαγές κατεύθυνσης. Για να αλλάξει κατεύθυνση σταματούσε να βαδίζει και συνέχιζε αφού είχε αλλάξει την κατεύθυνση του σώματός της. Όπως φαίνεται στην εικόνα 4, το υγιές σκέλος (αριστερό) μας έδωσε μια γραφική παράσταση που δε μπορεί να διαφοροποιηθεί από αυτές των υγιών ατόμων στις εικόνες 2 και 3 (μεσαία στήλη).

Αντιθέτως το προσβεβλημένο σκέλος (δεξιό) μας αποκάλυψε ένα χαρακτηριστικό γράφημα κατανομής του βάρους στο πέλμα : εξαιρετικά λίγο βάρος στην πτέρνα και υπερβολική επιβάρυνση στο 5<sup>ο</sup> μετατόρσιο (εικόνα 4A ). Αυτή η ιδιαίτερη κατανομή βάρους φαίνεται στο ψ-διάνυσμα που πήραμε από το C→M3 και το C→M5 (εικόνα 4B ). Το πιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του ασθενή είναι ότι λείπει η φάση αναχαίτησης. Ανάμεσα στους άλλους τέσσερεις ασθενείς οι δύο δε μπορούσαν να περπατήσουν με αλλαγές κατεύθυνσης ενώ οι υπόλοιποι δύο μπορούσαν αλλά με πολύ μεγάλη δυσκολία. Η κατανομή των μέγιστων τιμών στα πέντε ανατομικά σημεία διέφερε ανάμεσα στους ημιπληγικούς ασθενείς.

Οι συνολικές μέγιστες τιμές των δυνάμεων αλληλεπίδρασης είναι 52,6 κιλά για την προσβεβλημένη πλευρά και 62 κιλά για την υγιή. Αυτή η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ( $p < 0,01$ ) στο συγκεκριμένο ασθενή. Αυτή η τάση παρατηρήθηκε σε όλους τους ασθενείς. Η φάση στήριξης του υγιούς μέλους ήταν  $1490,6 \pm 93,1$  ms ( $n = 15$  βήματα), ενώ του προσβεβλημένου μέλους  $1231,3 \pm 84,5$  ms και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική ( $p < 0,01$ ). Αυτή η διαφορά παρατηρήθηκε σε όλους τους ημιπληγικούς ασθενείς ( $n = 10$ , συμπεριλαμβάνεται και αυτός ο ασθενής) η οποία είναι στατιστικά σημαντική

( $p < 0,01$ ). Δεν υπήρξε διαφορά στο ρυθμό των προσβεβλημένων και των υγιών πλευρών ( $p = 0,88$ )



Εικόνα 4

Από τα παραπάνω στοιχεία, συμπεραίνουμε ότι οι ημιπληγικοί ασθενείς χρησιμοποιούν την προσβεβλημένη πλευρά με μικρότερη φάση στήριξης, ασκώντας λιγότερη δύναμη στο προσβεβλημένο κάτω άκρο, σε σύγκριση με την υγιή πλευρά η οποία αποδείχθηκε ότι έχει μεγαλύτερη φάση στήριξης και δύναμη αλληλεπίδρασης.

Καταλήγοντας, μπορούμε να πούμε ότι παρατηρούνται μεγάλες αλλαγές στη βάδιση και τη στήριξη όταν υπάρχουν αλλαγές στην ποδοκνημική άρθρωση με άμεση συνέπεια και στην κατανομή βάρους. Πιο συγκεκριμένα, στους ημιπληγικούς ασθενείς διαπιστώνεται ότι κατά τη φάση στήριξης, σχεδόν απουσιάζει το στάδιο κατά το οποίο η πτέρνα έρχεται σε επαφή με το έδαφος (στάδιο αναχαίτησης), με αποτέλεσμα όλο το βάρος να μετατοπίζεται στα μετατόρσια και το μεγάλο δάκτυλο. Ένας λόγος είναι η αδυναμία της

ραχιαίας κάμψης (drop foot) που παρουσιάζεται στην ποδοκνημική των ημιπληγικών ασθενών.

Αυτό επηρεάζει αλυσιδωτά και τις υπόλοιπες αρθρώσεις. Στο γόνατο παρατηρείται υπερέκταση λόγω αδυναμίας του τετρακεφάλου , ενώ στο ισχίο μεγάλη κάμψη καθώς και ανάσπαση της λεκάνης , ώστε ο ασθενής να επιτύχει το βήμα. Κατά συνέπεια επηρεάζεται η κίνηση και η στήριξη , που δε γίνονται με πλήρη ισορροπία και έλεγχο , προκαλώντας αλλαγές ακόμη και στη σπονδυλική στήλη με αποτέλεσμα τη δημιουργία αντισταθμιστικών σκολιώσεων.

Η επανεκπαίδευση ενός ημιπληγικού ασθενή, ώστε να αποκτήσει ένα όσο το δυνατό πιο σωστό πρότυπο βάδισης, αποτελεί ένα δύσκολο κομμάτι στον τομέα της αποκατάστασης. Με σκοπό τη βελτίωση των παραπάνω συμπτωμάτων προτείνεται η διενέργεια φυσικοθεραπειών κυρίως με τη χρήση εξειδικευμένων μεθόδων όπως είναι η Bobath και η P.N.F. Με τη σωστή αντιμετώπιση και καθοδήγηση ο ασθενής μπορεί να αποκτήσει ένα αρκετά σωστό πρότυπο βάδισης ώστε να επανέλθει όσο πιο πολύ γίνεται στην καθημερινότητά του. Επιπλέον η τοποθέτηση κνημοποδικών ναρθήκων αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη. Επίσης, τα τελευταία χρόνια η διεξαγωγή ενέσεων Bottox στο γαστροκνήμιο μυ φαίνεται να έχει αξιόλογα αποτελέσματα ώστε να γίνεται πιο εύκολος ο ρόλος των φυσικοθεραπευτών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. Ahn, TK , Kitaoka, HB , et al (1997) Kinematics and contact characteristics of the first metatarsophalangeal joint.
2. Astion, DJ, Otis JC, et al (1997) Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis.
3. Beaudoin AJ, Fiore SM et al (1991) Effect of isolated talocalcaneal fusion on contact in the ankle and talonavicular joints.
4. Bobath B. ( 1992 ), Ενήλικος Ημιπληγικός – Αξιολόγηση και Θεραπεία, Αθήνα, επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνος.
5. Cheng, JCY, Leung, SSF et al (1997) Change of foot size with weight bearing.
6. Courtine G., Schieppati M., (2003) Human walking during along a curved path I. Body trajectory, segment orientation and the effect of vision, Eur.J.Neurosci 18 (177-190).
7. Courtine G., Schieppati M., (2003) Human walking during along a curved path II. Gait features and EMG patterns, Eur.J.Neurosci 18 (191-205)
8. Davis, WH, Sobel, M, et al (1996) Histological and microvascular anatomy and biomechanical testing of the spring ligament complex.
9. Dietz V., Colombo G. et al (1995) Locomotor capacity of spinal cord in paraplegic patients, Ann Neurol. 37(574-582).
10. Dietz V., Mueller R., (2004) Degradation of neuronal function following a spinal cord injury: mechanisms and countermeasures, Brain 127 (2221-2231).
11. Dietz V., Mueller R., et al (2002) Locomotor activity in spinal man: significance of afferent input from joint and load receptors, Brain 125 (2626-2634).
12. Fritz GR, Prieskorn D (1995) First metatarsocuneiform motion: a radiographic and statistical analysis.
13. Harkema S.J., Hurley S.L., (1997) Human lumbosacral spinal cord interprets loading during stepping, J. Neurophysiol. (797-811).
14. Hase K., Stein R.B., (1999) Turning strategies during human walking, J. Neurophysiol. 81 (2914-2922).
15. Horak P.E. (1987) Clinical measurement of postural control in adults (1881-1885).
16. Kiriya 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).
17. Kiriya 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).
18. Kwakkel G. – Kolllel B.J. – Wagenaar R.C. ( 1999 ), Therapy Impact on Functional Recovery in Stroke Rehabilitation, Physiotherapy, 85; number 7, pages 377 – 391.
19. Lamb T., Yang J.F. (2000) Could different directions of infant be controlled by the same locomotor central pattern generator? J. Neurophysiol. 83 ((2814-2824).
20. Mann RA (1993) biomechanics of the foot and the ankle.



21. Mizel MS (1993) The role of the plantar first metatarsalcuneiform ligament in weight bearing of the first metatarsal.
22. Nordin M., Frankel V. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 3<sup>rd</sup> edition, (223-253).
23. Ouzonian TG, Shereff MG (1989) In vitro determination of midfoot motion.
24. Pang M.Y.C., Yang J.F. (2000) The initiation of the swing face in human infant stepping: importance of hip position and leg loadin, J.Physol. 528 (389-404).
25. Pang M.Y.C., Yang J.F. (2001) Interlimb co-ordination in human infant stepping. J. Physiol. 533 (617-625).
26. Pearson K., Gordon J., (2000) Principles of neural sciences, fourth ed., McGraw-Hill,Co,New York, pp.(737-755).
27. Platzner W, Kahle W, Leonhardt H (1985). Εγχειρίδιο ανατομικής του ανθρώπου. Τόμος 1: μυοσκελετικό σύστημα.
28. Raymond D. Adams - Maurice Victor - Allan H. Ropper ( 2001 ), Principles of neurology, 6<sup>η</sup> έκδοση, επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου.
29. Sarrafian, CK (1993) Function and anatomy of the foot and ankle.
30. Wang, QW, Wittle M, et al (1996) Fibular and its ligaments in load transmission and ankle joint stability.
31. Warabi T., Kato M., et al (2004) Analysis of human locomotion by recording sole-floor reaction forces from anatomically discrete points, Neurosci. Res. 50 (419-426).
32. Warabi T., Kato M., et al (2005) Treadmill walking and overground walking of human subjects compared by recording sole-floor reaction force, Neurosci. Res 53 (343-348).
33. Δούκας Μ. Νίκος (1979) Κινησιολογία.