



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Δυσλειτουργίες Χεριού

Δομή - Λειτουργία - Αξιολόγηση

Δομή και Τροφικότητα Τενόντων Χεριού

**Παπαθανασίου Γ., Κομισόπουλος Χρ.,
Κουμαντάκης Γ., Μοβσεσιάν Μ.**

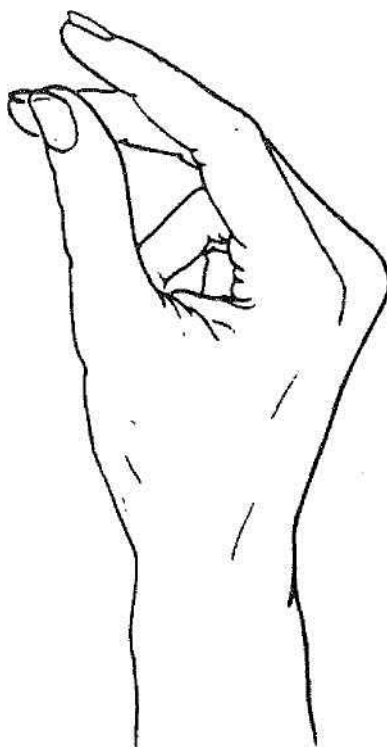
**Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Φυσικοθεραπείας
Τμήμα Χειρός**

Οκτώβριος 1996

ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΧΕΡΙΟΥ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΔΟΜΗ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ



Αμφιθέατρο Ελληνικής Εταιρείας
Χειρουργικής Ορθοπαιδικής - Τραυματιολογίας
"Παύλος Κονιαλίδης"

Κυριακή 13 Οκτωβρίου 1996



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΧΕΙΡΟΣ

&

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΚΟΤΗΤΑ ΤΕΝΟΝΤΩΝ ΧΕΡΙΟΥ

ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Οι τένοντες είναι κυλινδρικές ή αποπεπληατισμένες ινώδεις χορδές και αποτελούν τα ανατομικά στοιχεία που συνδέουν τους μύες σε οστά. Η βασική τους λειτουργία είναι η μεταφορά μηχανικής ενέργειας από το μυ στο οστό. Παίζουν, επίσης, ρόλο στον έλεγχο της μυικής συστολής.

Οι τένοντες είναι ασυμπίεστοι, εύκαμπτοι, μηχανικά ανθεκτικοί, μη εκτατοί και έχουν την ικανότητα να ολισθαίνουν κατά τις κινήσεις. Η παραπάνω ομάδα ιδιοτήτων καθιστά τους τένοντες ιδιαίτερα αποδοτικούς ως μεταφορείς δυνάμεων (Bonnel & Baldet, 1988). Ο ρόλος των τενόντων είναι παθητικός, ο μεταβολισμός τους είναι σχετικά αδρανής και η ανοσία τους σε ασθένειες σχεδόν τέλεια (Elliot, 1965).

Πριν, όμως, από την ανάλυση της μορφολογίας των τενόντων είναι απαραίτητο να παρατεθεί η ιστική τους προέλευση και η μικρομοριακή τους σύσταση.

ΚΟΙΝΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ

Ως ιστός ορίζεται το άθροισμα των κυττάρων που γενετικά έχουν υποστεί την ίδια διαφοροποίηση καθώς και τα παράγωγα των κυττάρων αυτών. Οι ιστοί αποτελούνται από συνδυασμούς κυττάρων (ελεύθερων και σταθερών) και μεσοκυττάριας ουσίας (Platzer, 1984).

Ο συνδετικός ιστός αποτελεί υποκατηγορία του ερειστικού ιστού (συνδετικός ιστός) και αποτελεί κατασκευαστικό - δομικό υλικό για τον οργανισμό (Πισίδης, 1984). Το τελευταίο οφείλεται στις μηχανικές ιδιότητες των συστατικών της μεσοκυττάριας ουσίας του. Ορισμένα συστατικά κύτταρα του συνδετικού ιστού του προσδίδουν, επίσης, την ικανότητα να εκτελεί αμυντικό έργο. Στη βιβλιογραφία, η έννοια "Κοινού τύπου συνδετικός ιστός" αντιδιαστέλλεται με τον όρο "Ειδικού τύπου συνδετικός ιστός", όπου συμπεριλαμβάνονται οι υπόλοιπες κατηγορίες του ερειστικού ιστού, δηλαδή ο χόνδρος και το οστό (Platzer, 1984).

Ο κοινού τύπου συνδετικός ιστός διακρίνεται στα ακόλουθα είδη :

- α. Εμβρυικός συνδετικός ιστός.
- β. Δικτυωτός συνδετικός ιστός.
- γ. Λιπώδης ιστός.
- δ. Χαλαρός ή διάμεσος συνδετικός ιστός.
- ε. Πυκνός συνδετικός ιστός.

Ο πυκνός συνδετικός ιστός περιέχει μεγάλη αναλογία κολλαγόνων, λιγότερα κύτταρα από ότι οι άλλοι τύποι και ελάχιστη μεσοκυττάρια ουσία.

Ο κοινού τύπου συνδετικός ιστός αποτελείται από δύο κύριους τύπους κυττάρων που περιβάλλονται από μεσοκυττάρια ουσία (Elliot, 1965) :

α. Σταθερά κύτταρα (ινοβλάστες, μεσεγχυματικά κύτταρα, δικτυοκύτταρα, χρωστικοφόρα κύτταρα, λιποκύτταρα).

β. Ελεύθερα κύτταρα (ιστιοκύτταρα, σιτευτικά κύτταρα, λεμφοκύτταρα, πλάσματοκύτταρα, μονοκύτταρα και κοκκιώδη κύτταρα).

Οι τένοντες, όπως αναφέρθηκε, αποτελούνται από κοινού τύπου συνδετικό ιστό, στη σύσταση του οποίου κυριαρχούν οι ίνες κολλαγόνου, μεταξύ των οποίων υπάρχουν διάσπαρτα κύτταρα ινοβλαστών. Λόγω της άφθονης παρουσίας των ινών κολλαγόνου στον τενόντιο ιστό, συχνά οι τένοντες - μαζί με τους συνδέσμους και τους θύλακες - περιγράφονται και σαν "κολλαγόνος ιστός".

ΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Οι ινοβλάστες (σταθερά κύτταρα του κοινού τύπου συνδετικού ιστού) είναι κύτταρα πεπλατυσμένα, ακανόνιστα σε περίγραμμα και με αποφυάδες. Οι πυρήνες των ινοβλαστών είναι μεγάλοι, ενεργοί και με διακριτά πυρήνια. Το διαυγές κυτταρόπλησμά τους περιέχει λεπτά κοκκία και σταγονίδια λίπους. Τα μιτοχόνδρια και τα οργανίδια Golgi αφθονούν στο πυκνό ενδοπλάσματικό δίκτυο. Σε γερασμένους, ανενεργούς ινοβλάστες - τα ινοκύτταρα - το κυτταρόπληγμα είναι ελάχιστο, το ενδοπλάσματικό δίκτυο αραιωμένο και ο πυρήνας επιπεδωμένος (Bonnel & Baldet, 1988).

Η λειτουργία των ινοβλαστών είναι η παραγωγή μεσοκυττάριας (εξωκυττάριας) ουσίας. Οι ινοβλάστες σχετίζονται και συχνά προσκολλώνται στις λευκές κολλαγόνες ίνες, οι οποίες είναι οι πλέον πολυάριθμες και διαδεδομένες στον κοινού τύπου συνδετικό ιστό. Κατά τις διαδικασίες επούλωσης του τένοντα οι ινοβλάστες πολλαπλασιάζονται για να παρράγουν μεγάλες ποσότητες επουλωτικού υλικού (Elliot, 1965). Η πλειονότητα των κυττάρων στον κοινού τύπου συνδετικό ιστό είναι ινοβλάστες.

ΑΜΟΡΦΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Αναφέρθηκε προηγουμένως, ότι τα κύτταρα του κοινού τύπου συνδετικού ιστού περιβάλλονται από μεσοκυττάρια ουσία. Με τον όρο αυτόν περιγράφονται όλα τα μεσοκυττάρια (τα μεταξύ των κυττάρων εβρισκόμενα) στοιχεία του συνδετικού ιστού, τα οποία ταξινομούνται στις εξής 2 μεγάλες κατηγορίες : α. Τη θεμέλιο ουσία και β. Τα ινώδη στοιχεία (Elliot, 1965).

α. Θεμέλιος Ουσία

Η θεμέλιος ουσία είναι το σύνολο των πολυμερισμένων μορίων που βρίσκονται στο μεσοκυττάριο χώρο, τυχαία τοποθετημένα, χωρίς δομική αλληλεξάρτηση. Είναι "άμορφη" (σε αντίθεση με τα ινώδη στοιχεία της μεσοκυττάριας ουσίας) και το όνομά της περιγράφει αυτή τη χαρακτηριστική έλλειψη εσωτερικής διαμοριακής δόμησης. Χημικώς με τον όρο "θεμέλιος ουσία" περιγράφονται τα συστατικά του συνδετικού ιστού που αποτελούνται από πρωτεογλυκάνες (PGs) και γλυκοζαμινογλυκάνες (GAGs). Οι μονάδες

πρωτεογλυκάνης είναι μακρομόρια, που αποτελούνται από μια κεντρική πρωτεΐνη, ενωμένη με αλυσίδες πολυσακχαριτών (γλυκοζαμινογλυκανών).

Η θεμελίος ουσία παράγεται από τα κύτταρα του συνδετικού ιστού και συμμετέχει στην ανταλλαγή ουσιών μεταξύ των κυττάρων και του αίματος (Platzer, 1984). Η θεμελίος ουσία του "κολλαγόνου ιστού" αποτελεί λιγότερο από το 1 % του ξηρού βάρους του τένοντα. Μαζί με το μεσοκυττάριο υγρό λιπαίνουν εσωτερικά τον τένοντα, απομακρύνοντας τις ίνες του και επιτρέποντας σχετική ολίσθηση μεταξύ τους, όπου αυτές διασταυρώνονται. Οι πρωτεογλυκάνες της θεμελίου ουσίας, απορροφώντας μεσοκυττάριο υγρό του "κολλαγόνου ιστού" (τενόντιου ιστού) συμβάλλουν σημαντικά στις λιπαντικές ιδιότητες της θεμελίου ουσίας. Τέλος η θεμελίος ουσία μαζί με το μεσοκυττάριο υγρό αποδίδουν στον τενόντιο ιστό τις γνωστές γλοιοελαστικές του ιδιότητες (Bonnel & Baldet, 1988).

β. Ινώδη Στοιχεία

Τα ινώδη στοιχεία της μεσοκυττάριας ουσίας του συνδετικού ιστού συνίστανται στα εξής :

- Δικτυωτές ίνες
- Ελαστικές ίνες
- Κολλαγόνες ίνες

Οι δικτυωτές (δοκιδωτές) ίνες μοιάζουν στην κατασκευή με τις κολλαγόνες ίνες. Ονομάζονται δικτυωτές γιατί σχηματίζουν δίκτυα γύρω από διάφορα όργανα (τριχοειδή αγγεία, μέσα σε βασικούς υμένες κυττάρων και γύρω από τα νεφρικά σωληνάκια) (Gray's Anatomy, 1973) και προσδίδουν όγκο στον ιστό (Αθανασόπουλος, 1989).

Οι υποκίτρινες ελαστικές ίνες διατάσσονται, επίσης, σε δίκτυα. Βρίσκονται σε μεγάλες αρτηρίες και σε ορισμένους συνδέσμους π. χ. ωχρός σύνδεσμος της Σπονδυλικής Στήλης. Η ελαστική περιέχει σε υψηλή συγκέντρωση τα αμινοξέα βαλίνη και δεσμοσίνη (Gray's Anatomy, 1973). Μια ίνα ελαστικής συντίθεται από σφαιρικές υπομονάδες τροποελαστικής διαμέτρου 5,4 nm. Αυτές οι υπομονάδες πιστεύεται πως είναι ομαλά διατεταγμένες σε τρισδιάστατα φύλλα χωρίς συγκεκριμένη κατεύθυνση. Κάθε υπομονάδα συνδέεται με την επόμενη με παραμορφώσιμους δεσμούς.

Οι τένοντες περιέχουν πολύ μικρές ποσότητες ελαστικής. Σε άλλη μορφή του κολλαγόνου ιστού ωστόσο, όπως σε ορισμένους συνδέσμους, η αναλογία των περιεχόμενων ελαστικών ινών είναι σημαντική. Για παράδειγμα, στον ωχρό σύνδεσμο της Σπονδυλικής Στήλης η αναλογία των περιεχόμενων ελαστικών ινών προς τις ίνες κολλαγόνου είναι 2 προς 1, οπότε και η ελαστικότητά του είναι αυξημένη ενώ στους τένοντες η συγκέντρωση ελαστικής τείνει προς το μηδέν, γεγονός που εξηγεί τη σχετική τους ανελαστικότητα. Έτσι, είναι φανερό ότι οι μηχανικές ιδιότητες των κολλαγόνων ιστών, όπως ο τένοντας, δεν εξαρτώνται μόνο από την αρχιτεκτονική και τις ιδιότητες των κολλαγόνων ινών τους, αλλά και από την αναλογία ελαστικής που περιέχουν (Frankel & Nordin, 1989).

Οι κολλαγόνες ίνες συνιστούν το σημαντικότερο ινώδες στοιχείο της μεσοκυττάριας ουσίας του κοινού τύπου συνδετικού ιστού. Έχουν κυματοειδή πορεία, δε διατείνονται και φέρονται πάντα σε δεσμίδες. Αυτός ο τρόπος διάταξης

των ινών απαντάται ιδιαίτερα στους τένοντες (Platzer, 1984). Η βασική δομική μονάδα των ινιδίων κολληγόνου είναι το μόριο κολληγόνου (Bonnel & Baldet, 1988). Το μόριο του κολληγόνου είναι ένα από τα μεγαλύτερα στον ανθρώπινο οργανισμό, με επιμήκη εμφάνιση και διαστάσεις 300 nm σε μήκος και 1,5 nm σε διάμετρο. Το κολληγόνο είναι η αφθονότερη πρωτεΐνη στο Ζωικό Βασίλειο. Αποτελεί σχεδόν το 1/3 του ολικού αριθμού των πρωτεϊνών του ανθρώπινου οργανισμού. Έχει τη χαρακτηριστική ιδιότητα να υφίσταται σειρά τροποποιήσεων της δομής του, τόσο κατά τη διάρκεια της σύνθεσής του μέσα στους ινοβλάστες, όσο και κατά την έκκρισή του στο μεσοκυττάριο χώρο. Οι δομικές αυτές αλλαγές του μορίου του κολληγόνου είναι που, τελικά, διαμορφώνουν τον κολληγόνο ιστό και του προσδίδουν τον ιδιαίτερο μηχανικό του χαρακτήρα.

Κάθε μόριο κολληγόνου αποτελείται από τρεις πολυπεπτιδικές αλυσίδες (τύπου α), διαμορφωμένες σε τριπλή έλικα (Bonnel & Baldet, 1988). Προς το παρόν, έχουν περιγραφεί 11 γενετικώς διακριτοί τύποι μορίων κολληγόνου που περιέχουν στο σύνολό 20 ή παραπάνω διαφορετικά είδη πολυπεπτιδικών (α) αλυσίδων. Τα μόρια του κολληγόνου ταξινομούνται σε τρεις ομάδες με βάση την κατασκευή τους. Η ομάδα I παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, διότι η χημική δομή των τύπων της αποτελεί πρότυπο για όλους τους τύπους κολληγόνου. Επιπλέον, ο τύπος I (της ομάδας I) αποτελεί βασικό συστατικό των τενόντων και των συνδέσμων.

Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες ιοντικών δυνάμεων, pH και θερμοκρασίας, τα μόρια του κολληγόνου (τύπων I, II, III, V και XI) αυτόματα αθροίζονται σε ινίδια. Εξέταση υπό το μικροσκόπιο δείχνει ότι κάθε ινίδιο έχει ένα χαρακτηριστικό, επαναλαμβανόμενο σχέδιο (μοτίβο) εγκάρσιας γράμμωσης, με περιοδικότητα περίπου 68 nm (D). Οι τύποι I και III είναι ποσοτικά οι κυρίαρχοι στον οργανισμό (Πίνακας 1) (Bonnel & Baldet, 1988). Όπως φαίνεται και στον πίνακα, οι τένοντες και οι σύνδεσμοι γενικά έχουν κολληγόνο τύπου I, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 95 %.

Ο τένοντας χαρακτηρίζεται, όπως προαναφέρθηκε, ως "κολληγόνος ιστός" λόγω του προεξάρχοντος συστατικού του. Ο τενόντιος ιστός έχει σποραδική αγγείωση. Τα σχετικά ολιγάριθμα κύτταρα (ινοβλάστες), που περιλαμβάνονται σε αυτόν, καταλαμβάνουν το 20 % του συνολικού όγκου του, ενώ η εξωκυττάρια ουσία καταλαμβάνει το 80 %. Η εξωκυττάρια ουσία αποτελείται κατά 70 % από νερό και κατά 30 % από στερεά συστατικά. Το στερεό μέρος συναποτελείται από κολληγόνο (κατά 75 % ως 99 % του ξηρού βάρους σε ορισμένους τένοντες), θεμέλιο ουσία και μικρές ποσότητες ελαστίνης.

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Ο τένοντας καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα συνδετικού ιστού, τον επιτένοντα, που συνεχίζεται εσωτερικά στον τένοντα, περιβάλλοντας τις δεσμίδες του, και ονομάζεται ενδοτένοντας. Ο τένοντας, επιπλέον, βρίσκεται σε ένα περίβλημα από χαλαρό συνδετικό ιστό που ονομάζεται παρατένοντας. Ο παρατένοντας εξυπηρετεί την αποτελεσματική ολίσθηση του τένοντα. Σε ορισμένα σημεία, όπου ο τένοντας δρα υπό έντονες συνθήκες (μεγάλες φορτίσεις,

παρεμπόδιση ολίσθηρότητας κ.τ.λ.) ο παρατένοντας αντικαθίσταται από ένα διπλό περίβλημα που ονομάζεται ορογόνο έλντρο. Το μεταξύ των δύο πετάλων του ορογόνου έλντρου εβρισκόμενο ορώδες υγρό, διευκολύνει την ολίσθηση του τένοντα, μειώνοντας τις τριβές. Ορογόνα έλντρα συναντώνται πολύ συχνά στους τένοντες της άκρας χείρας (Karandji, 1983).

Οι τένοντες αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από κολληγόνο και ιδιαίτερα του τύπου Ι. Οι ίνες ομαδοποιούνται σε δεσμίδες και αυτές σε ακόμα μεγαλύτερες ελικοειδείς δέσμες. Μερικές από τις μικρότερες δεσμίδες μεταπηδούν από τη μια δέσμη στην άλλη και τανάπαλιν. Η διευθέτηση των μεγαλύτερων δεσμών είναι πιο περίπλοκη και τέτοια, ώστε η αναπτυσσόμενη μυική τάση να διανέμεται εξίσου σε όλα τα σημεία της οστικής πρόσφυσης, ανεξάρτητα από τη θέση της άρθρωσης. Είναι γνωστό ότι η διευθέτηση των ινών κολληγόνου καθορίζεται από τη διεύθυνση της εφαρμογής των δυνάμεων πάνω στον τένοντα. Έτσι, ακριβώς επειδή οι εφελκυστικές δυνάμεις ασκούνται πάντα κατά τον επιμήκη άξονα του τένοντα συμπεραίνεται ότι τα ινίδια κολληγόνου διατάσσονται παράλληλα με αυτόν. Το γεγονός αυτό παίζει σημαντικότατο ρόλο στη φυσικοθεραπευτική αντιμετώπιση και αποκατάσταση των τενόντων (Peacock, 1965).

Μακροσκοπικά, ο τένοντας έχει όψη λευκής, γυαλιστερής δέσμης και υπό το πολωμένο φως, με την αφαίρεση του παρατένοντα, εμφανίζει εναλλασσόμενες φωτεινές και σκοτεινές περιοχές, που εξαφανίζονται με την άσκηση τάσης σε αυτόν. Η κυματοειδής μορφή των ινών του τένοντα οφείλεται στην ελικοειδή μορφή των δεσμίδων του κολληγόνου του (Elliot, 1965).

Η δομή των τενόντων της άκρας χείρας εμφανίζει ιδιαίτερη εικόνα καθ' ότι στο συγκεκριμένο αυτό όργανο παρατηρείται μεγάλος αριθμός και ποικιλία μορφών ορογόνων έλντρων. Πράγματι, λόγω των πολλών αρθρώσεων και των μεγάλων γωνιών έλξης οι τένοντες της άκρας χείρας και ιδιαίτερα οι καμπτήρες υποβάλλονται σε μεγάλες πιέσεις και είναι εφοδιασμένοι κατά τόπους με τα ορογόνα τους έλντρα. Έχει, επίσης, παρατηρηθεί ότι στα σημεία αυξημένης φόρτισης, όπως σε οξείες γωνίες έλξης ή γύρω από οστικά σημεία, οι τένοντες αναπτύσσουν χόνδρινο ιστό. Το φαινόμενο αυτό δικαιολογεί και την παρουσία χονδροβλαστών στην τενόντια ουσία. Με τον τρόπο αυτό οι τένοντες γίνονται ανθεκτικότεροι στην πίεση. Ενδοτενόντιος χόνδρος έχει παρατηρηθεί στην παλαμιαία επιφάνεια καμπτήρων τενόντων σε πειραματόζωα (Nessler και συν, 1992).

ΤΡΟΦΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Η τροφικότητα των καμπτήρων τενόντων της άκρας χείρας απασχολεί έντονα πολλούς μελετητές. Διστάμενες είναι οι απόψεις όσον αφορά τις θεραπευτικές οδούς που άγουν τα θεραπευτικά συστατικά στους τένοντες. Πριν, όμως από κάθε προσπάθεια εξήγησης και διερεύνησης των θεραπευτικών οδών στους καμπτήρες τένοντες, πρέπει να γίνει λεπτομερής παράθεση της αγγειακής ανατομίας της παλαμιαίας επιφάνειας της άκρας χείρας.

ΑΓΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΠΑΛΑΜΙΑΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Η κερκιδική αρτηρία στον καρπό γίνεται επιφανειακή, περιστρέφεται γύρω από τη στυλοειδή απόφυση της κερκίδας και περνά κάτω από τους τένοντες του μακρού απαγωγού του αντίχειρα και του μακρού και βραχέος εκτείνοντα του αντίχειρα. Κατόπιν, περνά μέσα από τις δύο κεφαλές του πρώτου ραχιαίου μεσόστεου, για να εισέλθει στην παλάμη. Εκεί διασχίζει τα μετακάρπια, σχηματίζοντας το εν τω βάθει παλαμιαίο τόξο και ενώνεται με τον εν τω βάθει κλάδο της ωλένιας αρτηρίας.

Στον καρπό, η κερκιδική αρτηρία δίνει έναν επιπολής κλάδο που περνά πάνω από τη μάζα των μυών του θέναρς και πορεύεται μεταξύ της παλαμιαίας περιτονίας και των τενόντων του επιπολής κοινού καμπήρα των δακτύλων, για να σχηματίσει το επιπολής παλαμιαίο τόξο. Ενώνεται με την ωλένια αρτηρία, που μόλις έχει περάσει πάνω από τον καρπιαίο σύνδεσμο. Η ωλένια αρτηρία διαιρείται στον εν τω βάθει παλαμιαίο κλάδο της αμέσως περιφερικότερα του πισοειδούς οστού.

Από τον επιπολής κλάδο, οι δακτυλικές αρτηρίες φτάνουν στο δείκτη, μέσο, παράμεσο και μικρό δακτύλο. Η αρτηριακή παροχή στον αντίχειρα και ο κλάδος του δείκτη εκπορεύονται από το εν τω βάθει κερκιδικό τόξο, στο σημείο εξόδου του από τον πρώτο ραχιαίο μεσόστεο μυ. Οι μετακαρπικές αρτηρίες εκφύονται από το εν τω βάθει παλαμιαίο τόξο. Η ράχη του χεριού τροφοδοτείται από ένα τόξο που σχηματίζεται από την ένωση του ραχιαίου κλάδου της κερκιδικής και ωλένιας αρτηρίας.

Κάθε τένοντας έχει μεσοτένοντα, δια μέσου του οποίου φέρεται η αγγείωση του. Στις οστεοινώδεις σήραγγες ο μεσοτένοντας αντικαθίσταται από τον μακρό και βραχύ αγγειοφόρο καθεκτικό σύνδεσμο (vincula), δια μέσου των οποίων φέρεται η αγγείωση στους Β.Κ.Κ.Τ. και Ε.Κ.Κ.Τ. αντίστοιχα. Ο μακρός αγγειοφόρος καθεκτικός σύνδεσμος, στη ζώνη II, είναι μια συνέχεια του βραχέος (Leddy, 1988).

ΑΙΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΚΑΙ ΖΩΝΕΣ ΥΠΟΑΙΜΑΤΩΣΗΣ

Τα αιμοφόρα αγγεία διέρχονται μέσω των μεσοτενόντων και διαμοιράζονται στους καμπήρες τένοντες :

α. Στον τένοντα του Ε.Κ.Κ.Δ. η αιματική παροχή συντελείται από τα εξής αγγεία :

- Κεντρικά (ζώνη Α), υπάρχουν μικρά, επιμήκη, μεσοτενόντια αγγεία (1) και αγγεία που πορεύονται στο εγγύς άκρο του ορογόνου ελύτρου (2).

- Περιφερικά (ζώνη Β), υπάρχουν αγγεία που πορεύονται μέσα στο βραχύ καθεκτικό σύνδεσμο (μεσοτένοντα) (3), στο επίπεδο της κατάφυσης του Ε.Κ.Κ.Δ., στη δεύτερη φάλαγγα.

Στο μέσο των δύο ζωνών υπάρχει μια μη αγγειούμενη ζώνη, στο σημείο διχασμού του Ε.Κ.Κ.Δ. .

β. Στον τένοντα του Β.Κ.Κ.Δ., η αιματική παροχή συντελείται από τα εξής αγγεία :

- Κεντρικά (ζώνη Α), υπάρχουν αιμοφόρα αγγεία (5), (6) όμοια με εκείνα του Ε.Κ.Κ.Δ. τένοντα.

- Στην ενδιάμεση ζώνη (ζώνη Β), υπάρχουν αγγεία που πορεύονται μέσω του βραχέος και μακρού καθεκτικού συνδέσμου (μεσοτένοντα) (7).

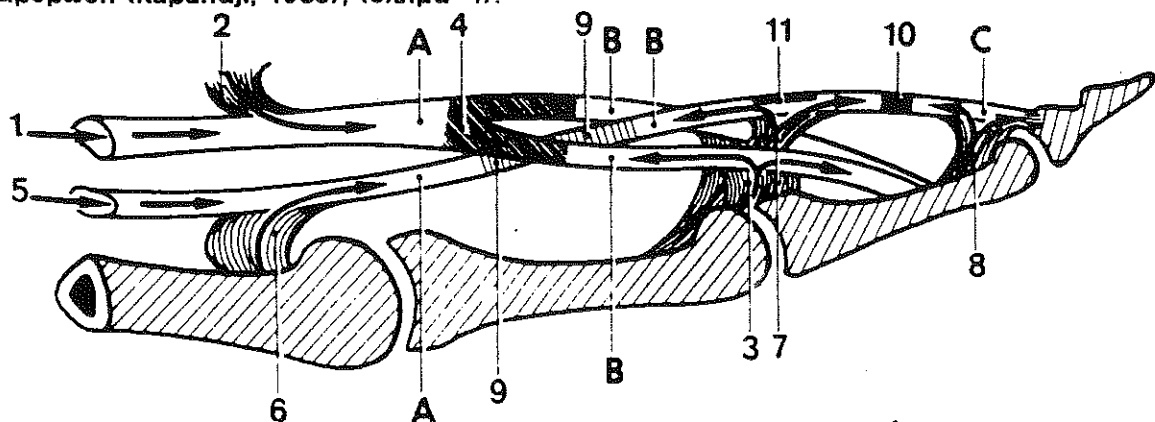
- Περιφερικά (ζώνη Γ), υπάρχουν αγγεία που πορεύονται μέσω των βραχέων καθεκτικών συνδέσμων (μεσοτενόντων) που προσάπτονται στην τρίτη φάλαγγα (8).

Έτσι, για το Β.Κ.Κ.Δ. υπάρχουν τρεις μη αγγειούμενες ζώνες :

Μια μικρή ζώνη (9) μεταξύ Α και Β.

Μια μικρή ζώνη (10) μεταξύ Β και Γ.

Μια περιφερική ζώνη (11) πλάτους 1 mm και ίση με το 1/4 της διαμέτρου του τένοντα. Η ζώνη αυτή σχετίζεται με την εγγύς μεσοφαλαγγική άρθρωση (Karandji, 1983), (σχήμα 1).



Σχήμα 1. Αιματική παροχή και ζώνες υποαιμάτωσης Ε.Κ.Κ.Δ. και Β.Κ.Κ.Δ.

ΑΓΓΕΙΩΣΗ ΚΑΙ ΘΡΕΨΗ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Στο παρελθόν οι τένοντες είχαν περιγραφεί ως κατασκευές χωρίς αγγείωση. Ο Berkenbusch (1887), πρώτος περιέγραψε το αγγειακό σχήμα των καμπτήρων τενόντων. Έκανε, βάση μελετών, τρεις παρατηρήσεις, αξιόλογες σε σχέση με τις σύγχρονες γνώσεις μας για τους τένοντες.

α. Ο τένοντας αγγειώνεται από παλαμιαία αγγεία και από βραχέα, μεσεντερικά αγγεία του χαλινού του, τόσο μέσα στο έλυτρό του όσο και στην κατάφυσή του.

β. Οι δύο καμπτήρες τένοντες έχουν περιοχές χωρίς αγγείωση, που σε εφηβικούς τένοντες είναι εμφανέστερες από ότι σε εμβρυικούς και παιδικούς.

γ. Τα περισσότερα αγγεία επίκεινται του τένοντα. Όσα εισέρχονται στην ουσία του καταλήγουν μάλλον σε θηλιές (βρόχους), παρά σε τριχοειδικό δίκτυο. Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις φαίνεται ότι η αιμάτωση του τένοντα δεν είναι ιδιαίτερα πλούσια.

Σύμφωνα με σύγχρονες απόψεις νεότερων μελετητών έχει σχηματιστεί μια θεωρία όσον αφορά στη θρέψη των τενόντων. Εφ' όσον η ισχνή, σχετικά, αιμάτωση των καμπτήρων τενόντων δεν μπορεί να προσφέρει ολοκληρωμένη θρέψη, για να καλύψει τις μεταβολικές ανάγκες του τενόντιου ιστού, φαίνεται ότι

αυτές καλύπτονται επίσης από μια δεύτερη θεραπευτική οδό, της διάχυσης του περιβάλλοντος ορογόνου υγρού (Arai, 1907).

α. Διάχυση καλείται η μεταφορά στερεών συστατικών, διαλυμένων σε υγρό, από έναν ιστό σε άλλον.

β. Διίδρωση ονομάζεται η μεταφορά υγρών συστατικών από έναν ιστό σε έναν άλλο (αιματική παροχή).

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΟΔΟΙ ΚΑΜΠΗΤΗΡΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

α. Διάχυση

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει στενή ανατομική σχέση μεταξύ του βραχέος αγγειοφόρου καθεκτικού συνδέσμου (χαλινός), που αιματώνει τον Ε.Κ.Κ.Τ. και του μακρού χαλινού, που οδηγείται στον Β.Κ.Κ.Τ. (Leffert και συν, 1974 ; Caplin και συν, 1975). Επειδή ακριβώς ο μακρός χαλινός αποτελεί κλάδο του βραχέος, τονίζεται η σημαντικότητα της διατήρησης της αγγείωσης στον Ε.Κ.Κ.Τ., στην κατάφυσή του, ώστε να διατηρηθεί επαγωγικά η θρέψη και η επιβίωση και του Β.Κ.Κ.Τ. (Leffert - Caplin). Θεωρητικά, η αγγείωση αν και είναι φτωχή στους τένοντες αυτούς, είναι επαρκής για την κάλυψη των βασικών μεταβολικών αναγκών τους (Peacock, 1959).

Η διάχυση υποστηρίχθηκε ως βασική θεραπευτική οδός από τον Potenza το 1963, ο οποίος χαρακτηριστικά είχε δηλώσει ότι : "Οι καμπήρες τένοντες μέσα στο έλυστρό τους μπορούν να πάρουν όλη ή τα περισσότερα θεραπευτικά τους συστατικά, μέσω ανταλλαγής με το περιβάλλον ορογόνο υγρό". Η άποψη αυτή υποστηρίχθηκε και από άλλους ερευνητές (McDowell, 1977) και αποδείχθηκε, πλέον, η ύπαρξη των αγγειακών θηλειών, μέσω των οποίων το ορογόνο υγρό υποτίθεται ότι διαχέεται στα τενόντια κύτταρα.

Ωστόσο, παράμένουν οι διιστάμενες απόψεις για το ποιά εκ των δύο οδών είναι ζωτικότερης σημασίας. Πολλές μελέτες έχουν γίνει για τον καθορισμό του ρόλου κάθε τροφικής οδού και τη σύγκρισή τους. Μετά από ένεση μιας ραδιενεργά-εντοπίσιμης ουσίας, μελετήθηκε το ποσοστό απορρόφησής της από κάθε οδό, στο πλαίσιο σειράς ερευνών σε πειραματόζωα. Τα αποτελέσματα συνέκλιναν στο συμπέρασμα ότι η διάχυση είναι αποτελεσματικότερη θεραπευτική δίοδος σε σχέση με την αγγειακή διίδρωση. Επιπλέον, αποδεικνύεται ότι σε απουσία κάθε αγγειακής σύνδεσης, η διάχυση μπορεί αποτελεσματικά να παρέχει θεραπευτικά συστατικά σε όλα τα σημεία του τένοντα (Manske και συν, 1978 ; 1979 ; 1982 ; 1983 ; 1985 ; 1987). Παρόμοιες μελέτες επιβεβαίωσαν τη σχετική σημασία της διάχυσης ως θεραπευτικής οδού (Lundborg, 1980 ; Landi και συν, 1983 ; Weidman και συν, 1984).

Με σκοπό να υπολογιστεί η συγκέντρωση μιας ουσίας στο αίμα και ακολούθως το ποσοστό αυτής που απορροφάται από έναν ιστό, αναφέρεται ο όρος εκκαθάριση. Η εκκαθάριση εκφράζει το διαχεόμενο ποσοστό των θεραπευτικών συστατικών, ενώ η αιματική παροχή το διιδρώμενο ποσοστό αυτών.

Σε μελέτες, που σύγκριναν την αιματική ροή σε άθικτους τένοντες με την εκκαθάριση ραδιενεργά-εντοπίσιμων ουσιών, διαφάνηκε ότι η εκκαθάριση ήταν

σαφώς μεγαλύτερη (υψηλότερη) από την αιματική ροή, σε όλους τους υπό μελέτη τένοντες, αποδεικνύοντας πάλι ότι η διάχυση από τους γύρω ιστούς μπορεί να είναι σημαντική για την επαρκή θρέψη των τενόντων. Σε μια μελέτη, συγκεκριμένα, η εκκαθάριση της ραδιενεργού ουσίας, που χρησιμοποιήθηκε, ήταν 2 έως 4 φορές μεγαλύτερη από τον όγκο του αίματος, που έρεε στον τένοντα την ίδια στιγμή. Αυτό ίσχυε για όλους τους μελετούμενους τένοντες. Επαγωγικά, υπήρχε μεγαλύτερη ποσότητα της ραδιενεργού αυτής ουσίας, απ' ό,τι θα μπορούσε να είχε προσφερθεί μόνο μέσω της αιματικής ροής. Άρα η ουσία πρέπει να εισέβαλε στον τένοντα από άλλη οδό. Έτσι, υποστηρίζεται η θεωρία της διάχυσης, από τους πέριξ ιστούς, ως σημαντικής τροφικής οδού, από άποψη ανταλλαγής θρεπτικών ουσιών και μεταβολιτών (Hooper και συν, 1984).

Έχει παρατηρηθεί ότι ένας καμπτήρας τένοντας, αποκομμένος από κάθε αγγειακή του σύνδεση, όταν επανατοποθετηθεί στο έλυτρο του (το ορογόνο τενόντιο έλυτρο), διατηρεί τη ζωτικότητα του, χωρίς αγγειακές συμφύσεις με τους περιβάλλοντες ιστούς. Η παραπάνω παρατήρηση δείχνει, ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η διάχυση των θρεπτικών συστατικών μπορεί να αποτελέσει μία εναλλακτική θρεπτική οδό, εφ' όσον η ζωτικότητα των τενόντων διατηρείται μόνο με αυτή. Παράλληλα, σημειώνεται η ανεξαρτησία της διάχυσης, εφ' όσον επαρκεί για τη θρέψη, χωρίς να υπάρχει η βιολογική ανάγκη παροχής επιπλέον αιμάτωσης, μέσω των συμφύσεων (Matthews, 1976 ; Lundborg, 1976).

Συμπεραίνεται, τοιούτοτρόπως, ότι οι καμπτήρες τένοντες μέσα στο ορογόνο τους έλυτρο, είναι ικανοί να καλύψουν όσες ή τουλάχιστον τις περισσότερες θρεπτικές τους απαιτήσεις μέσω της διάχυσης του ορογόνου υγρού. Το ερώτημα, ωστόσο, μένει όσον αφορά την προέλευση του ορογόνου υγρού. Προτείνεται ότι το ορογόνο υγρό σχηματίζεται από ένα σύστημα αγγειακών θηλειών και διαχέεται μέσω των πόρων του τοιχώματός τους στον ενδοελυτρικό χώρο. Από εκεί, στη συνέχεια, ο τένοντας απορροφά τις απαραίτητες για την επιβίωση του ουσίες (Mc Dowell & Snyder, 1977).

Ο μηχανισμός με τον οποίο επιτελείται η απορρόφηση των ουσιών από τον τένοντα παρουσιάζει ιδιαίτερο μηχανικό ενδιαφέρον. Η διανομή του ορογόνου υγρού στα τενόντια κύτταρα γίνεται μέσω ενός αγωγού συστήματος, με τη βοήθεια της κίνησης του τένοντα μέσα στα ινώδη έλυτρα (pulleys). Τα pulleys παρέχουν μια ανένδοτη, αντιτιθέμενη επιφάνεια στην παλαμιαία μη αγγειούμενη περιοχή των καμπτήρων τενόντων. Έτσι, τα pulleys αντιστέκόμενα στην ολίσθηση του τένοντα, από τη μία διευκολύνουν τη λίπανση του με το ορογόνο υγρό (διευκόλυνση ολίσθησης) και από την άλλη την εισροή των θρεπτικών συστατικών εντός του τένοντα, με έναν τρόπο παρεμφερή με εκείνον, που συναντούμε στον αρθρικό χόνδρο. Ο μηχανισμός που περιγράφηκε εξηγεί την άντληση του ορογόνου υγρού και τη διάχυσή του στον τένοντα και για το λόγο αυτό ονομάζεται αντλητικός μηχανισμός (pumping mechanism) (Weber και συν, 1987).

Θα πρέπει στο σημείο αυτό να αναφερθεί η πιθανή λειτουργική θρεπτική συσχέτιση του τένοντα και του ινώδους ελύτρου του. Οι παλαμιαίες μη αγγειούμενες περιοχές των καμπτήρων τενόντων εκτίθενται σε συμπιεστικές δυνάμεις. Έχει δειχθεί ότι οι παλαμιαίες αυτές περιοχές έχουν όντως αυξημένη διαχυτική ικανότητα. Η ικανότητα αυτή αυξάνεται με την ολίσθηση δίκην εμβόλου του τένοντα μέσα στον οστεοινώδη σωλήνα. Επαληθεύεται, έτσι, η λειτουργία του

αντλητικού μηχανισμού που εξασφαλίζει τη θρέψη του τένοντα, λειτουργία παρόμοια με αυτή του αρθρικού χόνδρου.

Σε γενικές γραμμές, αναφορικά με τη Ζώνη II των καμπτήρων τενόντων, η διείδρωση φαίνεται λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με τη διάχυση στην παροχή των απαραίτητων ουσιών στους τένοντες (Manske & Lesker, 1984). Από πειράματα εξάλλου που έγιναν σε σκύλους έδωσαν το ίδιο πόρισμα. Πράγματι, εφ' όσον το σύστημα των αγγειοφόρων καθεκτικών συνδέσμων στους σκύλους είναι ελάχιστο ανεπτυγμένο, η μόνη δυνατότητα για την επούλωση των τενόντων προέρχεται από το φαινόμενο της διάχυσης του ορογόνου υγρού.

Σύμφωνα με παρατηρήσεις, η ροή αίματος στον εν τω βάθει Κ.Κ.Τ. είναι μικρότερη από ότι στον Ε.Κ.Κ.Τ. Το ίδιο μικρότερη είναι και η εκκαθάριση, σύμφωνα με μελέτες. Η σχετικά φτωχή αγγείωση του Β.Κ.Κ.Τ. εξηγεί τη μειωμένη αιματική παροχή. Η χαμηλή εκκαθάριση είναι δύσκολο όμως να εξηγηθεί. Δεδομένου ότι η διάχυση πραγματοποιείται στο επίπεδο επαφής του τένοντα με το έλντρο του, η χαμηλή εκκαθάριση ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι ο Β.Κ.Κ.Τ. χωρίζεται από το ορογόνο έλντρο λόγω της παρεμβολής μεταξύ τους του Ε.Κ.Κ.Τ., μιλώντας βέβαια για τη Ζώνη II.

Β. Διείδρωση

Εκτός από τη διάχυση, είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί και ο ρόλος της αγγειακής διείδρωσης στη θρέψη των τενόντων.

Μια αναλυτικότερη προσέγγιση της αγγείωσης του καμπτήρα τένοντα αποκαλύπτει ότι, εκτός έλντρου, οι τένοντες αιματώνονται πλήρως από περιεπισσόμενα αγγεία που φτάνουν σε αυτούς. Ο τύπος αυτός της αγγειακής θρέψης καλύπτει και το κεντρικότερο άκρο του ενδοελντρικού τένοντα. Μέσα στο έλντρο το αίμα μεταφέρεται στους τένοντες μέσω του χαλινού (αγγειοφόρος καθεκτικός σύνδεσμος), που δεν είναι παρά μια πτύχωση του μεσοτένοντα. Ο αριθμός των χαλινών ποικίλλει ανά δάκτυλο και αυξάνεται ανάλογα με την ηλικία. Μεταξύ των χαλινών υπάρχουν οι προαναφερθείσες ζώνες υποαγγείωσης, που επίσης ποικίλλουν σε μέγεθος και αριθμό ανά δάκτυλο και αυξάνονται σε έκταση με την ηλικία. Αυτές βρίσκονται στην παλαμιαία επιφάνεια των καμπτήρων τενόντων (Amadio και συν, 1985).

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΓΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΕΙΔΡΩΣΗΣ

Σε πειραματικά διατμημένους τένοντες που επουλώνονται σχηματίζονται συμφύσεις, μόνο εαν ο τραυματισμός αφορά και το σύστημα των χαλινών. Αυτό επισημαίνει, ότι αν και η ορογόνος θρέψη είναι επαρκής, παρ' όλα αυτά τόσο η ορογόνος όσο και η αιματική οδός είναι σχεδόν εξίσου απαραίτητες για την επούλωση μεγάλων τενόντιων τραυματισμών, ειδικά σε τενόντια τμήματα με καλή ανεπτυγμένη αγγείωση (Matthews, 1976). Πολλοί μελετητές, γνωρίζοντας τις μη αγγειούμενες τενόντιες περιοχές, συμφώνησαν με την παραπάνω σημείωση, λέγοντας ότι αμφότερες οι θεραπευτικές οδοί (διάχυση- διείδρωση) δεν πρέπει να υποτιμούνται, καθώς συμβάλλουν στη θρέψη του τένοντα.

Η θρέψη του τένοντα δεν μπορεί να είναι ικανοποιητική όταν έχουμε τραυματισμό του συστήματος των χαλινών, έστω και αν η διάχυση επιτελείται ομαλά.

Η παροχή θρεπτικών συστατικών γίνεται, επομένως, μέσω της ορογόνου αλλά και της αγγειακής οδού.

Όπου αμφότερες είναι παρούσες, αμφότερες είναι σημαντικές. Μόνο αν η συγκεκριμένη τενόντια περιοχή δεν έχει τόσο καλή ανεπτυγμένη αγγείωση, όπως στην παλαμιαία επιφάνεια, η διάχυση υπερέχει της διόδρωσης. Συμπερασματικά η διάχυση διαδραματίζει ζωτικό ρόλο, μόνο όπου υπάρχει ορογόνο έλυτρο (Amadio και συν, 1985).

Συνοπτικά, οι καμπήρες τένοντες στο απώτερο αντιβράχιο και στην παλάμη προσλαμβάνουν τα θρεπτικά συστατικά τους μέσω της αγγειακής διόδρωσης, από τα επιμήκως τοποθετημένα αγγεία των δακτύλων που επίκεινται του παρατένοντα. Αντίθετα, τα ενδοελυτρικά τμήματα των καμπήρων τενόντων έχουν μια διπλή πηγή θρεπτικής παροχής, την αγγειακή διόδρωση μέσω του συστήματος των χαλινών του τένοντα και τη διάχυση των θρεπτικών ουσιών από το ορογόνο υγρό. Είναι λογικό ότι στις υποαγγειούμενες και μη αγγειούμενες περιοχές, η διάχυση αναλαμβάνει κατ' εξοχήν το θρεπτικό ρόλο.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΡΩΙΜΗΣ ΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗ ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΟΥΛΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΜΠΗΡΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Είναι γενική διαπίστωση ότι η ακινητοποίηση αδρανοποιεί τον τένοντα και επιβραδύνει την επουλωτική διεργασία. Σε μελέτη που αφορούσε την επούλωση πειραματικά προκεκλημένων διατομών σε τένοντες με την τέως κλασσική μέθοδο αντιμετώπισης, την ακινητοποίηση, έδειξε ότι απουσίαζε κάθε εσωτερική απάντηση από τον τένοντα και όλα τα επουλωτικά κύτταρα έφταναν από το έλυτρο και τους πέριξ μαλακούς ιστούς, μέσω συμφύσεων (Potenza, 1963). Είναι, λοιπόν, φανερό ότι η ακινητοποίηση ενεργοποιεί το σχηματισμό συμφύσεων και επιδεινώνει την ικανότητα επουλωτικής απάντησης του ίδιου του τένοντα. Η πρώιμη κινητοποίηση μεταξύ άλλων :

α. Περιορίζει το σχηματισμό των συμφύσεων.

β. Αυξάνει την τροφικότητα των τενόντων.

γ. Βελτιώνει την επουλωτική διεργασία, δίνοντας βέλτιστα κλινικά αποτελέσματα.

Έχει αποδειχθεί ότι η εκτομή ή η μη συρραφή του ορογόνου ελύτρου έχει καταλυτικές επιδράσεις τόσο στη θρέψη των τενόντων, όσο και στην ολισθηρότητά τους. Με τη συρραφή ή την αντικατάσταση του ελύτρου με συνθετικό μόσχευμα, διατηρείται η ακεραιότητα του ορώδους περιβάλλοντος του τένοντα, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται η λίπανσή του, απαραίτητη για την επιτέλεση της ολισθητικής κίνησής του. Η πρώιμη κινητοποίηση συμβάλλει προς την ίδια κατεύθυνση. Κατά πρώτο λόγο, η μετακίνηση του τένοντα, μέσα στο οστεοινώδες έλυτρο, δεν επιτρέπει την ανάπτυξη περιοριστικών συμφύσεων με τους πέριξ ιστούς (μηχανική κατάλυση). Συγκεκριμένα, ολισθητική κίνηση 3 - 5 mm

του τένοντα, βοηθά σημαντικά στην αποφυγή συμφύσεων στη συρραμμένη περιοχή της Ζώνης II (Duran & Houser, 1975).

Από μια άλλη άποψη, η μείωση των συμφύσεων φαίνεται να οφείλεται και στη λειτουργική βελτίωση της θρέψης του τένοντα. Πράγματι, ο προσρισμός των συμφύσεων έχει βρεθεί ότι είναι η μεταφορά ανακατασκευαστικών, "επουλωτικών" κυττάρων στην τραυματισμένη περιοχή. Είναι δηλαδή περιφερικοί, εξωτενόντιοι σχηματισμοί, που χρησιμεύουν ως γέφυρες προσαγωγής τόσο επουλωτικών κυττάρων (ινοβλάστες) όσο και αιμοφόρων αγγείων στον τένοντα. Όπως ήδη περιγράφηκε, η τενόντια ολίσθηση, δηλαδή η παραγωγή τάσης στον τένοντα, ενεργοποιεί τον αντλητικό μηχανισμό, με αποτέλεσμα η θεραπευτική παροχή στον τένοντα να αυξάνεται και η ανάγκη των συμφύσεων να μειώνεται (Manske, 1988). Σχηματίζεται, λοιπόν, μια λειτουργική σύζευξη μεταξύ ολίσθησης, αντλητικού μηχανισμού και συμφύσεων, στην οποία διατηρείται μια δυναμική σχέση αλληλεξάρτησης.

Όπως είναι αναμενόμενο, η πρόωμη κινητοποίηση, βελτιώνοντας τις θεραπευτικές συνθήκες προάγει και την επούλωση, τόσο ποιοτικά όσο και χρονικά. Πράγματι, σε επουλώμενους τένοντες που αντιμετωπίστηκαν με πρόωμη κινητοποίηση τα "διορθωτικά" κύτταρα προέρχονται από τον επιτένοντα, δηλαδή από τον ίδιο τένοντα. Η αυτογενής αυτή επούλωση εκδηλώνεται με τον πολλαπλασιασμό και τη μετανάστευση των επιτενόντιων κυττάρων, που επιτόπου παράγουν το απαραίτητο κολλαγόνο, για την αποκατάσταση της βλάβης (Gelberman και συν, 1983). Οπότε, τοιουτοτρόπως, εξοικονομείται από τη μία χρόνος και από την άλλη ο τένοντας επουλώνεται ενδογενώς, χωρίς συμφύσεις. Η πρόωμη, ελεγχόμενη κινητοποίηση δείχνει, λοιπόν, να ενεργοποιεί μια ενδογενή, επουλωτική αντίδραση. Επομένως βελτιώνεται η ποιότητα της βιολογικής επουλωτικής διαδικασίας.

Παραμφερείς μελέτες δείχνουν ότι η ακινησία στερεί σημαντικά τους τένοντες από την παραπάνω επουλωτική τους ικανότητα, βασίζοντας, έτσι, την επουλωτική διεργασία στην ανάπτυξη ινοβλαστών από τους πέριξ ιστούς. Με την πρόωμη κινητοποίηση το αποτέλεσμα, εκτός από ταχύτερο, εμφανίζει και κατασκευαστικά πλεονεκτήματα, όπως καλύτερη συγκόλληση των κολωβμάτων και αρτιότερη αποκατάσταση της ολίσθητικής επιφάνειας. Επιπρόσθετα, παρατηρείται σχεδόν φυσιολογική αποκατάσταση της αγγείωσης του τένοντα, στην υπό επούλωση περιοχή σε χρόνο ικανοποιητικό (Gelberman και συν, 1983).

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗ ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΟΥΛΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΜΠΗΤΡΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Από την άλλη μεριά, η επίδραση της ακινητοποίησης επιφέρει αντίθετα αποτελέσματα, δυσχεραίνοντας την αποκατάσταση του ολίσθητικού μηχανισμού. Η "συγκόλληση" του τένοντα οφείλεται στην ανάπτυξη πολυάριθμων, σκληρών, ινωδών συμφύσεων που όπως προεβλέπη δεν αποτελούν παρά γέφυρες προσαγωγής αιμοφόρων αγγείων και θεραπευτικών συστατικών στον επουλώμενο τένοντα. Βέβαια η επούλωση, αν και χαμηλότερης ποιότητας, είναι ασφαλέστερη κατά την ακινησία διότι οι συμφύσεις σταθεροποιώντας το τραύμα εξαλείφουν

κάθε ενδεχόμενο επαναδιατομής του τένοντα. Το μηχανικό αυτό πλεονέκτημα, ωστόσο, δεν έχει σημαντική αξία σε σχέση με τα σημαντικότερα μειονεκτήματα.

Η ανάπτυξη των "αγγειαγωγών γεφυρών" (συμφύσεις) φαίνεται να οφείλεται εν μέρει και στην έλλειψη άρτης θεραπευτικής οδού. Πράγματι, με την ακινησία δεν επιτελείται η άντληση του ορογόνου υγρού του ελύτρου προς τον τένοντα. Έτσι, μόνη θεραπευτική οδός παραμένει η αγγειακή διήδρωση, που γίνεται μέσω των αγγείων τα οποία φέρονται με τις συμφύσεις. Είναι αυτονόητο ότι ο τένοντας προσδεδεμένος στους πέριξ ιστούς και ιδιαίτερα στο ορογόνο έλυτρο χάνει παντελώς την ολισθητική τους ικανότητα, με συνέπεια το αποτέλεσμα της επούλωσης να είναι φτωχό και το χειρουργηθέν δάκτυλο μη λειτουργικό (Gelberman και συν, 1983).

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΗ ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΟΥΛΩΣΗ ΤΩΝ ΚΑΜΠΤΗΡΩΝ ΤΕΝΟΝΤΩΝ

Είναι ενδιαφέρον να εξετάσουμε τις συνέπειες από την καθυστερημένη έναρξη ενός προγράμματος κινητοποίησης σε έναν επουλώμενο τένοντα. Οπωσδήποτε, οι οργανικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα και που αναφέρθηκαν πριν κατά την ακινητοποίηση, συμβαίνουν επακριβώς και στην περίπτωση της κινητοποίησης σε δεύτερο χρόνο. Η μόνη διαφορά είναι ότι η κίνηση, έστω και καθυστερημένα, καταφέρνει να επανορθώσει τα "κατασκευαστικά μειονεκτήματα" της ακινησίας. Πρώτα και κύρια, τίθεται σε λειτουργία ο αντλητικός μηχανισμός και έτσι ανοίγει η διαχυτική θεραπευτική οδός προς τον υπό επούλωση τένοντα. Η έναρξη της θρέψης καθιστά τον τένοντα αυτόρκτη και έτσι οι συμφύσεις παύουν να αναπτύσσονται, σε μεγάλο τουλάχιστον βαθμό. Έχουμε δηλαδή λειτουργική αναίρεση της αναγκαιότητάς τους. Οι ήδη υπάρχουσες στερεές συμφύσεις με την εξέλιξη του προγράμματος κινητοποίησης "μαλακώνουν", λειταίνονται και γίνονται ελαστικότερες, με αποτέλεσμα να επιτρέπουν την τενόντια μετατόπιση και την κίνηση.

Έχει αποδειχθεί ότι ακόμα και η καθυστερημένη εγχείρηση και κινητοποίηση μπορούν να εγγυηθούν πολύ καλά αποτελέσματα όταν η γενική κατάσταση, συμπεριλαμβανομένης της αιμάτωσης του δακτύλου, είναι καλή.

Είναι φανερό ότι η επούλωση είναι μια φυσιολογική, οργανική διεργασία που επιτελείται με καθορισμένο τρόπο, ανεξάρτητα της ακολουθούμενης αγωγής. Τα διάφορα πρωτόκολλα αντιμετώπισης παίζουν καθοριστικό ρόλο όσον αφορά στην ποιότητα της επούλωσης και το λειτουργικό αποτέλεσμά της. Σαφώς, η κινητοποίηση φαίνεται να είναι η ευνοικότερη, αν και όχι η ασφαλέστερη, θεραπευτική προσέγγιση.

Οι απόψεις αυτές για τη θρέψη και την επούλωση των καμπτήρων τενόντων μπορούν να εφαρμοστούν στην προσέγγιση ασθενών με τραυματισμούς στη Ζώνη II: Ο σκοπός είναι η επίτευξη του καλύτερου δυνατού περιβάλλοντος για τη διατήρηση της ζωτικότητας του τένοντα. Το έλυτρο συρράπτεται, για να εξασφαλιστούν οι δυνατότητες θρέψης μέσω διάχυσης του ορογόνου υγρού. Μετεγχειρητικά, χρησιμοποιούνται τεχνικές πρόωμης κινητοποίησης για να πραγματοποιηθεί η εφαρμογή ελεγχόμενης τάσης στην επουλώμενη περιοχή. Έτσι,

ενεργοποιείται η σύνθεση των τενοντοκυττάρων (ινοβλαστών) και προωθείται ο αντλητικός μηχανισμός, δηλαδή η διάχυση του ορογόνου υγρού στον τένοντα (Amadio και συν, 1985).

Βιβλιογραφία

- Αθανασόπουλος Σ.Ι., "Κίνησηθεραπεία", Αθήνα: Χρ. & Γ. Παραμανίδης Ο.Ε., 1989, 28-39.
- Fung Y.C.B., "Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues", New York: Springer Verlag, 222, 1981.
- "Gray's Anatomy", 35th Edition, Longman, 1973.
- Hunter J.M., Schneider L.H., Macklin E., "Tendon Surgery in the Hand", Weber E.R., Hardin G., Haynes D., "Synovial Fluid Nutrition of Flexor Tendon", St Louis: C.V. Mosby Company, 1987.
- Kapandji I.A., "The Physiology of the Joints", Volume One, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1983, 192-193.
- Green D.P., "Operative Hand Surgery", 2nd Edition, Volume 3, Leddy J.P., "Flexor Tendons-Acute Injuries", 1988, 1935-1968.
- Manske P.R., Lesker P.A., "Diffusion as a Nutrient Pathway to the Flexor Tendon", In: Tendon Surgery in the Hand, Hunter J.M., Schneider L.H., Macklin E., St Louis: C.V. Mosby Co, 1987, 86-90.
- Nordin M. & Frankel V.H., "Basic Biomechanics of the Skeletal System", Philadelphia: Lea & Febiger, 1980, 87-108.
- Nordin M. & Frankel V.H., "Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System", 2nd Edition, Philadelphia-London: Lea & Febiger, 1989, 59-71.
- Πισίδης Αλ., "Ανατομική-Βασικές Γνώσεις", Εκδόσεις Λύχνος, 1984.
- Platzer W., "Εγχειρίδιο Ανατομικής του Ανθρώπου", Τόμος 1, Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσα, 1984.
- Tubiana R., "The Hand", Chapter 2, Bonnel F. & Baldet P. "General Organization of the Tendon (Intratendinous Structure)", 1988, 6-10.
- Vlidiik A., "Mechanical Properties of Parallel-Fibred Collagenous Tissues", In Biology of Collagen, London: Academic Press, 1980, 237-255.
- White A. & Panjabi M., "Clinical Biomechanics of the Spine", Toronto: Ed. J. B. Lippincott Company, 1978.

Αρθρογραφία

- Abrahams M., "Mechanical Behaviour of Tendon In Vitro", Medical & Biological Engineering, 5, 433-443, 1967.
- Adolfsson L., Soderberg G., Larsson M., Karlander L-E., "The Effects of a Shortened Postoperative Mobilization Programme after Flexor Tendon Repair in Zone 2", The Journal of Hand Surgery, 21B, 1, 1996.
- Akeson W.H., Woo S. L-Y., Amiel D., "The Connective Tissue Response to Immobility: Biochemical Changes in Periarthicular Connective Tissues of the Immobilised Rabbit Knee", Clinical Orthopaedics & Related Research, 93, 356, 1973.
- Amadio P.C., Jaeger S.H., Hunter J.M., "Nutritional Aspects of Tendon Healing", The Hand, 373-378, 1985.

- Amadio P.C., Hunter J.M., Jaeger S.H., Wehbe M.A., Schneider L.H., "The Effect of Vincular Injury on the Results of Flexor Tendon Surgery in Zone 2", *Journal of Hand Surgery*, 10A, 5, 626-632, 1985.
- Amiel D., Woo S. L-Y., Harwood F.L., Akeson W.H., "The Effect of Immobilization on Collagen Turnover in Connective Tissue: A Biochemical-Biomechanical Correlation", *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 53, 325-332, 1982.
- Arai H., "Die Blutgefasse der Sehnen", *Anatomische Hefte*, Wiesbaden, 434, 363-382, 1907.
- Bailey A.J., Robins S.P., Ballan G., "Biological Significance of the Intermolecular Cross-Links of Collagen", *Nature*, 251, 105-109, 1974.
- Benedict J.V., Walker L.B., Harris E.H., "Stress-Strain Characteristics and Tensile Strength of Embalmed Human Tendon", *Journal of Biomechanics*, 1, 1968.
- Berkenbusch H., "Die Blutversorgung der Beugesehnen der Finger", *Nachrichten der Koniglichen Gesellschaft der Wissenschaften*, 14, 403-406, 1887.
- Birdsell D.C., Tustanoff E.R., Lindsay W.K., "Collagen Production in Regenerating Tendon", *Plastic and Reconstructive Surgery*, 37, 504, 1966.
- Bunker T.D., Potter B., Barton N.J., "Continuous Passive Motion Following Flexor Tendon Repair", *Journal of Hand Surgery*, 14B, 4, 406-411, 1989.
- Butler D.L., Ground E.S., Noyes F.R., Zernicke R.F., "Biomechanics of Ligaments and Tendons", *Exercise and Sports Science Review*, 6, 125-181, 1978.
- Caplan H.S., Hunter J.M., Merklm R.J., "Intrinsic Vascularization of Flexor Tendons", in *American Academy of Orthopaedic Surgeons, Symposium of Tendon Surgery in the Hand*, St Louis, C.V. Mosby Company, 48-58, 1975.
- Chow J.A., Thomes L.J., Dovel S. et al, "Controlled Motion Rehabilitation After Flexor Tendon Repair and Grafting", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 70B, 4, 591-595, 1988.
- Cowan R.J., Courtemanche A.D., "An Experimental Study of Tendon Suturing Techniques", *Canadian Journal of Surgery*, 2, 373, 1959.
- Cullen K.W., Tolhurst P., Lang D., Page R.E., "Flexor Tendon Repair in Zone 2 Followed by Controlled Active Mobilization", *Journal of Hand Surgery*, 14B, 4, 392-395, 1989.
- Duran R.J., Houser R.G., "Controlled Passive Motion Following Flexor Tendon Repair in Zones 2 and 3", in *American Academy of Orthopaedic Surgeons, Symposium on Tendon Surgery in the Hand*, St Louis, C.V. Mosby Company, 105-114, 1975.
- Elliot D.H., "Structure and Function of Mammalian Tendon", *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 40, 392- 421, 1965.
- Elliot D.H., "The Biomechanical Properties of Tendon in Relation to Muscular Strength", *Annals of Physical Medicine*, 9, 1, 1967.
- Elliot D., Moiemmen N.S., Flemmind A.F.S., Harris S.B., Foster A.J., "The Rupture Rate of Acute Flexor Tendon Repairs Mobilized by the Controlled Active Motion Regimen", *Journal of Hand Surgery*, 19B, 5, 607-612, 1994.
- Feehan L.M., Beauchene J.G., "Early Tensile Properties of Healing Chicken Flexor Tendons: Early Controlled Passive Motion Versus Postoperative Mobilization", *Journal of Hand Surgery*, 15A, 1, 63-68, 1990.
- Flynn J.E., Graham J.H., "Healing of Tendon Wounds", *American Journal of Surgery*, 109, 315, 1965.
- Forward A.D., Cowan R.J., "Tendon Suture to Bone. An Experimental Investigation in Rabbits", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 45A, 807, 1963.

- Gelberman R.H., Amiel D., Gonsalves M., Woo S. L-Y., Akeson W.H., "The influence of Protected Passive Mobilization on the Healing of Flexor Tendons: A Biochemical and Microangiographic Study", *The Hand*, 13, 2, 120-128, 1981.
- Gelberman R.H., Woo S. L-Y., Lothringer K., Akeson W.H., Amiel D., "Effects of Early Intermittent Passive Mobilization on Healing Canine Flexor Tendons", *Journal of Hand Surgery*, 7A, 2, 170-175, 1982.
- Gelberman R.H., Vande Berg J.S., Lundborg G.N., Akeson W.H., "Flexor Tendon Healing and Restoration of the Gliding Surface. An Ultrastructural Study in Dogs", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 65A, 70-80, 1983.
- Hirsch C., "Tensile Properties During Tendon Healing", *Acta Orthopaedica Scandinavica*, Supplement 153, 1974.
- Hitchcock T.F., Light M.D., Bunch M.D. et al, "The Effect of Immediate Constrained Digital Motion on the Strength of Flexor Tendon Repairs in Chickens", *Journal of Hand Surgery*, 12A, 590-595, 1987.
- Hooper G., Davies R., Tuthill P., "Blood Flow and Clearance in Tendons", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 66B, 441-443, 1984.
- Karlander L-E., Berggren M., Larsson M., Soderberg G., Nylander G., "Improved Results in Zone 2 Flexor Tendon Injuries With a Modified Technique of Immediate Controlled Mobilization", *Journal of Hand Surgery*, 18B, 1, 1993.
- Kear M. & Smith R.N., "A Method for Recording Tendon Strain in Sheep During Locomotion", *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 46, 896-905, 1975.
- Landi A., Elves M., Piaggi W., "The Blood Flow of Rabbits' Tendons. Variation With Age, Activity and Hypoxia", *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 54, 832-835, 1983.
- Leffert R.D., Weiss C., Athanasoulis C.A., "The Vincula", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 56A, 1191, 1974.
- Levine J., Spinner M., Kenin A., "A Comparative Study of Tendon-to-Tendon and Tendon-to-Bone Suture-Line Strength", *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 48, 223, 1966.
- Lister G.D., Kleinert H.E., Kutz J.E., Atasoy E., "Primary Flexor Tendon Repair Followed by Immediate Controlled Mobilization", *Journal of hand Surgery*, 2, 6, 441-451, 1977.
- Lundborg G., "Experimental Flexor Tendon Healing Without Adhesion Formation. A New Concept of Tendon Nutrition and Intrinsic Healing Mechanisms", *Hand*, 8, 235, 1976.
- Lundborg G., Holm S., Myrhage R., "The Role Of the Synovial Fluid and Tendon Sheath for Flexor Tendon Nutrition", *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*, 14, 99, 1980.
- Manske P.R., Bridwell K., Lesker P.A., "Nutrient Pathways to Flexor Tendons of Chickens Using Tritiated Proline", *Journal of Hand Surgery*, 3, 4, 352-357, 1978.
- Manske P.R., Lesker P.A., Bridwell K., "Experimental Studies in Chickens on the Initial Nutrition of Tendon Grafts", *Journal of Hand Surgery*, 4, 6, 565-575, 1979.
- Manske P.R., Lesker P.A., "Nutrient Pathways of Flexor Tendons in Primates", *Journal of Hand Surgery*, 7, 5, 436-447, 1982.
- Manske P.R., Lesker P.A., "Comparative Nutrient Pathways to the Flexor Profundus Tendons in Zone II of Various Experimental Animals", *Journal of Surgical Research*, 34, 83-93, 1983.
- Manske P.R., Lesker P.A., "Histologic Evidence of Intrinsic Flexor Tendon Repair in Various Experimental Animals: An In Vitro Study", *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 182, 297-304, 1984.

- Manske P.R., Lesker P.A., Gelberman R.H., Rucinsky T.E., "Intrinsic Restoration of the Flexor Tendon Surface In the Non-Human Primate", *Journal of Hand Surgery*, 10A, 5, 620-637, 1985.
- Manske P.R., "Flexor Tendon Healing", *Journal of Hand Surgery*, 13B, 3, 237-245, 1988.
- Mason M.L. & Allen H.S. "The Rate of Healing of Tendons", *Annals of Surgery*, 113, 3, 424-456, 1941.
- Matthews P., "The Fate of Isolated Segments of Flexor Tendons Within the Digital Sheath. A Study In Synovial Nutrition", *British Journal of Plastic Surgery*, 29, 216, 1976.
- May E.J., Silfverskiold K.L., Sollerman C.J., "Controlled Mobilization after Flexor Tendon Repair in Zone II: A Prospective Comparison of three methods", *Journal of Hand Surgery*, 17A, 5, 942-952, 1992.
- Mc Dowell C.L., Snyder D.M., "Tendon Healing: An Experimental Model In the Dog", *Journal of Hand Surgery*, 2, 122, 1977.
- Nessler J.P., Amadio P.C., Berglund L.J., An K.-N., "Healing of Canine Tendon in Zones Subjected to Different Mechanical Forces", *Journal of Hand Surgery*, 17B, 5, 561-568, 1992.
- Noyes F.R., Torvik P.J., Hyde W.B., De Lucas J.L., "Biomechanics of Ligament Failure", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 56A, 1406-1418, 1974.
- Noyes F.R., "Functional Properties of Knee Ligaments and Alterations Induced by Immobilization", *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 123, 210-242, 1977.
- Parry D.A.D., Craig A.S., Barnes G.R.G., "Tendon and Ligament from the Horse: An Ultrastructural Study of Collagen Fibrils and Elastic Fibres as a Function of Age", *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, 203, 293-303, 1978.
- Parry D.A.D., "The Molecular and Fibrillar Structure of Collagen and its Relationship to the Mechanical Properties of Connective Tissue", *Biophysical Chemistry*, 29, 195-209, 1988.
- Peacock E.E. Jr, "A Study of the Circulation In Normal Tendons and Healing Grafts", *Annals of Surgery*, 149, 415, 1959.
- Peacock E.E. Jr, "Biological Principles in the Healing of Long Tendons", *Surgical Clinics of North America*, 45, 2, 461, 1965.
- Potenza A.D., "Tendon Healing within the Flexor Digital Seath In the Dog", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 44A, 49, 1962a.
- Potenza A.D., "Detailed Evaluation of Healing Processes In Canine Flexor Digital Tendons", *Milit. Med.*, 127, 34, 1962b.
- Potenza A.D., "Critical Evaluation of Flexor Tendon Healing and Adhesion Formation within Artificial Digital Sheaths. An Experimental Study", *Journal of Bone and Joint Surgery*, 45A, 1217, 1963.
- Rigby B.J., Hirai N., Splkes J.D., Eyring H., "The Mechanical Properties of Rat Tail Tendon", *Journal of Gen. Physiology*, 43, 265, 1959.
- Saldana M.J., Chow J.A., Gerbino P., Westerbeck P., Schacherer T.G., "Further Experience in Rehabilitation of Zone II Flexor Tendon Repair With Dunamic Traction Splinting", *Plastic and Reconstructive Surgery*, 87, 3, 543-546, 1991.
- Silfverskiold K.L., May E.J., "Flexor Tendon Repair in Zone II with a New Suture Technique and an Early Mobilization Program Combining Passive and Active Flexion", *The Journal of Hand Surgery*, 19A, 1, 53-60, 1994.
- Small J.O., Brennen M.D., Colville J., "Early Active Mobilization Following Flexor Tendon Repair in Zone 2", *Journal of Hand Surgery*, 14B, 4, 383-391, 1989.

- Steiner M., "Biomechanics of Tendon Healing", *Journal of Biomechanics*, 15, 12, 951-958, 1982.
- Strickland J.W., Glovac V., "Digital Function Following Flexor Tendon Repair in Zone II: A Comparison of Immobilization and Controlled Passive Motion Techniques", *Journal of Hand Surgery*, 5, 6, 537-543, 1980.
- Strickland J.W., "Biologic Rationale, Clinical Application and Results of Early Motion Following Flexor Tendon Repair", *Journal of Hand Therapy*, 2, 2, 71-83, 1989.
- Tanzer M.L., "Cross-Linking of Collagen", *Science*, 180, 561-566, 1973.
- Tipton C.M., Vallas A.C., Matthes R.D., "Experimental Studies on the Influences of Physical Activity of Ligaments, Tendons and Joints: A Brief Review", *Acta Medica Scandinavica, Supplementum*, 711, 157-168, 1986.
- Urbaniak J.R., Cahill J.D., Mortenson R.A., "Tendon Suturing Methods: Analysis of Tensile Strengths", In *American Academy of Orthopaedic Surgeons, Symposium of Tendon Surgery in the Hand*, St. Louis, C.V. Mosby Company, p. 70-80, 1975.
- Viidik A., "The Effect of Training on the Tensile Strength of Isolated Rabbit Tendons", *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*, 1, 141, 1967a.
- Viidik A., "On the Rheology and Morphology of Soft Collagenous Tissue", *Journal of Anatomy*, 105, 184, 1969.
- Viidik A., Danielsen C.C., Oxlund H., "On Fundamental and Phenomenological Models, Structure and Mechanical Properties of Collagen, Elastic and Glycosaminoglycan Complexes", *Biorheology*, 19, 437, 1982.
- Viljanto J., "Biochemical Basis of Tensile Strength in Wound Healing", *Acta Chirurgica Scandinavica, Supplementum* 333, 1964. Thesis.
- Weidman K.A., Simonet W.T., Wood M.B., Cooney W.P., Istrup D.M., "Quantification of Regional Blood Flow to Canine Flexor Tendons", *Orthopaedic Research Society*, 9, 324, 1984.
- Welsh R.B., Mac Nab I., Riley V., "Biomechanical Studies of Rabbit Tendon", *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 81, 171, 1971.
- Woo S. L.-Y., Akeson W.H., Amiel D., Convery F.R., Matthews J.V., "The Connective Tissue Response to Immobility: A Correlative Study of the Biomechanical and Biochemical Measurements of the Normal and Immobilized Rabbit Knee", *Arthritis and Rheumatism*, 18, 3, 257-264, 1975.
- Woo S. L.-Y., Gelberman R.H., Cobb N.G., Amiel D., Lothringer K., Akeson W.H., "The Importance of Controlled Passive Mobilization on Flexor Tendon Healing", *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 52, 615-622, 1981.
- Woo S. L.-Y., Gomez M.A., Woo Y.-K., Akeson W.H., "Mechanical Properties of Tendons and Ligaments II. The Relationships of Immobilization and Exercise on Tissue Remodelling", *Biorheology*, 19, 397-408, 1982.
- Zarins B., "Soft Tissue Injury and Repair-Biomechanical Aspects", *International Journal of Sports Medicine*, 3, 9-11, 1982.