

**MICROCURRENT STIMULATION**  
**WHY IT IS REPLACING MANY OTHER FORMS OF ELECTRICAL THERAPY**

**ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΜΕ ΜΙΚΡΟΡΕΥΜΑΤΑ**

**Γιατί αντικαθιστά πολλές άλλες μορφές ηλεκτροθεραπείας  
του Joel S. Rossen, DVM**

Εκείνοι που σήμερα χρησιμοποιούν εργαλεία που προκαλούν διέγερση με μικρορεύματα, επίσης γνωστά ως microtens (mTENS) (miniature transcutaneous electrical nerve stimulation – μικρή διαδερμική νευρική διέγερση) γνωρίζουν ήδη την αξιολογη αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης ασθενών που υποφέρουν από πόνους με την χρήση ρεύματος ισχύος μικρότερη του 1 μιλλιαμπέρ. Το παρόν άρθρο περιγράφει τις φυσιολογικές επιδράσεις των διεγέρσεων με μικρορεύματα. Για να διευκολύνουμε τη σύγκριση μεταξύ των μιλλιαμπέρ και της χρήσης συσκευών με μικρορεύματα, 1 μικροαμπερ (ua) είναι ένα εκατομμυριοστό ενός αμπέρ ή 1/1000 ενός μιλλιαμπέρ (Ma).

Μόλις πριν 10 χρόνια η έμφαση στη διαχείριση του πόνου άρχισε να αλλάζει κατεύθυνση από τη χρήση ρεύματος ισχύος μιλλιαμπέρ προς τη χρήση πολύ μικρότερων, βιολογικά συμβατών ρευμάτων που δύναται να έχουν επιδράσεις πολύ βαθύτερες από το να προλαβαίνουν απλά την αίσθηση του πόνου. Ακόμα και τότε ήταν ήδη φανερό ότι τα μικρά ρεύματα μέσα στο σώμα ήταν τουλάχιστον εν μέρει υπεύθυνα για το φαινόμενο της ανάπλασης των ιστών.

Η διαδερμική νευρική ηλεκτρική διέγερση (TENS) και η ηλεκτρογαλβανική διέγερση (EGS) αποτελούν οικείες μέθοδοι στους περισσότερους επαγγελματίες που εμπλέκονται στην πρακτική της φυσιατρικής. Γενικώς, τα ρεύματα που κυμαίνονται από 20 Ma έως 120 Ma εφαρμόζονται για να εμποδίσουν την νευρολογική μετάδοση των σημάτων του πόνου και διεγείρουν την απελευθέρωση ενδορφινών σε ασθενείς που υποφέρουν από χρόνιους ή έντονους πόνους. Υπάρχουν πολύ λίγες αποδείξεις ότι αυτές οι μέθοδοι έχουν μεγαλύτερο θεραπευτικό όφελος από την απλή εμπόδιση της αίσθησης του πόνου.

Η χρήση των ηλεκτρικών ρευμάτων στον τομέα της διαχείρισης του πόνου δεν είναι καινούργια. Στην πραγματικότητα, χρονολογείται εκατοντάδες χρόνια πριν επιτευχθεί η εμπορική παραγωγή, αποθήκευση και χαλιναγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια πρώιμη θεραπεία της αρθρίτιδας έβαζε τον ασθενή να στέκεται πάνω σε ένα ηλεκτρικά φορτισμένο ψάρι και να κρατάει την επαφή μέχρι να απαλλαγεί από τον πόνο.

Ευτυχώς με την έλευση της ηλεκτρονικής στερεάς κατάστασης στις περασμένες δεκαετίες, η χρήση της ηλεκτρικής διέγερσης έγινε ολοένα και περισσότερο σύνθετη και η αποτελεσματικότητά της ενισχύθηκε πολύ πέραν του σταδίου με το ηλεκτρικό ψάρι. Όμως, η πρώτη γενιά των ηλεκτρικών διεγερτών ήταν αρκετά ακατέργαστη σύμφωνα με τα σημερινά πρότυπα, χρησιμοποιώντας ρεύματα και κυματομορφές πολύ λιγότερο αποδοτικές από τις αντίστοιχες σήμερα.

Σκεφτείτε το εξής: πριν από 20 χρόνια, στις πρώτες μέρες της χρήσης του αντισυλληπτικού χαπιού, οι καθημερινές δόσεις 10 mg οιστραδιόλης θεωρούνταν φυσιολογικές. Μόνο μετά από αρκετά χρόνια χρήσης αυτών των δόσεων έγινε φανερό ότι όχι μόνο δεν χρειάζονταν, αλλά στην πραγματικότητα ευθύνονταν για μακροχρόνιες παρενέργειες, από προβλήματα θρόμβωσης μέχρι και την αυξημένη προδιάθεση στις καρδιακές προσβολές, τον καρκίνο και την υπέρταση.

Η αιτία των παρενεργειών δεν αποδείχθηκε να είναι τόσο φαρμακευτική καθαυτή τελικά, όσο ήταν οι επικίνδυνα υψηλές δόσεις που ήταν κάποτε δεδομένες. Σήμερα οι ασφαλείς και αποδοτικές δόσεις αντισυλληπτικών αντιστοιχούν μόλις στο 1% των πρώιμων δόσεων.

Ομοίως, στα αρχικά βήματα της ηλεκτρικής διέγερσης, οι δόσεις ηλεκτρισμού που εφαρμόζονταν στον ασθενή ήταν τόσο πολύ υψηλότερες από αυτές που φαίνονται να χρειάζονται σήμερα. Τα επίπεδα του ρεύματος ισχύος περίπου 20 έως 110 μιλλιαμπέρ ήταν και είναι ακόμα συνηθισμένα. Τα τελευταία 10 χρόνια μόνο, η ορθολογική βάση για τη χρήση μικρορευμάτων, συχνά λιγότερα του 1 % των επιπέδων ρεύματος που διατίθενται στις συσκευές με μιλλιρεύματα (millicurrent), έχει γίνει φανερή.

Μια ιστορική χρήση των μικρορευμάτων ήταν στους Ολυμπιακούς του 1984. Η Joanie Benoit, που κατείχε το ρεκόρ στο μαραθώνιο γυναικών, υπεβλήθη σε αρθροσκοπικό χειρουργείο του γόνατος 17 ημέρες μόνο πριν τους αγώνες. Ένας από τους ιατρούς που δούλευε μαζί μου εκείνη την εποχή είχε ήδη πετύχει εξαιρετικά αποτελέσματα χρησιμοποιώντας μια συσκευή με microtens που λεγόταν electro-acuscope, για να βοηθήσει τη Mary Decker Slaney με τα τραύματά της. Ως αποτέλεσμα η Joanie Benoit ζήτησε να υποβληθεί στην ίδια θεραπεία, η οποία άρχισε λιγότερο από μία εβδομάδα πριν τις δοκιμασίες, ενώ υπέφερε ακόμα πάρα πολύ. Όχι μόνο προκρίθηκε στους αγώνες, αλλά κέρδισε και το χρυσό.

Οι ιστορίες της χρήσης μικρορευμάτων στον κόσμο των αθλημάτων είναι πολλές και συμπεριλαμβάνουν ακόμα και την αξιοθαύμαστη ανάρρωση του Joe Montana από χειρουργείο στην πλάτη, ο οποίος κατάφερε να οδηγήσει τους Forty-Niners (ομάδα αμερικάνικου ποδοσφαίρου) στο κύπελλο το 1988-89. Οι αξιόλογες

επιδόσεις του Carl Lewis στους Ολυμπιακούς του 1988 απετέλεσαν επίσης νίκη των μικρορευμάτων.

Ο πρωτοπόρος της ήλεκτρο-ιατρικής, ο Δρ Robert O. Becker μας έχει δώσει το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας που εξηγεί την πρακτική αξία των μικρορευμάτων. Αυτός πρώτο-περιέγραψε την ύπαρξη ενός συστήματος συνεχών ηλεκτρικών σημάτων (dc) το οποίο ελέγχει τις θεραπευτικές αντιδράσεις του σώματος. Απέδειξε ότι η ίαση των οστών καθυστερούσε σημαντικά στους αρουραίους των οποίων τα μηριαία νεύρα είχαν κοπεί εγκάρσια, ταυτόχρονα με την επαγωγή (induction) ενός κατάγματος του οστού της κνήμης, σε σύγκριση μ'εκείνους που είχαν άθιχτο το νεύρο τους. Ένα σημαντικό εύρημα αυτής της μελέτης ήταν ότι αν το νεύρο κοβόταν πέντε ή περισσότερες ημέρες πριν από την επαγωγή του κατάγματος, δεν υπήρχε καθυστέρηση στην ίαση.

Όλοι γνωρίζουμε ότι δεν υπάρχει επούλωση νεύρων σε πέντε μέρες αλλά μια μικροσκοπική ματιά στο κομμένο νεύρο μας έδωσε έναν από τους πρώτους μας διαφωτισμούς όσον αφορά στα μυστικά της ενεργητικής ίασης και της ηλεκτρονικής επικοινωνίας μέσα στο σώμα.

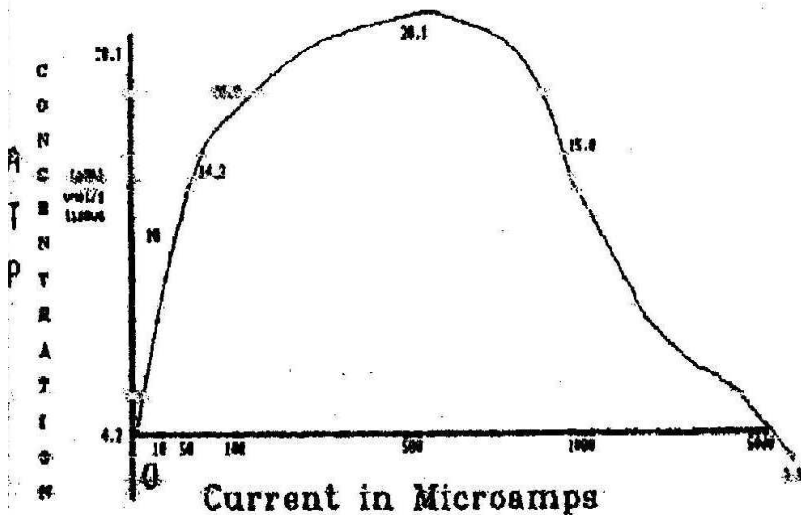
Ενώ δεν υπήρχε ανάπλαση του νεύρου καθαυτού, η μικροσκοπική εξέταση αποκάλυψε ότι 5 μέρες ήταν αρκετές για να αποκατασταθεί η σύνδεση κάθε λεπτού νηματοειδούς υλικού το οποίο φάνηκε να είναι πρωτογενές κυτταρικό έλυτρο Schwann. Χρησιμοποιώντας πολύ ευαίσθητο εξοπλισμό, ο Δρ. Becker μπόρεσε να αποδείξει ότι από τη στιγμή που αυτός ο ιστός γεφύρωνε το κενό μεταξύ άμεσων και περιφερικών βλαστών (proximal and distal segments), ένα μετρήσιμο ρεύμα άρχισε να ρέει. Αυτό το ρεύμα ονομάστηκε «ρεύμα τραύματος» και μετέφερε τα κρυπτογραφημένα μηνύματα στα υπό θεραπεία κύτταρα να κατευθύνουν την ίαση. Στο μέλλον, η αποκρυπτογράφηση αυτού του σήματος μπορεί να αποκαλυφθεί ως το κλειδί της τεχνικής ηλεκτρονικής ανάπλασης των ακρωτηριασμένων μελών όπως και επιτάχυνσης της ίασης των τραυμάτων και διαχείρισης του πόνου (R. O. Becker, *The Significance of Bioelectric Potentials*).

Υπάρχουν επίσης αποδείξεις ότι τα μικρορεύματα μπορούν να είναι αξιόλογα στην επιτάχυνση της ίασης των τραυμάτων. Ένα άρθρο του 1985 (Carley et al, *Archives of Physical Medicine*, τόμος 66, Ιούλιος 1985) ανέφερε 150 % έως 250 % ενίσχυση της ίασης των τραυμάτων χρησιμοποιώντας την ηλεκτροθεραπεία με μικρορεύματα.

Το επίπεδο του ρεύματος δεν είναι το μόνο σημαντικό στοιχείο. Η συχνότητα είναι επίσης πολύ σημαντική. Πέραν των επιπέδων ρεύματος, οι συχνότητες διέγερσης και οι ηλεκτρικές κυματομορφές γίνονται επίσης ολοένα και πιο

πολύπλοκες και σαφώς προσδιορισμένες ενώ η επιστήμη της ηλεκτροθεραπείας ωριμάζει.

Μεγάλο μέρος του έργου που ορίζει τις συχνότητες που διεγείρουν το σώμα αποτελεσματικά έγινε στη Γαλλία. Αρκετά διεθνή διπλώματα ευρεσιτεχνίας έχουν χορηγηθεί βάσει της χρήσης ορισμένων σειρών συχνοτήτων προς συγκεκριμένη διαχείριση πόνου και για θεραπευτικούς σκοπούς. Οι συχνότερες συχνότητες που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη είναι πολλαπλάσιες των 73 Hz, βασικές συχνότητες συντονισμού του σώματος. Αυτές είναι συχνότητες είναι 73, 146, 292, 584, 1168, 2336 και 4672. Κάποιες πηγές εισηγούνται επίσης κλάσματα των 73 συμπεριλαμβανομένων 9.125 και 37.5 Hz.



Η έρευνα του Δρ. Cheng έδειξε αύξηση μεγαλύτερη του 300 % στη συγκέντρωση του ATP στα κύτταρα που διεγείρονται με 500  $\mu$ A σε σύγκριση με τις συγκεντρώσεις ATP σε ομάδες ελέγχου που δεν τυγχάνουν θεραπευτικής αντιμετώπισης. Το ATP αυξήθηκε με τη διέγερση με μικρορεύματα ισχύος που κυμαινόταν από 25  $\mu$ A έως 1000  $\mu$ A. Τα ρεύματα ισχύος άνω των 1000  $\mu$ A είχαν στην πραγματικότητα σαν αποτέλεσμα την μείωση των συγκεντρώσεων ATP. Η πρωτεϊνική σύνθεση και η διαμεμβρανική κίνηση των μεταβολιτών μειώθηκαν επίσης σημαντικά με τη χρήση υψηλότερων ρευμάτων. Η ομάδα ελέγχου είχαν μέσο όρο 4.2 mol ATP/gram ιστού. Τα παρατεταμένα ρεύματα ισχύος άνω των 5 μιλλιαμπέρ μείωσαν τα επίπεδα των συγκεντρώσεων ATP κάτω του επιπέδου των ελέγχων που δεν αντιμετώπιστηκαν θεραπευτικά.

Πρόσφατες εξελίξεις στα διαθέσιμα microtens στο εμπόριο μας έχουν δώσει τους πρώτους νέας γενιάς ατομικούς φορητούς διεγέρτες με μικρορεύματα. Σήμερα μια συσκευή πληρεί τα κριτήρια της τελευταίας ηλεκτροθεραπευτικής έρευνας. Λέγεται Indica Tens και, πέραν των μικρορευμάτων, έχει μοναδική κυματομορφή (βλ. σχεδιάγραμμα) όπου προβάλλονται 3 ταυτόχρονες συχνότητες, οι οποίες είναι:

- 1) φέρον κύμα 15000 Hz το οποίο κατευθύνει το ρεύμα βαθιά μέσα στο σώμα για συνεπή και γρήγορη ανακούφιση από τον πόνο
- 2) επιλογή συχνότητας θεραπείας συντονισμένης στα 9.125 ή 292 Hz
- 3) διφασικό παλμό (biphasic pulse) 5 Hz

Υπάρχει επίσης μια φορητή κλινική εκδοχή που προβάλλει 8 συχνότητες από 9.125 έως 4672 Hz.

Υπάρχουν κάποιοι λόγοι για να χρησιμοποιεί κανείς μια συσκευή που εκμεταλλεύεται υψηλή συχνότητα συνδυασμένη με συγκεκριμένες συντονισμένες συχνότητες και χαμηλό ρεύμα.

Ο πρώτος λόγος είναι η συμμόρφωση του ασθενή. Η καλύτερη απάντηση σε οποιαδήποτε προκαθορισμένη πορεία ηλεκτρονικής ή ιατρικής θεραπείας επιτυγχάνεται από τον ασθενή που εκπληρώνει τις διαταγές του ιατρού στην πραγματικότητα. Υπάρχουν 3 πρωταρχικοί παράγοντες που θα αποφέρουν αυτό το αποτέλεσμα:

- 1) Ευκολία εφαρμογής
- 2) Ταχύτητα και αποτελεσματικότητα της θεραπείας
- 3) Άνεση του ασθενή

Μια καλά σχεδιασμένη συσκευή θα έχει τα λιγότερα δυνατά κουμπιά χειρισμού για τον ασθενή που θα τη διαχειριστεί. Η Indica Tens, για παράδειγμα, είναι σχεδιασμένη με μόνο δύο κουμπιά ελέγχου, την ένταση του ρεύματος και τη συχνότητα. Οποιοσδήποτε ασθενής μπορεί να μάθει να την χρησιμοποιεί σωστά και αποτελεσματικά σε 5 ή λιγότερα λεπτά.

Τα microtens απαιτούν επίσης συνήθως βραχύτερη θεραπεία από τα αντίστοιχα मिलιρεύματα. Συχνά χρειάζονται μόνο εφαρμογές των 5 έως 10 λεπτών, σε αντίθεση με της μακροπρόθεσμες ή συνεχείς εφαρμογές που απαιτούνται από τις περισσότερες συσκευές TENS, και μόνο 1 με 3 εφαρμογές καθημερινά είναι συνήθως αρκετές. Τέλος, η άνεση του ασθενή είναι εξασφαλισμένη επειδή τα microtens λειτουργούν καλύτερα υποσυνείδητα, δηλαδή κάτω από το επίπεδο της αίσθησης του ασθενή.

Σημαντικότερη από την συμμόρφωση είναι η συχνότητα. Μια διπλή-τυφλή μελέτη του Paul Meyer, M.D. et al, χρησιμοποίησε τη διέγερση με μικρορεύματα με το electro-acuscope, μια άριστη μονάδα με microtens συντονισμένης ανάδρασης (μοντέλο γραφείου), πάνω σε 40 ασθενείς με πόνους χαμηλά στην πλάτη, για συνολικά 16 θεραπείες στον καθένα. Η παρακολούθηση μετά από 8 εβδομάδες από τη διακοπή της θεραπείας έδειξε μια μείωση του πόνου κατά 75 % στη ομάδα θεραπείας σε σύγκριση με μόνο 6 % βελτίωση στην ομάδα εικονικής θεραπείας ή PLACEBO.

Η ασυνήθιστη επίδραση των μικρορευμάτων φαίνεται να εξηγείται, τουλάχιστον εν μέρει, από μια μελέτη του 1982 του Δρ. Ngok Cheng et al (δημοσιευμένη στο *Clinical Orthopedics and Related Research*, # 171, Νοέμβριο-Δεκέμβριο 1982), πάνω στις επιδράσεις των μικρορευμάτων στις συγκεντρώσεις

ATP και στην πρωτεϊνική σύνθεση στο δέρμα των αρουραίων. Οι ανεπάρκειες σε ATP είναι συχνές σε περιοχές χρόνιου πόνου και αρκετό ATP είναι απαραίτητο για να πυροδοτήσει τις διαδικασίες κυτταρικής αναπνοής. Το ATP παρέχει την ενέργεια για την αντλία νατρίου, ο ενεργός μεταφορικός μηχανισμός που αφαιρεί τις μεταβολικές άχρηστες ουσίες από το εσωτερικό του κυττάρου, και εισάγει μεταβολίτες και θρεπτικές ουσίες από την κυκλοφορία του αίματος μέσα στο κύτταρο.

Στη μελέτη του Δρ. Cheng, αποδείχθηκε ότι η ενσωμάτωση γλυκίνης μέσα στις επιδερμικές πρωτεΐνες (skin proteins) διεγείρονταν σημαντικά από ένα συνεχές ρεύμα ισχύος που κυμαινόταν από 10 uA έως 1000 uA. Οι υψηλότερες διεγερτικές επιδράσεις επιτεύχθηκαν με 500 uA έως 1000 uA, με ενσωμάτωση γλυκίνης αυξημένης μέχρι και κατά 75 % σε σύγκριση με τους ελέγχους που δεν αντιμετωπίστηκαν θεραπευτικά. Οι συγκεντρώσεις ATP αυξήθηκαν από 300 % έως και 500 % σε κύτταρα διεγερμένα με ΣΥΝΕΧΗ ρεύματα ισχύος μεταξύ 25 uA (μικροαμπέρ) και 1000 uA (1 μιλλιαμπέρ). Παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές αυξήσεις στην πρωτεϊνική σύνθεση στην εμβέλεια των μικροαμπέρ. Στο βαθμό που η πρωτεϊνική σύνθεση εξαρτάται από κατάλληλα επίπεδα ATP, τα αυξημένα επίπεδα ATP είναι τουλάχιστον εν μέρει υπεύθυνα για την αυξημένη πρωτεϊνική σύνθεση. Γενικώς, οι μεγαλύτερες διεγερτικές επιδράσεις που επιτεύχθηκαν ήταν γύρω στα 500 uA.

Υψηλότερες εντάσεις ρεύματος που ξεπερνούσαν τα 1000 uA, εμπόδισαν την πρωτεϊνική σύνθεση με ρεύματα ισχύος 1.5 Ma. Στην εμβέλεια των 10 έως 30 Ma, η ενσωμάτωση κυτταρικής γλυκίνης και αμινοξέων μέσα στο κύτταρο συνέχιζε να πέφτει, μέχρι επίπεδα μεταξύ 10 % και 50 % των ελέγχων χωρίς θεραπεία. Επιπλέον, τα συνεχή ρεύματα ισχύος 100 uA και 1000 uA αύξησαν το ATP μέσα στο κυτταρόπλασμα. Το ATP παρέχει το καύσιμο για τη μετανάστευση των μεταβολιτών και των μεταβολικών άχρηστων ουσιών μέσα από τις κυτταρικές μεμβράνες, όπως και την επανεγκατάσταση της βαθμιδωσης κυτταρικής βιοηλεκτρονικής ιοντικής συγκέντρωσης. Αυτό σημαίνει ότι το δυναμικό της κυτταρικής μεμβράνης, κανονικά 85 mV σε υγιές ιστό, επανεγκαθίσταται, ότι τα επίπεδα ενδοκυτταρικών μεταβολικών αχρήστων ουσιών (δηλ. γαλακτικό οξύ) μειώνονται και οι νέες συγκεντρώσεις χρησιμοποιήσιμων κυτταρικών μεταβολιτών εισάγονται στο εξαντλημένο κύτταρο. Σ' αυτό το σημείο το κύτταρο μπορεί να μπει στην αναπλαστική του φάση, τα επίπεδα του πόνου είναι πολύ μειωμένα, και οι ιστολογικές αναπλαστικές λειτουργίες επανεγκαθίστανται.

Για μέγιστη αποτελεσματικότητα, η πρωταρχική αντίσταση πρέπει να αποσυντεθεί πριν μπορέσει να φορτιστεί η ηλεκτρική χωρητικότητα του ιστού (tissue capacitance). Όταν χρησιμοποιούμε μονάδα με microtens βέλτιστα σχεδιασμένη για

εξαιρετικά γρήγορο έλεγχο του πόνου, η πρώτη φάση της θεραπείας πρέπει να χαμηλώσει την ηλεκτρική αντίσταση της περιοχής με συνεχές ρεύμα ισχύος 1 έως 6 μιλλιαμπέρ. Η δεύτερη φάση είναι η εισαγωγή μικρορεύματος ισχύος 25 και 900 uA, που αντιστοιχεί στα επίπεδα ρεύματος που χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά στις μελέτες του Cheng ώστε να επηρεαστεί η αύξηση των συγκεντρώσεων ATP.

Το μέλλον της ηλεκτρικής διέγερσης είναι ήδη γραμμένο. Θα αναπτυχθούν συσκευές με ρεύματα που ολοένα και περισσότερο διεγείρουν τα φυσικά ρεύματα τραύματος του σώματος, και κάθε νέα γενιά θα αντικαταστήσει την προηγούμενη ενώ ενισχύεται η αποδοτικότητά τους με την περαιτέρω εξέλιξή τους. Ο απώτερος στόχος είναι να καθιερωθεί ουσιαστική επικοινωνία που μπορεί να αναπαραχθεί, μεταξύ του θεραπευτή και του σωματικού πόνου και των συστημάτων θεραπευτικής διαχείρισης. Όταν επιτευχθεί αυτή η επικοινωνία, η διαχείριση του πόνου ίσως γίνει τόσο απλή όσο και το άνοιξε-κλείσε ενός κουμπιού.

## **ΠΗΓΕΣ**

Becker, R. O., *The Significance of Bioelectric Potentials*

Cheng, N. et al, *The effects of electric current on ATP generation, protein synthesis, and membrane transport in rat skin*, Clin. Orthop. 1982, 171: 264-271.

Carley, P. J., Wainapel, S. F., *Electrotherapy for the acceleration of wound healing: low intensity direct current*, Arch. Phys. Med., 1985, 66: 443-445.