

Μικρορεύματα (ρεύματα χαμηλής έντασης)

Α.Β. ΓΟΥΛΕΣ¹
Κ. ΜΠΑΛΑΚΑΤΟΥΝΗΣ²
Δ.Ι. ΓΟΥΛΕΣ³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα μικρορεύματα είναι θεραπευτικά ρεύματα τελευταίας γενιάς, χαμηλής έντασης, μικρότερης ή ίσης του 1mA. Δε διαφέρουν σημαντικά από τους άλλους τύπους ηλεκτροθεραπευτικών ρευμάτων. Ενδείκνυνται για την αντιμετώπιση του πόνου και την επιτάχυνση της επουλωτικής διαδικασίας των καταγμάτων, των άτονων ελκών, των ανοιχτών τραυμάτων ή εγκαυμάτων καθώς και σε κακώσεις των τενοντο-συνδεσμικών στοιχείων και των αρθροπαθειών. Παρά το γεγονός ότι εφαρμόζονται ευρέως στην καθημερινή πράξη και είναι εγκεκριμένα από τον Αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) χρειάζονται περισσότερες και καλύτερα σχεδιασμένες μελέτες για την αποσαφήνιση του ρόλου και της θεραπευτικής τους αξίας στο άμεσο μέλλον. Στην παρούσα ανασκόπηση γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των μικρορευμάτων, των θεραπευτικών ενδείξεων και της κλινικής τους αποτελεσματικότητας.

Ελληνική Ρευματολογία 2006, 17(3):256-262

Όροι ευρετηρίου: μικρορεύματα, αναλγησία, αρθροπάθειες, κατάγματα, άτονα έλκη, εγκαύματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μικρορεύματα (MP) ή ρεύματα χαμηλής έντασης, ονομάζονται τα ρεύματα που η έντασή τους είναι ίση ή μικρότερη του 1mA (1000μΑ). Είναι ρεύματα τελευταίας γενιάς, τα οποία δεν διαφέρουν σημαντικά από άλλους τύπους ηλεκτροθεραπευτικών ρευμάτων¹. Έχουν πολικότητα, περιλαμβάνουν τις κυματομορφές τόσο των συνεχών όσο και των εναλλασσόμενων ρευμάτων και



¹Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Αθηνών,
Ειδικευόμενος Ιατρός,

²Φυσικοθεραπευτής, PT, MSc

³Ιατρός Ρευματολόγος

διαθέτουν, όπως είναι αυτονόητο, συχνότητα, διάρκεια παλμού, κυματομορφή και ένταση¹. Η τελευταία συνήθως κυμαίνεται από 1-1000μΑ (1A =1000mA και 1mA=1000μΑ). Παλαιότερα, είχαν ονομαστεί μικρορεύματα ηλεκτρικού νευρομυϊκού ερεθισμού (Microcurrent Electrical Neuromuscular Stimulators, MENS). Αργότερα μετονομάστηκαν σε μικρορεύματα ηλεκτρικού ερεθισμού (MES). Στην ελληνική απόδοση προτείνουμε τον όρο μικρορεύματα (MP) μια και δεν υπάρχει προηγούμενη βιβλιογραφική αναφορά στη χώρα μας.

Τα MP παράγονται από συσκευές χαμηλής τάσης ή πολυσυσκευές που διαθέτουν και άλλες μορφές ρευμάτων. Είναι δε κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε η τάση να μεταβάλλεται ανάλογα με την αντίσταση και το ρεύμα να παραμένει σταθερό όπως έχει επιλεχθεί η έντασή του². Οι συσκευές αυτές μπορούν να παράγουν μια ποικιλία κυματομορφών από την τροποποιημένη μονοφασική έως την τετραγωνική διφασική μορφή με συχνότητες από 0,3 έως 50Hz³. Η διάρκεια παλμού μπορεί επίσης να διαμορφώνεται και να μεγεθύνεται από 1 έως 500msec σε χαμηλές συχνότητες ή να είναι προκαθορισμένη, όταν επιλέγεται παλμικό ρεύμα.

Η ένταση των MP σε μια κοινή συσκευή χαμηλής τάσης μπορεί να αυξηθεί έως μερικά mA⁴. Στη περίπτωση αυτή το παραγόμενο ρεύμα (>1mA) θα συμπεριφερθεί όπως και τα άλλα γνωστά ρεύματα αισθητικού ή μυϊκού ερεθισμού.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ

Τα μικρορεύματα δεν προκαλούν μυϊκή σύσπαση γιατί δεν είναι μυοδιεγερτικά ρεύματα. Ο ερεθισμός που προκαλούν δεν φαίνεται να επιτυγχάνεται μέσω της γνωστής αισθητικής νευρικής διαδικασίας³.

Θα μπορούσαν να προταθούν πολλές θεωρίες για να εξηγήσουν τη διεγερτική επίδραση των μικρορευμάτων χαμηλής έντασης όπως: η μίμηση του φυσιολογικού ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται κατά τον τραυματισμό και την επούλωση^{5,6}, το ρεύμα τραύματος (current

of injury), η διέγερση του κυτταρικού μεταβολισμού και τα βιοηλεκτρικά πεδία που προάγουν την ανάπτυξη. Όλα αυτά είναι φυσικά-βιολογικά φαινόμενα τα οποία μπορούν να επιταχυνθούν, να διεγερθούν ή να υποκατασταθούν τεχνητά από τα μικρορεύματα^{7,8}.

Ο μηχανισμός με τον οποίο το ρεύμα χαμηλής έντασης προωθεί την επούλωση δεν έχει πλήρως αποσαφηνιστεί. Τα κύτταρα διεγείρονται άμεσα από το ρεύμα και αυξάνουν τη φυσιολογική τους αναπαραγωγή, μετανάστευση, κινητικότητα, σύνθεση DNA και κολλαγόνου. Τα επίπεδα των υποδοχέων των αυξητικών παραγόντων επίσης εμφανίζουν σημαντική άνοδο όταν ερεθίζονται περιοχές τραύματος με MP⁹⁻¹⁷. Τέλος, τα φυσιολογικά προκαλούμενα ηλεκτρικά δυναμικά βελτιώνονται μετά από τον ηλεκτρικό ερεθισμό¹⁸.

ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στην κλινική πράξη τα μικρορεύματα έχουν δοκιμασθεί θεραπευτικά με τις παρακάτω ενδείξεις:

1. Αναλγησία
2. Επιτάχυνση της επουλωτικής διαδικασίας
 - α) καταγμάτων
 - β) άτονων ελκών δέρματος
 - γ) ανοιχτών τραυμάτων ή εγκαυμάτων δέρματος¹⁹
3. Κακώσεις τενοντο-συνδεσμικών στοιχείων.

1. Αναλγητικά αποτελέσματα

Υπάρχει μια διάχυτη αντίληψη τόσο σε κλινικούς θεραπευτές όσο και στις κατασκευάστριες εταιρείες ότι τα μικρορεύματα έχουν ιδιαίτερη αναλγητική δράση ή ότι μπορούν να κατευνάσουν τον πόνο εκεί που άλλα μέσα απέτυχαν²⁰. Αν και ο ακριβής μηχανισμός αναλγησίας των MP δεν έχει ακόμα αποδειχθεί, οι μέχρι σήμερα υπάρχουσες μελέτες δεν υποστηρίζουν την αποτελεσματικότητα των ρευμάτων χαμηλής έντασης στη μείωση του πόνου^{21,22}. Πολύ δε λιγότεροι είναι αυτοί που υποστηρίζουν την αναλγητική δράση σε μυϊκούς πόνους και αρθροπάθειες^{20,23-26}.

Φαίνεται σχεδόν βέβαιο ότι ο μηχανισμός αναλγησίας των μικρορευμάτων δεν είναι ταυτόσημος με τον αισθητικό ερεθισμό ή τις άλλες μορφές αναλγητικών ρευμάτων. Πιθανώς τα μικρορεύματα μπορεί να δημιουργήσουν ή να μεταβάλλουν τη συνεχή ροή δυναμικού (ρεύματος) στο νευρικό ιστό και να παρεμποδίζουν την αλγο-αισθητική μετάδοση³. Πιστεύεται ότι το ρεύμα χαμηλής έντασης καθιστά τη νευρική κυτταρική μεμβράνη πιο ευαίσθητη σε νευροδιαβιβαστές που αμβλύνουν ή εμποδίζουν τη μετάδοση του πόνου³.

Η έλλειψη συμφωνίας μεταξύ των ερευνητών και η μη χρησιμοποίηση ενός αποτελεσματικού κοινού πρωτοκόλλου παρεμποδίζει την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων²⁷⁻³¹. Οι περισσότερες από τις μελέτες χρησιμοποιούν μοντέλα βραδείας έναρξης μυϊκού πόνου (DOMS) ή πόνου προκαλούμενου από εφαρμογή πάγου και τα αποτελέσματα δεν δείχνουν διαφορά μεταξύ θεραπείας με ρεύμα χαμηλής έντασης και θεραπείας placebo^{3,4,27-34}.

2. Επιτάχυνση της πώρωσης των καταγμάτων

Η πώρωση των καταγμάτων αποτελεί την πιο υψηλή επουλωτική διεργασία στον οργανισμό και χαρακτηρίζεται από βιολογικές αναπτυξιακές λειτουργίες. Στα κατεαγότα άκρα παρατηρείται νεοαγγειογένεση και κυτταρογένεση με παρουσία κυτταροκινών και ιστικών αυξητικών παραγόντων.

Έρευνες σε πειραματόζωα από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα έδειξαν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα διοχετευόμενο στην περιοχή του κατάγματος σε κατάλληλη ένταση διεγείρει την οστεογένεση. Η άποψη ότι τα μικρορεύματα ευοδώνουν την πρωτογενή και δευτερογενή πώρωση των καταγμάτων κερδίζει συνεχώς έδαφος στην κλινική πράξη, όπως π.χ. η εφαρμογή συνεχούς ρεύματος χαμηλής έντασης στο σημείο του κατάγματος για σχηματισμό πώρου, ιδιαίτερα όταν υπάρχει τάση για καθυστερημένη συνένωση των χειλέων του. Αυτό, όμως, προϋποθέτει την εμφύτευση ηλεκτροδίων, η οποία συνιστά ειδική διαδικασία^{1,8,35-40}.

Οι πιο αξιόλογες έρευνες για τα μικρορεύματα αφορούν τη διέγερση σχηματισμού οστού σε καθυστερημένη πώρωση καταγμάτων των μακρών οστών. Προτιμήθηκαν συνεχή ρεύματα χαμηλής έντασης με τον αρνητικό πόλο τοποθετημένο στο σημείο του κατάγματος^{38,41,42}. Τα ηλεκτρόδια εμφυτεύτηκαν, έτσι δεν χρησιμοποιήθηκαν επιφανειακά. Η εφαρμογή των ρευμάτων είχε σκοπό τη μίμηση του φυσιολογικού ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται κατά τον τραυματισμό και την επούλωση^{5,6}. Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών εκτιμήθηκαν ως θετικά και επαρκώς τεκμηριωμένα, όμως δεν μπορούν να γενικευτούν.

Σε μια μελέτη χρησιμοποιήθηκε κοινή συσκευή TENS, για την αντιμετώπιση κατάγματος⁴³. Αναφέρθηκαν θετικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ερεθισμού στη συνένωση χειλέων του κατάγματος, η οποία καθυστερούσε για 6 μήνες. Η ένταση του ρεύματος ήταν μόλις αισθητή, είχε μεγάλη διάρκεια παλμού και χαμηλή συχνότητα. Τα ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν χιαστί ή κοντά αλλά περιφερικά του κατάγματος⁴³.

3. Επιτάχυνση επούλωσης άτονων ελκών και ανοικτού τραύματος

Τα συνεχή χαμηλής έντασης ρεύματα έχουν χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία άτονων ελκών όπως είναι τα χρόνια δερματικά έλκη που οφείλονται σε κακή αιμάτωση-ισχαιμία ή τα έλκη κατάκλισης, καθώς και για την επούλωση των τραυμάτων¹³. Τα έλκη που αντιμετωπίστηκαν με μικρορεύματα εμφάνισαν αυξημένο ρυθμό επούλωσης συγκριτικά με αυτά που δεν εφαρμόστηκε η ηλεκτροθεραπεία. Άλλα πρωτόκολλα θεραπείας είχαν επιτυχία, με τοποθέτηση του θετικού ηλεκτροδίου στην περιοχή του τραύματος σε όλες τις συνεδρίες. Χρησιμοποιήθηκε, ακόμα, ρεύμα υψηλής τάσης με τρόπο παρόμοιο με το προαναφερόμενο μοντέλο και με ένταση έως μερικά mA.

Το παρακάτω πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για αυτές τις περιπτώσεις και έχει τις ακόλουθες παραμέτρους:

1) Η ένταση ρεύματος από 200-400μΑ για το φυσιολογικό δέρμα και από 400-800μΑ για το απονευρωμένο.

2) Μεγάλης διάρκειας παλμός ή συνεχές ρεύμα χωρίς παύλες μπορεί να εφαρμοστεί.

3) Η συχνότητα παλμού είναι η μέγιστη.

4) Το μονοφασικό συνεχές ρεύμα είναι η καλύτερη επιλογή αλλά και το διφασικό συνεχές είναι αποδεκτό. Ρεύματα χαμηλής έντασης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. αλλά συσκευές με ένταση που ρυθμίζεται λίγο πιο κάτω από τα αισθητικά επίπεδα (intensities adjusted to subsensory levels) είναι και αυτές αποτελεσματικές.

5) Ο χρόνος θεραπείας είναι 2 ώρες και ακολουθεί ανάπαυση για 4 ώρες.

6) Πραγματοποιούνται 2-3 συνεδρίες την ημέρα.

7) Το αρνητικό ηλεκτρόδιο τοποθετείται στην περιοχή του τραύματος για τις πρώτες 3 ημέρες. Το θετικό ηλεκτρόδιο πρέπει να τοποθετηθεί 25 εκ. κεντρικά του τραύματος.

8) Μετά από 3 ημέρες, η πολικότητα αντιστρέφεται και το θετικό ηλεκτρόδιο τοποθετείται στην περιοχή του τραύματος.

9) Εάν υπάρχει μόλυνση, το αρνητικό ηλεκτρόδιο πρέπει να παραμείνει στην περιοχή τραύματος μέχρι η μόλυνση να υποχωρήσει και για 3 ημέρες μετά.

10) Εάν το μέγεθος του τραύματος μειώνει το κατώφλι ερεθισμού, το αρνητικό ηλεκτρόδιο πρέπει να επανατοποθετηθεί στην περιοχή τραύματος για 3 ημέρες.

4. Προαγωγή επούλωσης των τενοντο-συνδεσμικών βλαβών

Τα ΜΡ έχουν χρησιμοποιηθεί πειραματικά στην επούλωση μερικής ρήξης τενόντων ή συνδέσμων. Ως γνωστόν και οι δύο ιστοί παράγουν τοπικά ηλεκτρικά δυναμικά μετά από φυσιολογική φόρτιση ή τραυματισμό. Αυτά τα δυναμικά βοηθούν στην έναρξη της ανάπτυξης και επούλωσης του ιστού ως αποτέλεσμα της φόρτισης, σύμφωνα με το νόμο του Wolff. Υπάρχουν λίγες ερευνητικές μελέτες για τα ΜΡ στο συγκεκριμένο θέμα. Σε μια

από αυτές, μετά από μερική ρήξη του επιγονατιδικού τένοντα σε σκύλους και αντιμετώπιση με καθοδικό ερεθισμό 20μΑ, οι τένοντες επανήλθαν μετά από 8 εβδομάδες στη φυσιολογική τους μέγιστη δύναμη (breaking strength) κατά 92%⁴⁴.

Ο ηλεκτρικός ερεθισμός τένοντα εργαστηριακά, (in vitro) σε καλλιέργεια, παρουσίασε αυξημένη ινοβλαστική κυτταρική δραστηριότητα και σύνθεση κολλαγόνου. Ο ρυθμός με τον οποίο οι τένοντες παρουσίασαν ιστολογική ανάπλαση στο σημείο τραυματισμού επιταχύνθηκε σημαντικά και στην ομάδα ελέγχου⁴⁵.

Σε μια άλλη μελέτη ελέγχθηκε η επίδραση του ηλεκτρικού ερεθισμού μετά από τραυματισμούς του έσω πλαγίου συνδέσμου σε ποντικούς. Διαπιστώθηκε σημαντική διαφορά στη μέγιστη δύναμη θραύσης (rupture force), στη δυσκαμψία, στην απορρόφηση ενέργειας και στην ελαστικότητα των συνδέσμων⁴⁶.

Προς το παρόν, αυτές οι ηλεκτρικές μεταβολές δεν είναι επαρκώς κατανοητές και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή ρεύματος «στη φυσιολογική ηλεκτρική δραστηριότητα» μετά από τραυματισμό και κατά την επουλωτική διαδικασία ακόμα είναι υπό έρευνα. Ο μηχανισμός με τον οποίο το ρεύμα χαμηλής έντασης προωθεί την επούλωση είναι αδιευκρίνιστος, αλλά τα κύτταρα (ινοβλάστες) διεγείρονται πιθανώς με την επίδραση των μικρορεύματων και επιταχύνεται η φυσιολογική τους αναπαραγωγική δραστηριότητα κ.λπ¹⁸.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται από τα προαναφερθέντα, το ρεύμα χαμηλής έντασης μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικότατο εργαλείο στα χέρια του θεραπευτή για την πώρωση καταγμάτων, την επούλωση δερματικών ελκών, τραυμάτων και εγκαυμάτων, την αντιμετώπιση του άλγους, των ρήξεων των τενοντο-συνδεσμικών δομών και των αρθροπαθειών^{20,23-26}, αν και ακόμη για τις τρεις τελευταίες ενδείξεις δεν έχει τεκμηριωθεί επαρκώς η αποτελεσματικότητά τους.

Για να είναι αποτελεσματικά τα μικρορεύματα πρέπει:

1) Η ένταση να παραμένει κάτω από 1mA (κάτω από τα επίπεδα ερεθισμού).

2) Να επιλεγεί το κατάλληλο μέγεθος ηλεκτροδίων και η κατάλληλη τοποθέτησή τους με χαμηλή πυκνότητα ρεύματος.

3) Τα κύτταρα να είναι ευαίσθητα στο ρεύμα.

4) Η κατάλληλη ένταση του ρεύματος να μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη δραστηριότητα των κυττάρων και να εντείνει την επούλωτική διαδικασία.

5) Υψηλές εντάσεις ρεύματος μπορεί να αποτύχουν.

Εάν τα αποτελέσματα δεν είναι τα επιθυμητά, πρέπει να μειωθεί η ένταση ή να αλλάξει η πολικότητα. Ασθενή ερεθίσματα μπορεί να αυξήσουν τη φυσιολογική δραστηριότητα, ενώ πολύ δυνατά μπορεί να την μειώσουν ή να την αναστείλουν.

Μια νέα μορφή μικρορευμάτων, ο κρανιακός εξωτερικός μικροηλεκτρικός ερεθισμός, δείχνει να δημιουργεί θετικές εντυπώσεις για την αντιμετώπιση του πόνου, του άγχους, της κατάθλιψης κ.λπ. σε πολλές σύγχρονες βιβλιογραφικές αναφορές⁴⁸⁻⁵⁶.

ABSTRACT

Low intensity stimulators

A.V. Goules¹, K. Balakoutounis², D.I. Goules³

¹Specialist registrar PhD, University of Athens

²Physiotherapist PT, MSc

³Rheumatologist

Microcurrents (MC) are low-intensity electric currents (equal or less than 1mA), which constitute a novel form of electrotherapy. Microcurrents are not essentially different from other forms of therapeutic electric currents. Pain relief, acceleration of fracture healing, skin ulcers, open wounds, burns, as well as musculoskeletal injuries and arthritis are indications for the application of MC. Despite the fact that MC are commonly used in everyday practice and have been approved by the FDA, further well established studies are necessary to clarify their therapeutic value and effectiveness. The aim of this review is to

present MC and their clinical applications and effectiveness in brief.

Hellenic Rheumatology 2006;17(3):256-262

Key words: *microcurrents, pain, arthritis, fractures, skin ulcers, burns.*

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γουλές Δ. Γλωσσάρι Ηλεκτροθεραπείας. Στο: Γουλές Δ. Κλινική Ηλεκτροθεραπεία. Ινστιτούτο Σπονδυλικής Στήλης, Αθήνα 2006.
2. Picker R. Current trends: low volt pulsed microamp stimulation. Parts 1 and 2, Clin Manage 1990; 9:11-14 & 9:28-33.
3. Γουλές Δ. Κλινική Ηλεκτροθεραπεία. Ινστιτούτο Σπονδυλικής Στήλης, Αθήνα 2006.
4. Ansoleaga E, Wirth V. Microcurrent electrical stimulation may reduce clinically induced DOMS, J Athletic Training 1999; 34 (2):S-67.
5. Alon G. High voltage stimulation: effects of electrode size on basic excitatory responses, Phys Ther 1985; 65:890.
6. Fish D. Effect of anodal high voltage pulsed current on edema formation in frog hind limbs, Phys Ther 1991; 71:724-33.
7. Charman R. Bioelectricity and electrotherapy-towards a new paradigm (Part 6), Environmental current and fields-the natural background (Part 7) & Environmental currents and fields-man made (Part 8) Grounds for a new paradigm? Physiotherapy 1991; 77: 8-13 & 129-140 & 211-221.
8. Charman R. Bioelectricity and electrotherapy-towards a new paradigm? (Part 1), The cell. (Part 2), Cellular reception and emission of electromagnetic signals (Part 3), Bioelectric potentials and tissue currents (Part 4), Strain generated potentials in bone and connective tissue (Part 5), & Exogenous currents and fields-experimental and clinical applications. Physiotherapy 1990; 76:502-18 & 643-54 & 725-30 & 743-50.
9. Carley P, Wainapel S. Electrotherapy for the acceleration of wound healing: low-intensity direct current. Arch Phys Med Rehab 1985; 66: 443-6.
10. Chreng N, Van Houf H, Bockx E. The effects of electric current on ATP generation, protein synthesis and membrane transport in rat skin, Clin Orthop Relat Res 1982; 171:264-72.

11. Chu C. Weak direct current accelerates split thickness. Graft healing on tangentially excised second-degree burns *J Burn Care Rehab* 1991; 12:1285-1293.
12. Gentzkow G. Electrical stimulation to heal dermal wounds, *J Derm Surg Oncol* 1993; 19:753-8.
13. Griffin J. Efficacy of high voltage pulsed current for healing of pressure ulcers in patients with spinal cord injury, *Phys Ther* 1991; 71:433-44.
14. Leffmann D. The effect of subliminal transcutaneous electrical stimulation on the rate of wound healing in rats, abstract R166, *Phys Ther* 1992; 725:567.
15. Unger P. A randomized clinical trial of the effects of HVPC on wound healing, abstract R294 *Phys Ther* 1991; 715:5118.
16. Weiss D, Kirsner R, Eaglstein W. Electrical stimulation and wound healing, *Arch Dermatol* 1990; 126:222-5.
17. Wood J. A multicenter study on the use of pulsed low-intensity direct current for healing chronic stage II and stage III decubitus ulcers, *Arch Dermatol* 1993; 129:999-1009.
18. Gersh MR. Microcurrent electrical stimulation: putting it in perspective, *Clin Manage* 1990; 9 (4):51-4.
19. Denegar C. The effects of low-volt microamperage stimulation on delayed onset muscle soreness, *J Sport Rehab* 1993; 1:95-102.
20. Wieder DL. Microcurrent therapy; wave of the future? *Rehab Manag.* 1991; 4(2):34-5.
21. Bonacci JA, Higbie EJ. Effects of microcurrent treatment on perceived pain and muscle strength following eccentric exercise, *J Athletic Training* 32 (2): 119-123, 1997.
22. Tan G, Monga T, Thornby J. Electromedicine. Efficacy of microcurrent electrical stimulation on pain severity, psychological distress and disability, *Am J Pain Manage* 2000; 10 (1):35-44.
23. Bertolucci LE, Grey T. Clinical comparative study of microcurrent electrical stimulation to mid-laser and placebo treatment in degenerative joint disease of the temporomandibular joint *Cranio* 1995; 13(2):116-20.
24. DuPont JS Jr, Graham R, Tidwell JB. Trigger point identification and treatment with microcurrent. *Cranio* 1999; 17(4):293-6.
25. Kim KH. Atlanto-axial subluxation syndrome and management of intractable headache, neck pain and shoulder pain with auricular stimulation: a clinical case report. *Acupunct Electrother Res* 2001; 26(4):263-75.
26. Lambert MI, Marcus P, Burgess T, Noakes TD. Electro-membrane microcurrent therapy reduces signs and symptoms of muscle damage. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(4):602-7.
27. Jetter J, Valcenta D. The effects of microcurrent electrical nerve stimulation on delayed onset muscle soreness and peak torque deficits in trained weight lifters, abstract PO-R065-M, *Phys Ther* 1993; 735:5-24.
28. Johnson MI, Penny P, Sajawal MA. Clinical technical note: an examination of the analgesic effects of microcurrent electrical stimulation (MES) on cold-induced pain in healthy subjects, *Physiother Theory Practice* 1997; 13(4):293-301.
29. Kulig K. Comparison of the effects of high velocity exercise and microcurrent neuromuscular stimulation on delayed onset muscle soreness, abstract R284, *Phys Ther* 1991; 715:5115.
30. Rapaski D. Microcurrent electrical stimulation: comparison of two protocols in reducing delayed onset muscle soreness, abstract R286, *Phys Ther* 1991; 715:5116.
31. Rolle W, Alon G, Nirschl R. Comparison of subliminal and placebo stimulation in the management of elbow epicondylitis, abstract R280, *Phys Ther* 1991; 715:5114.
32. Alon G. "Microcurrent" stimulation: a progress report 1998, *Athletic Ther Today* 1998; 3(6):15.
33. Weber W. The effect of MENS on pain and torque deficits associated with delayed onset muscle soreness, abstract R034, *Phys Ther* 1991; 715:535.
34. Wolcot C. A comparison of the effects of high voltage and microcurrent stimulation on delayed onset muscle soreness, abstract R287, *Phys Ther* 1991; 715:5116.
35. Becker R, Selden G. *The body electric*, New York, William Morrow & Co., Inc., 1985.
36. Brighton C. Bioelectric effects on bone and cartilage, *Clin Orthop* 1977; 124:2-4.
37. Connolly J, Hahn H, Jardon O. The electrical enhancement of periosteal proliferation in normal and delayed fracture healing, *Clin Orthop* 1977; 124:97-105.
38. Currier D, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals, *Phys Ther* 1983; 63:915-21.
39. Pettine K. External electrical stimulation and bracing for treatment of spondylolysis – a case report,

- Spine 1993; 188:436-9.
40. Szabo G, Illes T. Experimental stimulation of osteogenesis induced by bone matrix, *Orthopaedics* 1991; 14:63-7.
 41. Alon G, DeDomeico G. High voltage stimulation: an integrated approach to clinical electrotherapy. Chattanooga, Tennessee, Chattanooga Corp., 1987.
 42. Becker R, Bachman C, Friedman H. The direct current control system, *NY J Med* 1962; 62:1169-76.
 43. Kahn J. Low-voltage technique, 4th ed, Syossett, New York, Joseph Kahn, 1983.
 44. Stanish W, Gunnlaugson B. Electrical energy and soft tissue injury healing, *Sport Care and Fitness*, 1988;Sept/Oct: 12-4.
 45. Nessler J, Mass P. Direct current electrical stimulation of tendon healing in vitro, *Clin Orthop Rel Res* 217: 303-312, 1987.
 46. Litke D, Dahners L. Effect of different levels of direct current on early ligament healing in a rat model, *J Orthop Res* 1994; 12:683-8.
 47. Allen JD, Mattacola CG, Perrin DH. Effect of microcurrent stimulation on delayed-onset muscle soreness: a double-blind comparison, *J Athletic Training* 1999; 34(4):334-7.
 48. Kirsch DL. The science behind cranial electrotherapy stimulation. 2nd ed. Edmonton, Alberta: Medical Scope Publishing; 2002. p. 1-224.
 49. Kirsch DL, Smith RB. Cranial electrotherapy stimulation for anxiety, depression, insomnia, cognitive dysfunction, and pain: a review and meta-analyses. Chapter 44. In: Rosch PJ, Morkov MS, editors. *Bioelectromagnetic medicine*. Marcel Dekker, Inc: 2004. p. 727-40.
 50. Gilula MF, Barach PR. Cranial electrotherapy stimulation: a safe neuromedical treatment for anxiety, depression, or insomnia. *South Med J* 2004; 97(12):1269-70.
 51. Kirsch DL, Smith RB. The use of cranial electrotherapy stimulation in the management of chronic pain: A review. *NeuroRehabilitation* 2000; 14(2):85-94.
 52. Kirsch DL, Smith RB. The use of cranial electrotherapy stimulation in the management of chronic pain: *NeuroRehabilitation* 2000; 14(2):85-94.
 53. Leone M. Chronic cluster headache: new and emerging treatment options *Curr Pain Headache Rep* 2004; 8(5):347-52.
 54. Matharu MS, Goadsby PJ. Cluster headache: focus on emerging therapies. *Expert Rev Neurother* 2004; 4(5):895-907.
 55. Tecoma ES, Iragui VJ. Vagus nerve stimulation use and effect in epilepsy: what have we learned? *Epilepsy Behav* 2006; 8(1):127-36.
 56. Auriacombe M, Tignol J, Le Moal M, et al. Transcutaneous electrical stimulation with Limoge current potentiates morphine analgesia and attenuates opiate abstinence syndrome. *Biol Psychiatry* 1990; 28(8):650-6.