

Εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων (ESWT) σε ασθενείς με χρόνια πελματιαία απονευρωσίτιδα

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η σύγκριση των επιδράσεων της εξωσωματικής θεραπείας κρουστικών κυμάτων (ESTW), σε ασθενείς με χρόνια, επώδυνη πελματιαία απονευρωσίτιδα, με αυτές, συμβατικών, συντηρητικών θεραπειών οι οποίες συνίστανται από χορήγηση μη-στεροειδών φαρμάκων, heel cup, ορθωτικές και/ή τροποποιήσεις υποδημάτων. Σαράντα επτά ασθενείς (49 πέλματα) με προηγούμενες ανεπιτυχείς συμβατικές θεραπείες διάρκειας, τουλάχιστον, έξι μηνών, χωρίστηκαν τυχαίως σε δύο ομάδες. Η θεραπεία της ομάδας 1 (25 πτέρνες) ξεκίνησε άμεσα με τρεις συνεδρίες ESWT (3.000κρουστικά κύματα/συνεδρία ενέργειας $0,2\text{mJ}/\text{mm}^2$) με εβδομαδιαία μεσοδιαστήματα. Στους ασθενείς της ομάδας 2 η θεραπεία συνεχίστηκε για 12 εβδομάδες. Κατόπιν αυτής της περιόδου αντιμετωπίστηκαν βάση του πρωτοκόλλου της ομάδας 1. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στον πόνο και το χρόνο βάρδισης κατόπιν επιπλέον μη-ESWT θεραπείας (τρεις μήνες). Έξι μήνες μετά την ESWT ο πόνος μειώθηκε από 64% έως 88% στην οπτική αναλογική κλίμακα (VAS) και ο χρόνος αναπαυτικής βάρδισης αυξήθηκε σημαντικά και στις δύο ομάδες.

Εισαγωγή

Η πελματιαία απονευρωσίτιδα είναι μία συνήθης αιτία πόνου στην πτέρνα. Η παρουσία άκανθας πτέρνας στην υποκείμενη επιφάνεια της πτέρνας παρατηρείται στο 50% των περιπτώσεων αλλά δεν θεωρείται ως pathognomic της διαταραχής. Η ακριβής αιτία είναι άγνωστη και πολλαπλές μορφές θεραπείας είναι συχνά ανεπιτυχείς (10 έως 30% αποτυχία). Σε περιπτώσεις ανθιστάμενων σε μη επεμβατικές θεραπείες, η χειρουργική επέμβαση συνίσταται ως η απόλυτη θεραπευτική προσέγγιση.

Η εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων (ESWT) παρουσιάστηκε πριν από 10 χρόνια ως μη επεμβατική θεραπεία για τον πόνο στους μαλακούς ιστούς σε ορθοπεδικές διαταραχές όπως ασβεστώδης τενοντίτιδα του ώμου, χρόνια επικονδυλίτιδα του αγκώνα και επώδυνη πτέρνα. Σε ελεγχόμενες μελέτες σχετικά με τις

επιδράσεις της εξωσωματικής θεραπείας κρουστικών κυμάτων στη θεραπεία της διαρκούς επώδυνης πτέρνας έχουν αναφερθεί ποσοστά επιτυχίας μεταξύ 48 και 77%.

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η σύγκριση των επιδράσεων της ESTW σε χρόνια πελματιαία απονευρωσίτιδα συσχετιζόμενη με άκανθα πτέρνας με επιπλέον μη επεμβατική αντιμετώπιση.

Ασθενείς και μέθοδοι

Μεταξύ του Ιανουαρίου του 1999 και του Αυγούστου του 1999, 48 ασθενείς με 50 πέλματα πάσχοντα από καταφύουσα πελματιαία απονευρωσίτιδα υπεβλήθησαν σε θεραπεία κρουστικών κυμάτων χαμηλής ενέργειας στα πλαίσια μιας ενδεχόμενης μελέτης.

Τα κριτήρια συμμετοχής ήταν, ανεπιτυχής θεραπεία, τουλάχιστον, έξι μηνών συνιστάμενη από χορήγηση μη-στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων, heel cup, ορθωτικά υποδήματα και/ή τροποποιήσεις υποδημάτων, τοπικές εγχύσεις στεροειδών και ηλεκτροθεραπεία (ιοντοφόρηση με δικλοφενάκη). Προκειμένου να διευκολυνθεί ο εντοπισμός, με υπερηχογραφία, της κατάφυσης της πελματιαίας απονευρωσίτιδας, επιλέχθηκαν μόνον ασθενείς με άκανθα πτέρνας. Κατά την κλινική εξέταση, έπρεπε να προκληθή τυπικός πόνος κατά το μέσο της απόφυσης του κυρτώματος της πτέρνας (εγγύα πελματιαία απονευρωσίτιδα).

Η υποομάδα των ασθενών με πελματιαία απονευρωσίτιδα, στην οποία δεν υπήρχε πόνος στην κατάφυση αλλά υπήρχε disabling πόνος στην πελματιαία επιφάνεια, δεν επιλέχθηκε.. Αυτό επέτρεψε τη δημιουργία μιας ιδιαίτερα ομοιογενούς ομάδας ασθενών. Επίσης αποκλείστηκαν ασθενείς με νευρολογικές διαταραχές, τοπικές μολύνσεις, τοπικούς όγκους, διαταραχές πήξης και εγκυμοσύνη.

Κατά την προσέλευση στο τμήμα των εξωτερικών ασθενών οι ασθενείς χωρίστηκαν τυχαίοποιημένα σε δύο ομάδες. Όλοι οι ασθενείς φορούσαν heel cups σε όλη τη διάρκεια της μελέτης τα οποία τους συνταγογραφήθηκαν. Η ομάδα θεραπείας 1 ξεκίνησε αμέσως με τρεις αγωγές ESWT (3000 κρούσεις/ θεραπεία με $0.2\text{mJ}/\text{mm}^2$) σε εβδομαδιαία μεσοδιαστήματα και χωρίς

επιπλέον θεραπεία. Στην ομάδα θεραπειάς 2 συνεχίστηκε η συμβατική θεραπεία με ιοντοφόρηση και δικλοφενάκη και NSAID σε στοματικά. Κατόπιν 12 εβδομάδων αντιμετωπίστηκαν βάση του πρωτοκόλλου της ομάδας 1. Η εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων εκτελέστηκε με τη συσκευή PiezoSon 300 (Richard Wolf, Knittlingen, Germany), ένα πιεζοηλεκτρικό σύστημα με υπερηχογραφικό εντοπισμό.

Το κρουστικό κύμα είναι ένας ηχητικός παλμός με συγκεκριμένα φυσικά χαρακτηριστικά. Χαρακτηρίζεται από μια εξαιρετικά μεγάλη αύξηση τη πίεσεως (50-80Μρα) και απότομη μείωση με επακόλουθο ένα αρνητικό κύμα πίεσης (10Μρα). Ο κύκλος λειτουργίας είναι μικρός (10 ms). Το συχνοτικό φάσμα εκτείνεται σε μία περιοχή από 16Hz έως 20MHz. Το κρουστικό κύμα ορίζεται από τα εξής φυσικά στοιχεία: γεωμετρία εστιακής περιοχής (μήκος και διάμετρος [mm]), μέγιστη πίεση στην περιοχή εστίασης [bar] και ενεργειακή πυκνότητα στην περιοχή εστίασης [mJ/mm²]. Η ενεργειακή πυκνότητα χρησιμοποιείται για τη σύγκριση θεραπευτικών πρωτοκόλλων ESWT που εκτελούνται από μηχανήματα διαφορετικής αρχής παραγωγής (ηλεκτροϋδραυλικά, ηλεκτρο-μαγνητικά, και πιεζοηλεκτρικά συστήματα).

Ένας ασθενής δεν εμφανίστηκε κατά την περίοδο παρακολούθησης. Η ομάδα 1 συνίστατο από 24 ασθενείς, πέντε άνδρες και δεκαεννέα γυναίκες, με 25 επώδυνες πτέρνες. Η μέση ηλικία ήταν 51 έτη (26 έως 73) και η διάρκεια των συμπτωμάτων 8,6 μήνες (6 έως πάνω από 12). Το μήκος της άκανθας πτέρνας, βάση πλάγιας ακτινογραφίας, μετρήθηκε 3,2mm (0,5 έως 11). Ο δείκτης μάζας σώματος ήταν 29,6 kg/m² (21,5 έως 41,4) και το Ευρωπαϊκό μέγεθος υποδήματος 36 έως 48). Η ομάδα 2 συνίστατο από 23 ασθενείς, 10 άνδρες και 13 γυναίκες με 24 επώδυνες πτέρνες. Η μέση ηλικία ήταν 48 χρόνια (24 έως 79). Η μέση διάρκεια των συμπτωμάτων υπολογίστηκε 10,2 μήνες (6 έως πάνω από 12), το μήκος της άκανθας πτέρνας, βάση πλάγιας ακτινογραφίας, μετρήθηκε 3,0mm (1 έως 8). Ο μέσος δείκτης μάζας σώματος ήταν 28,7 kg/m² (20,2 έως 45) και το ευρωπαϊκό μέγεθος υποδήματος 41 (36 έως 45).

Πριν την ESWT και κατά τις συναντήσεις παρακολούθησης (6, 12 και 24 εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της ESWT), διεξήχθη μία κλινική αξιολόγηση. Η ένταση του πόνου , μετρήθηκε με οπτική αναλογική κλίμακα (VAS) βαθμονομημένη από απουσία πόνου (0) έως μέγιστο πόνο (100), υπό διαφορετικές συνθήκες (χαλάρωση, καθημερινές δραστηριότητες, στάση στο ένα πόδι, άσκηση

πίεσης με τον αντίχειρα με ισχυρή λαβή) και εκτιμήθηκε, από τους ασθενείς, ο μέσος χρόνος άνετης βάδισης. Η στατιστική ανάλυση έγινε με μη-παραμετρική δοκιμή Wilcoxon για συνδυασμένα δείγματα.

Αποτελέσματα

Εκτίμηση του πόνου από τους ασθενείς στην VAS, 24 εβδομάδες μετά τη θεραπεία βελτιώθηκε σημαντικά σε όλες τις περιπτώσεις στην ομάδα 1 με $p < 0,01$ (Πίνακας 1). Κατά τη χαλάρωση ο πόνος μειώθηκε κατά 64%. Ανάλογα υπήρχε επίσης μείωση του πόνου κατά την καθημερινή δραστηριότητα, σε ποσοστό 71%, κατά τη στάση σε ένα πόδι υπήρξε μείωση 64% και κατά την άσκηση έντονης πίεσης με τον αντίχειρα 65%. Στην ομάδα 2 δεν υπήρξε σχεδόν καμία μεταβολή στην οπτική κλίμακα πριν και μετά την περίοδο, αναμονής, των 12 εβδομάδων. 24 εβδομάδες μετά την ESWT η εκτίμηση του πόνου μειώθηκε σημαντικά με $p < 0,01$ σε όλες τις περιπτώσεις. Κατά τη χαλάρωση ο πόνος μειώθηκε 88%. Ανάλογα παρατηρήθηκε μειώθηκε κατά την καθημερινή δραστηριότητα κατά 83%, κατά τη στάση στο ένα πόδι κατά 84% και κατά την άσκηση έντονης πίεσης με τον αντίχειρα, κατά 83%. Δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων. Ο χρόνος άνετης βάδισης αυξήθηκε σημαντικά ($p < 0,01$) σε όλες τις δοκιμές, αυτών πριν την ESWT και 24 εβδομάδες μετά, και στις δύο ομάδες. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων.

Συγκρίνοντας τους ασθενείς που είχαν κάποια ενόχληση (VAS < 30 μονάδων) 24 εβδομάδες μετά την ESWT με τους υπόλοιπους ασθενείς αναφορικά ως προς το μέγεθος του υποδήματος (Ομάδα 1 : 40,3±2,3 έναντι 39,5±2,2 . Ομάδα 2: 40,8±2,1 έναντι 40,4±1,7), το μήκος της άκανθας (Ομάδα 1: 3,0±1,2mm έναντι 3,5±3,1mm. Ομάδα 2: 2,9±1,6mm έναντι 3,3±1,6mm) και τον δείκτη μάζας σώματος (Ομάδα 1: 29,3±5,7 έναντι 30,2±5,4kg/m². Ομάδα 2: 28,6±4,4 έναντι 29,0±7,9kg/m²) δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές.

Αντιστοίχως, η διαφορά μεταξύ των ασθενών που δεν είχαν κάποια ενόχληση (VAS < 10) 24 εβδομάδες μετά την ESWT με τους υπολειπόμενους ασθενείς αναφορικά με το μέγεθος του υποδήματος (Ομάδα 1: 40,2±2,4 έναντι 39,8±2,1. Ομάδα 2: 40,9±2,4 έναντι 40,4±1,4), το μήκος άκανθας (Ομάδα 1: 3,0±1,7mm έναντι 3,0±1,5mm) και τον δείκτη μάζας σώματος (Ομάδα 1: 29,6±5,9 έναντι 29,7±5,2kg/m²; Ομάδα 2: 29,0±4,8 έναντι 28,1±5,8kg/m²) επίσης δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 1: Πόνος στην αναλογική οπτική κλίμακα (VAS) πριν και μετά την εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων (ESWT), στην Ομάδα 1 (25 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα) και στην Ομάδα 2 (24 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα). Σημαντική μείωση από t=0 έως t=24 εβδομάδες ($p < 0,01$) και στις δύο ομάδες χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων.

		t=12 εβδομάδες	t=0	t=6 εβδομάδες	t=12 εβδομάδες	t=24 εβδομάδες
Ομάδα 1 n=25 VAS ± SD	Χαλάρωση		34,0 ± 27,1	13,8 ± 26,0	11,8 ± 19,8	12,0 ± 25,9
	Καθημερινότητα		78,2 ± 17,5	28,2 ± 31,4	29,0 ± 31,6	22,6 ± 33,6
	Στάση στο ένα πόδι		78,8 ± 20,2	25,6 ± 31,9	36,4 ± 37,4	28,2 ± 37,2
	Έντονη πίεση με τον αντίχειρα		79,4 ± 22,7	31,4 ± 31,6	37,8 ± 38,1	28,0 ± 37,6
Ομάδα 2 n=24 VAS ± SD	Χαλάρωση	43,1 ± 26,7	43,1 ± 26,9	18,8 ± 29,8	10,2 ± 24,4	5,0 ± 20,4
	Καθημερινότητα	70,2 ± 22,4	70,4 ± 22,2	37,1 ± 32,8	26,0 ± 30,1	11,9 ± 23,5
	Στάση στο ένα πόδι	74,6 ± 25,1	74,8 ± 24,9	38,5 ± 36,8	29,2 ± 36,9	11,9 ± 24,6
	Έντονη πίεση με τον αντίχειρα	84,2 ± 16,6	84,2 ± 15,9	49,6 ± 35,5	33,5 ± 38,0	14,2 ± 24,3

Πίνακας 2: Χρόνος άνετης βάδισης, σε ώρες (h), πριν και μετά την εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων (ESWT) στην Ομάδα 1 (25 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα) και στην Ομάδα 2 (24 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα). Σημαντική αύξηση από t = 0 έως t = 24 εβδομάδες ($p < 0,01$) και στις δύο ομάδες, χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ των.

		t = 12	t = 0	t = 6	t = 12	t = 24
Ομάδα 1 n=25	Χρόνος άνετης βάδισης ± SD [h]		0,4 ± 1,0	5,7 ± 7,2	5,3 ± 6,9	7,8 ± 7,5
Ομάδα 2 n=24	Χρόνος άνετης βάδισης ± SD [h]	0,3 ± 0,5	0,3 ± 0,5	5,9 ± 7,5	7,8 ± 7,8	10,9 ± 6,9

Πίνακας 3: Ασθενείς με λιγότερο από 30 βαθμούς στην οπτική αναλογική κλίμακα (VAS, μέγιστο 100) πριν και μετά την εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων (ESWT) στην Ομάδα 1 (25 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα) και στην Ομάδα 2 (24 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα). Σημαντική αύξηση από t=0 έως t=24 εβδομάδες ($p < 0,01$) και στις δύο ομάδες χωρίς αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ αυτών.

		t=12	t=0	t=6	t=12	t=24
		n(%)	n (%)	n(%)	n(%)	n(%)
Ομάδα 1 n=25 VAS<30	Χαλάρωση		11 (44)	21 (84)	20 (80)	20 (80)
	Καθημερινότητα		0 (0)	15 (60)	15 (60)	18 (72)
	Στάση στο ένα πόδι		1 (4)	15 (60)	14 (56)	16 (64)
	Έντονη πίεση με τον αντίχειρα		0 (0)	15 (60)	13 (52)	14 (56)
Ομάδα 2 n=24 VAS<30	Χαλάρωση	8 (33)	8 (33)	18 (75)	21 (88)	23 (96)
	Καθημερινότητα	1 (4)	1 (4)	9 (38)	16 (67)	20 (83)
	Στάση στο ένα πόδι	1 (4)	1 (4)	10 (41)	16 (67)	20 (83)
	Έντονη πίεση με τον αντίχειρα	0 (0)	0 (0)	7 (29)	14 (58)	19 (79)

Πίνακας 4: Ασθενείς με λιγότερους από 10 βαθμούς στην οπτική αναλογική κλίμακα (VAS, μέγιστο 100) πριν και μετά την εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων (ESWT) στην Ομάδα 1 (25 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα) και στην Ομάδα 2 (24 πτέρνες με πελματιαία απονευρωσίτιδα). Σημαντική αύξηση από t=0 έως t=24 εβδομάδες ($p < 0,01$) και στις δύο ομάδες χωρίς αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ αυτών.

		t=12	t=0	t=6	t=12	t=24
		n(%)	n (%)	n(%)	n(%)	n(%)
Ομάδα 1 n=25 VAS<30	Χαλάρωση		7 (28)	16 (64)	16 (64)	20 (80)
	Καθημερινότητα		0 (0)	10 (40)	10 (40)	14 (56)
	Στάση στο ένα πόδι		0 (0)	10 (40)	8 (32)	13 (52)
	Έντονη πίεση με τον αντίχειρα		0 (0)	6 (24)	8 (32)	13 (52)
Ομάδα 2 n=24 VAS<30	Χαλάρωση	2 (8)	2 (8)	13 (54)	19 (79)	21 (87)
	Καθημερινότητα	1 (4)	1 (4)	8 (33)	11 (46)	15 (63)
	Στάση στο ένα πόδι	1 (4)	1 (4)	8 (33)	11 (46)	17 (71)
	Έντονη πίεση με τον αντίχειρα	0 (0)	0 (0)	4 (17)	10 (42)	14 (58)

Σχολιασμός

Η πελματιαία απονευρωσίτιδα είναι κοινή παθολογική κατάσταση των πελμάτων. Η πρωταρχική αιτία είναι ασαφής αλλά παράγοντες προδιάθεσης όπως παχυσαρκία, πλατυποδία, αυξημένος πρηγνισμός του ποδός, επαναλαμβανόμενη καταπόνηση, κοιλοποδία ή συστολή του Αχιλλείου τένοντα μπορεί να ασκήσουν πίεση στην έκφυση της πελματιαίας απονευρωσίτιδας στην διάμεση απόφυση του κυρτώματος της πτέρνας. Έρευνες οι οποίες αφορούν στα αποτελέσματα των μη επεμβατικών πρωτοκόλλων θεραπείας της πελματιαίας απονευρωσίτιδας, αναφέρουν μια συνολική ανακούφιση από τον πόνο σε ποσοστό 44% έως 82% των ασθενών. Αυτά τα πρωτόκολλα περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες, από τις επόμενες, μη επεμβατικές θεραπείες: ασκήσεις έκτασης για τον Αχιλλείο τένοντα και την πελματιαία περιτονία, νάρθηκα κατά τη διάρκεια της νυκτός, θερμοθεραπεία, μη στεροειδή αντιφλεγμονώδη φάρμακα, ορθοτικά, heel cups, τροποποιήσεις υποδημάτων, καλούπια και ενέσεις στεροειδών. Ο Martin et al. συνέστησε, στα άτομα στα οποία ο πόνος δεν βελτιώθηκε μετά από 6 μήνες αυστηρών, συμβατικών πρωτοκόλλων θεραπείας, επεμβατική αντιμετώπιση. Τα αποτελέσματα των εγχειρήσεων στους ασθενείς, στους οποίους δεν υπήρξε ανταπόκριση από την μην επεμβατική αντιμετώπιση, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία

υπάρχουν διαφορές από 48% μέχρι 90% κατόπιν ποικίλων χειρουργικών επεμβάσεων. Ο Rompe et al. αναφέρει, κατόπιν ESWT, ποσοστά επιτυχίας 48% σε έξι μήνες και ποσοστά 77,4% σε 24 μήνες. Περαιτέρω μελέτες αναφέρουν ποσοστά επιτυχίας 70% μετά από 5 μήνες (Hammet et al.) και 58% μετά από 12 μήνες (Krischek et al.) Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, με βελτίωση του πόνου, στην οπτική αναλογική κλίμακα (VAS) έξι μήνες μετά τη θεραπεία, σε ποσοστά μεταξύ 64% και 88% (ανάλογα με την δοκιμή) είναι σε συμφωνία με την προαναφερθείσα αναφορά της βιβλιογραφίας. Η παρούσα μελέτη έδειξε, επίσης, πως η συνέχιση της μη επεμβατικής αγωγής (τρεις μήνες) σε ασθενείς, τουλάχιστον έξι μηνών, δεν επηρέασε τα επίπεδα του πόνου και το χρόνο άνετης βάδισης. Μια αιτία για πιθανή προκατάληψη στην παρούσα μελέτη, είναι το γεγονός ότι οι ασθενείς της ομάδος 2 γνώριζαν πως θα υποβληθούν σε θεραπεία κρουστικών κυμάτων σε περίπτωση που δε θα υπήρχε βελτίωση. Βρίσκονταν σε μια κατάσταση «πρόθεση για θεραπεία» η οποία ίσως είχε επίδραση σαν αδρανές φάρμακο. Είναι απαραίτητη η διεξαγωγή περαιτέρω μελετών για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα. Δεν ανιχνεύθηκε καμία επίδραση διαφορετικών μορφολογικών παραγόντων, όπως το μήκος της άκανθας, ο δείκτης μάζας σώματος ή το

μέγεθος του υποδήματος, στα αποτελέσματα της θεραπείας ESWT. Η άκανθα πτέρνας δεν θεωρείται ως παθολογικός παράγοντας αλλά θεωρητικά μπορεί να επηρεάσει τη διάδοση και την απορρόφηση των κρουστικών κυμάτων, τοπικά. Παρόλα αυτά δεν παρατηρήθηκε, το μήκος της άκανθας να είναι αποφαντικό του αποτελέσματος,

Σε προηγούμενες μελέτες, σχετικά με την ESWT σε επώδυνη πτέρνα, ακολουθήθηκαν διαφορετικά πρωτόκολλα. Ο Rompe et al. εφήρμοσε 3 x 1.000 κρουστικά κύματα ενέργειας 0,08mJ/mm² και 3 x 1.000 κρουστικά κύματα ενέργειας 0,06 mJ/mm², αντίστοιχα. Ο Krischek et al. εφήρμοσε 3 x 500 κρουστικά κύματα, ενέργειας 0,08mJ/mm² και ο Hammer et al. 3 x 3.000 κρουστικά κύματα, ενέργειας 0,12 mJ/mm². Στην παρούσα έρευνα έγινε εφαρμογή 3 x 3.000 κρουστικών κυμάτων, ενέργειας 0,2mJ/mm². η οποία ήταν σχεδόν δύο φορές περισσότερη από τη συνολική ενέργεια που αποδόθηκε από τους Rompe και Krischek. Ο Krischek et al. καθώς και ο Rompe et al. Απέδωσαν σχεδόν τη μισή ενέργεια από ότι στην παρούσα και πέτυχαν σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα. Παραμένει ασαφές εάν ο μεγαλύτερος αριθμός κρουστικών κυμάτων ή η υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα έχει θετική επίδραση στο κλινικό αποτέλεσμα. Αναφορικά ως προς τα αποτελέσματα των Krischek et al. και Rompe et al. οι οποίοι επέτυχαν παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της παρούσης, χρησιμοποιώντας χαμηλότερη ενέργεια κατά το ήμισυ, είναι αρκετά αμφίβολα.

Ο απόλυτος μηχανισμός της θεραπείας κρουστικών κυμάτων παραμένει ασαφής. Γίνεται δεκτό, γενικώς, πως η τοπική φλεγμονώδης αντίδραση στην κατάφυση της πελματιαίας απονευρωσίτιδας μπορεί να διεγείρει το κεντρικό νευρικό σύστημα αποκαλώντας αύξηση στους διαβιβαστές πόνου. Η υπερδιέγερση του επώδυνου σημείου κατά την εφαρμογή των κρουστικών κυμάτων μπορεί να προκαλεί την ενεργοποίηση descending ανασταλτικών ινών σε επίπεδο εγκεφαλικού στελέχους. Αυτό μπορεί να οδηγεί σε έναν έλεγχο της μετάδοσης μέσω της dorsal horn καθώς και στα ανώτερα επίπεδα του projection σωματικού συστήματος και έτσι στην καταστολή του πόνου. Η γενική ιδέα της εφαρμογής των κρουστικών κυμάτων σε ορθοπεδικά περιστατικά έγκειται στο ότι διεγείρουν ή επανενεργοποιούν επουλωτικούς μηχανισμούς στους τένοντες, τους περιφερειακούς ιστούς και τα οστά, πιθανόν μέσω μικρο – διαρρήξεων σε μη ή ελαχίστως αγγειακούς ιστούς ώστε να προαχθεί η επαναγγείωση, η ενεργοποίηση των τοπικών

παραγόντων ανάπτυξης και η ανάκτηση των κατάλληλων βλαστοκυττάρων άγοντα σε περισσότερο φυσιολογική αποκατάσταση.

Εν κατακλείδι, η μελέτη έδειξε πως με την εξωσωματική θεραπεία κρουστικών κυμάτων κατερθώθη μείωση του πόνου και αξιοσημείωτη αύξηση του χρόνου άνετης βάδισης σε ασθενείς με ανεπιτυχή προηγούμενη μη επεμβατική αντιμετώπιση της πελματιαίας απονευρωσίτιδας. Έως και 80% των ασθενών πλήρη ή σχεδόν πλήρη απαλλαγή από τον πόνο κατά την περίοδο παρακολούθησης των έξι μηνών.