

Η επίδραση ρευμάτων eddy στην μαγνητική υπερθερμία νανοσωματιδίων

Ο καρκίνος είναι μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτου παγκοσμίως. Σήμερα οι συμβατικές μέθοδοι θεραπείας που χρησιμοποιούνται όπως η ακτινοθεραπεία, η χειρουργική και η χημειοθεραπεία παρουσιάζουν πολλούς περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν κυρίως στον μη εντοπισμό της θεραπείας στην πάσχουσα περιοχή. Η μαγνητική υπερθερμία είναι μια σύγχρονη θεραπεία που έχει ως στόχο την τοπική καταστροφή του καρκινικού όγκου. Τα μαγνητικά νανοσωματίδια με την βοήθεια μαγνητικού πεδίου μπορούν να οδηγηθούν στην περιοχή στόχο και με την εφαρμογή εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου να αυξήσουν τοπικά την θερμοκρασία καταστρέφοντας την παθογόνα περιοχή.

Ένας, όμως, περιορισμός που εμποδίζει την κλινική εφαρμογή της θεραπείας της μαγνητικής υπερθερμίας είναι η εμφάνιση των ρευμάτων eddy στους υγιείς ιστούς του ανθρώπου εξαιτίας του ηλεκτρικού πεδίου που επάγεται από το εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο. Η εμφάνιση αυτών των ρευμάτων θερμαίνει τους υγιείς ιστούς προκαλώντας δυσάρεστες παρενέργειες στους ασθενείς και έτσι εμποδίζει τη χρήση υψηλότερων μαγνητικών πεδίων περιορίζοντας την αποτελεσματικότητα της θεραπείας.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ελαχιστοποίηση της ανεπιθύμητης θέρμανσης λόγω των ρευμάτων eddy και η ταυτόχρονη διατήρηση μιας ικανοποιητικής έκλυσης θερμότητας από τα μαγνητικά νανοσωματίδια που θα μπορούσε να αυξήσει την αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος χρησιμοποιήθηκε διακοπτόμενο εφαρμοζόμενο εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο έτσι ώστε στη διάρκεια κατά την οποία το πεδίο είναι κλειστό να μπορεί ο υγιής ιστός να ψύχεται μερικώς, δηλαδή να περιορίζεται η ανεπιθύμητη αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας των ρευμάτων eddy.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν διαλύματα που προσομοίαζαν στην περιοχή του καρκινικού όγκου και διαλύματα που προσομοίαζαν στους υγιείς ιστούς. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν προπαρασκευαστικά πειράματα, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι βέλτιστες παράμετροι όπως, ο χρόνος των μετρήσεων, το σημείο των μετρήσεων και η ομοιογένεια των διαλυμάτων. Κατόπιν έγινε μια σειρά από πειράματα σε διακοπτόμενο μαγνητικό πεδίο. Σε αυτή την ενότητα μελετήθηκαν ο χρόνος λειτουργίας, ο κύκλος λειτουργίας και διαφορετικά πλάτη μαγνητικού πεδίου και προσδιορίστηκαν οι βέλτιστες συνθήκες. Ως βέλτιστες θεωρήθηκαν οι συνθήκες στις οποίες εμφανίζονταν η χαμηλότερη αύξηση της θερμοκρασίας λόγω των ρευμάτων eddy ενώ, παράλληλα διατηρούνταν αρκετά υψηλή η θερμοκρασία λόγω των μαγνητικών νανοσωματιδίων ώστε να είναι αποτελεσματική η ενδεχόμενη θεραπεία.

Στην συνέχεια οι βέλτιστες αυτές συνθήκες που παρατηρήθηκαν στα προηγούμενα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν σε πειράματα *ex vivo*. Στα πειράματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα μοσχαρίσιου κιμά μαζί με μαγνητικά νανοσωματίδια

για να προσομοιάζουν στον καρκινικό όγκο και διαλύματα μοσχαρίσιου κιμά χωρίς μαγνητικά νανοσωματίδια για να προσομοιάζουν στους υγιείς ιστούς. Επιπλέον, σε αυτή την μελέτη δοκιμάστηκαν δυο διαφορετικές συγκεντρώσεις νανοσωματιδίων 4 mg/ml και 8 mg/ml. Η συγκέντρωση των 8 mg/ml έδωσε καλύτερα αποτελέσματα.

Τέλος στην εργασία αυτή μελετήθηκαν δυο συστήματα που προσομοιάζαν στην περιοχή του καρκινικού όγκου και στους γύρω υγιείς ιστούς. Το ένα επρόκειτο για ένα σύστημα ex vivo με κιμά από το οποίο προέκυψαν καλά αποτελέσματα σε συμφωνία με τα προηγούμενα πειράματα. Το δεύτερο επρόκειτο για ένα σύστημα αγαρόζης και νανοσωματιδίων όπου παρατηρήθηκε η διάχυση της θερμότητας από την περιοχή της θεραπείας στους παρακείμενους υγιείς ιστούς.

Εκτός όμως από την πειραματική μελέτη παρουσιάζονται συγκριτικά και τα θεωρητικά υπολογιστικά μοντέλα που δημιουργήθηκαν για τα παραπάνω πειράματα. Από την μεταξύ τους σύγκριση παρατηρείται η συμφωνία των πειραμάτων και των υπολογιστικών προσομοιώσεων.

Μέσα από την εργασία αυτή αναδεικνύεται η αποτελεσματικότητα της χρήσης του διακοπτόμενα εφαρμοζόμενου εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου στην θεραπεία της μαγνητικής υπερθερμίας στα πειράματα αγαρόζης και στα πειράματα ex vivo που πραγματοποιήθηκαν. Μετά το πέρας όλων των μελετών, βρέθηκαν οι βέλτιστες συνθήκες που μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση των ρευμάτων eddy και σε διατήρηση ικανοποιητικών θερμοκρασιών στα νανοσωματίδια, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί η θεραπεία. Αυτές οι συνθήκες είναι ικανοποιητικές, όχι μόνο για τα πειράματα αγαρόζης, αλλά και για τα ex vivo πειράματα.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι ενθαρρυντικά για την αποτελεσματική εφαρμογή της μαγνητικής υπερθερμίας στη θεραπεία και στην προστασία του ασθενούς από αρνητικές παρενέργειες.