

**ΕΥΡΕΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΟΣΤΩΝ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ
ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΚΑΤΑΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΣΤΕΟΠΩΡΩΣΗ
Ε. Καξίρα, Μ. Λύρα -Γεωργοσοπούλου, Δ. Γλάρος
Εργ. Ακτινολογίας, Παν/μιο Αθηνών και Εργ. Ιατρικής Φυσικής
Παν/μίου Ιωαννίνων**

Σύνοψη στο Α Πανελλήνιο Συνέδριο Υπερήχων στην Ιατρική – Αθήνα-

Η μεγαλύτερη έμφαση στις ιατρικές διαγνωστικές εφαρμογές των υπερήχων έχει δοθεί στη μέτρηση των ανακλάσεων του ήχου από τις εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες των ιστών.

Πολλές εργασίες έχουν βασιστεί στην απορρόφηση του ήχου και στη μέτρηση του χρόνου διάδοσης μέσα από τους ιστούς.

Οι μετρήσεις που περιγράφονται στην εργασία αυτή βασίζονται στο χρόνο διάδοσης του ήχου και στηρίζονται στο γεγονός ότι η ταχύτητα του ήχου είναι μεγαλύτερη στα στερεά απ' ότι στα υγρά. Έτσι, όταν ένας ηχητικός παλμός περάσει από ένα μέλος του σώματος που περιέχει οστά και μαλακούς ιστούς, η ταχύτητα θα είναι μεγαλύτερη στα οστά απ' ότι στους μαλακούς ιστούς. Ο απαιτούμενος χρόνος λοιπόν για να διασχίσει ο παλμός το μέλος του σώματος θα εξαρτάται από το είδος του ιστού.

Τα ηχητικά κύματα στα υγρά είναι επιμήκη, ενώ στα στερεά επιμήκη και εγκάρσια. Αντίστοιχα στους μαλακούς ιστούς παρατηρούμε επιμήκη διάδοση των υπερήχων, ενώ στα οστά επιμήκη και εγκάρσια. Οι μετρήσεις μας αναφέρονται στην επιμήκη διάδοση των υπερήχων στα οστά.

Σκοπός μας είναι η ποιοτική ταξινόμηση των οστών ως προς τη σύστασή τους, περιεκτικότητα σε άλατα, με χρήση υπερήχων.

Η περιεκτικότητα των οστών σε άλατα στερείται συνήθως με μεθόδους όπως ακτινογράφιση, μέτρηση απορρόφησης γ-ακτινοβολίας.

Η ελάττωση της περιεκτικότητας των οστών σε άλατα είναι χαρακτηριστική της οστεοπόρωσης, μια ασθένεια που επιδρά τουλάχιστον στο 25% του γυναικείου πληθυσμού (μετά την κλιμακτήριο) και οδηγεί σε μια ποικιλία καταγμάτων συμπίεσης.

Οστεοπορωτικές αλλαγές παρουσιάζονται αρχικά στο σπογγώδες μέρος των οστών και σε προχωρημένα μόνο στάδια εμφανίζεται λέπτυνση του φλοιού των οστών.

Οι μέχρι τώρα in vivo μελέτες με χρήση υπερήχων έχουν κατευθυνθεί κυρίως στη μέτρηση της λέπτυνσης του φλοιού, παρά στις ιδιότητες του σπογγώδους οστού.

Όταν εμφανίζεται ελάττωση της περιεκτικότητας των οστών σε άλατα (οστεοπόρωση), ο όγκος του οστού γίνεται μικρότερος και ο κίνδυνος κατάγματος αυξάνει.

Όταν ο κίνδυνος κατάγματος είναι σημαντικός ή μείωση της περιεκτικότητας σε άλατα φτάνει το 30 έως 60%).

Τότε ακτινογραφικά παρατηρούνται αλλαγές όπως λέπτυνση του φλοιού, κατάγματα συμπίεσης, κ.α.

Σ' αυτό το στάδιο οι προσπάθειες θεραπείας του οστού είναι απογοητευτικές. Αν όμως η ελάττωση των αλάτων στα οστά εκτιμηθεί νωρίς, η εξέλιξη της οστεοπόρωσης μπορεί να σταματήσει με μέτρα όπως συμπλήρωση αλάτων, φθορίου, χορήγηση ορμονών (gonad hormones) και φυσικοθεραπεία.

Οστεοπόρωση παρατηρείται και σε οστά που έχουν ήδη υποστεί κάποιο κάταγμα. Ακτινογραφικά παρατηρείται στο σημείο του κατάγματος σταδιακή ανάπλαση του οστού (εναπόθεση αλάτων) ενώ στο υπόλοιπο τμήμα του οστού οστεοπόρωση. Εκτός της οστεοπόρωσης στις γυναίκες μετά την κλιμακτήριο, και της οστεοπόρωσης σε κατάγματα, ελάττωση της περιεκτικότητας σε άλατα των οστών παρατηρείται σε ποικίλες ασθένειες: χρόνια αρθρίτιδα, μεταστατικό καρκίνωμα με ή χωρίς θεραπεία, οστεοδυστροφία, νόσος του Graves, σύνδρομο δυσαπορρόφησης, χηρόνια θεραπεία με κορτικοστεροειδή, βλάβες σπονδυλικής στήλης και ανεπάρκειες βιταμινών.

Σε πολλές περιπτώσεις λοιπόν απαιτείται η μέτρηση της περιεκτικότητας των οστών σε άλατα και η γρήγορη διάγνωση της μεταβολής αυτής.

Η ποιοτική ταξινόμηση των οστών ως προς τη σύστασή τους που γίνεται με υπερήχους χωρίζεται σε α) μελέτη in vitro και β) μελέτη in vivo.

α) Μελέτη in vitro

Μετρήθηκε ο συντελεστής εξασθένησης των υπερήχων σε δείγματα μακρών οστών ζώων 1) με την τεχνική της ανακλάσεως (μέτρηση ανακλώμενων παλμών που παίρνουμε κατά τη διέλευση της υπερηχητικής δέσμης από το δείγμα) και 2) με την τεχνική της διαδόσεως (μέτρηση παλμών που διέρχονται από το δείγμα), στηριζόμενοι στην αρχή του CHEVENKO. Η διαφορά των συντελεστών εξασθένησης σε ένα υλικό για δύο δέσμες υπερήχων με διαφορετική συχνότητα, αποτελεί παράμετρο χαρακτηριστική για το υλικό.

Το πλάτος του παλμού που ανακλάται ή διαδίδεται σε μια διαχωριστική επιφάνεια εξαρτάται σε πρώτη προσέγγιση από τον παράγοντα ανάκλασης ή διάδοσης αντίστοιχα και από τον συντελεστή εξασθένησης.

Στηριζόμενοι στην αρχή CHEVENKO και το μοντέλο με παράλληλες επιφάνειες παίρνουμε τη διαφορά συντελεστών εξασθένησης:

$$\Delta = \alpha_N(F_2) - \alpha_N(F_1) = \frac{Q(F_2) - Q(F_1)}{2Z}$$

όπου $\alpha_N(F_1)$, $\alpha_N(F_2)$ οι συντελεστές εξασθένησης για τις δύο συχνότητες F_1 , F_2 . $R(F_1)$, $Q(F_2)$ είναι ο λόγος των πλατών των ανακλάσεων (ή πλατών διάδοσης) στο πρόσθιο και οπίσθιο τοίχωμα του μοντέλου πάχους Z .

Η διαφορά Δ την οποία ονομάζουμε «χαρακτηριστικό» συντελεστή εξασθένησης εξαρτάται από τη σύσταση του υλικού και μας δίνει τη δυνατότητα να διακρίνουμε τα υλικά σε κατηγορίες.

Για τα in vitro δείγματα έγιναν μετρήσεις της ταχύτητας διάδοσης των υπερήχων. Η ταχύτητα διάδοσης σε υγιές οστό είναι

~3500 m/s και σε οστεοπορωτικό οστό ~3200 m/s. Θα γίνει μια αντίστοιχη ταξινόμηση των δειγμάτων. Στις in vitro μετρήσεις θα γίνει χρήση στατικού υπερηχοτομογράφου με βραχίονα της PICKER.

Οι δέσμες που χρησιμοποιήσαμε είχαν συχνότητες 2,25 και 3,5 MHz και μέγιστες εντάσεις ~20 mW.

Τα οστά δεν περιβάλλοντο από μαλακούς ιστούς και ευρίσκοντο μέσα σε νερό, υλικό μη απορροφόν.

Το πρόβλημα της επιλογής των δειγμάτων (π.χ. αν μελετάμε ένα μακρύ οστό, τότε ποιο τμήμα του, ή το σπογγώδες ή συμπαγές μέρος αυτού), ήταν μικρότερο όταν οι τομές που χρησιμοποιούσαμε λαμβάνοντο κάθετες στο επίπεδο κατεύθυνσης της δέσμης.

Ακόμη έγινε σταθεροποίηση της πειραματικής μεθόδου όσον αφορά στις συνθήκες μέτρησης που πρέπει να είναι οι ίδιες.

Τα δείγματα εξετάστηκαν ιστολογικά και ακτινογραφικά για να βρεθεί η σύστασή τους και στη συνέχεια βρέθηκε ο βαθμός συσχέτισης των αποτελεσμάτων αυτών με τις μετρήσεις μας.

β) Μελέτη in vivo

Οι μετρήσεις in vivo έγιναν σε ασθενείς με κατάγματα στα άκρα για χρονικό διάστημα δύο μηνών (μετά την αφαίρεση του γύψου) με σκοπό την εύρεση ακουστικής παραμέτρου των οστών (χαρακτηριστικού συντελεστή εξασθένησης).

Οι μετρήσεις γίνονται : 1) στην περιοχή του κατάγματος όπου θα παρατηρούμε μεταβολή με τη σταδιακή ανάπτυξη του οστού και 2) στο υπόλοιπο τμήμα του

οστού το οποίο θα συγκρίνεται με μετρήσεις στο αντίστοιχο υγιές άκρο.

Οι τιμές του χαρακτηριστικού συντελεστή εξασθένησης των in vivo δειγμάτων, αφού έγιναν οι κατάλληλες διορθώσεις, συγκρίθηκαν

α) με αντίστοιχες ακτινογραφικές εξετάσεις,

β) με τις τιμές των in vitro δειγμάτων.

Στις in vivo μετρήσεις με χρήση υπερηχογράφου της METROTEK (σύστημα υπερηχητικής ισομετρικής απεικόνισης) του εργαστηρίου Ιατρικής Φυσικής Ιωαννίνων.

Οι συχνότητες των υπερηχητικών δεσμών είναι από 1 έως 10 MHz και οι εντάσεις τους ~500 mW.

Γίνεται χρήση δύο πυλών, ώστε να έχουμε τον απαιτούμενο περιορισμό πληροφοριών στην περιοχή του οστού.

Η συνεισφορά της μελέτης έγκειται στην εύρεση του χαρακτηριστικού συντελεστή εξασθένησης με τον οποίο θα έχουμε μια ποιοτική ταξινόμηση των οστών ως προς τη σύστασή τους. Συνεπώς θα είναι δυνατή η από νωρίς διάγνωση οστεοπορωτικών αλλαγών. Η διάγνωση με υπερήχους θα αποτελεί συμπλήρωμα της ακτινοδιαγνωστικής. Θα έχει δε το πλεονέκτημα της μη χρήσης ακτινοβολιών. Ακόμη, η μέθοδος θα είναι αναίμακτη και χωρίς προβλήματα για τον ασθενή.