

# Θέμα: In vivo μη καταστροφικός έλεγχος ποιότητας των οστών με κραδασμούς και κυματικές τεχνικές.

Εισηγητές: Δ. Βέντζας, ΗΜ, καθ/τής ΤΕΙ Αθήνας.  
Μ. Παραλίκα, ΠΜ, επίκ. καθ/τρια ΤΕΙ Αθήνας.

Παρουσιαστής: Δ. Βέντζας.

## Εισαγωγή

Στην προσπάθεια σύνδεσης της θεωρίας με την πράξη στη διδασκαλία μαθημάτων Αντοχής και Μηχανικής στους σπουδαστές του Τμήματος Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων, αναπτύχθηκε ο μη καταστροφικός έλεγχος οστών. Σαν πηγή και βάση πληροφοριών χρησιμοποιήθηκαν τα συμπεράσματα της ομάδας έρευνας COMAC-BME της ΕΟΚ (1985-1990) με στόχο τη:

- μελέτη του ποιοτικού προσδιορισμού της οστεοπόρωσης
- παρακολούθηση της θεραπείας καταγμάτων
- χαλάρωση τεχνητών συνδέσμων οστικών κλειδώσεων
- μακροπρόθεσμη επίδραση της κόπωσης στα οστά αθλητών, με χρήση τεχνικών κραδασμών και υπερήχων.

Στην ομάδα αυτή συμμετείχαν και οι Έλληνες Ι. Δαμηλάκης και Ε. Δρεττάκης του Τμήματος Ορθοπαιδικής και Τραυματολογίας του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου του Ηρακλείου της Κρήτης, οι οποίοι μέτρησαν εξασθένιση υπερήχων σε ασθενείς με ορθοπαιδικά προβλήματα.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν συνολικά στη μελέτη αυτή είναι:

Παράμετρος	Ανάλυση κραδασμών	Ανάλυση κύματος
ταχύτητα	φυσική συχνότητα $f$	ταχύτητα μετάδοσης $c$
απόκριση συχνότητας	$H(f)$	εξασθένιση $A(f)$

Οι μέθοδοι που παρουσιάζονται παρακάτω είναι τρεις:

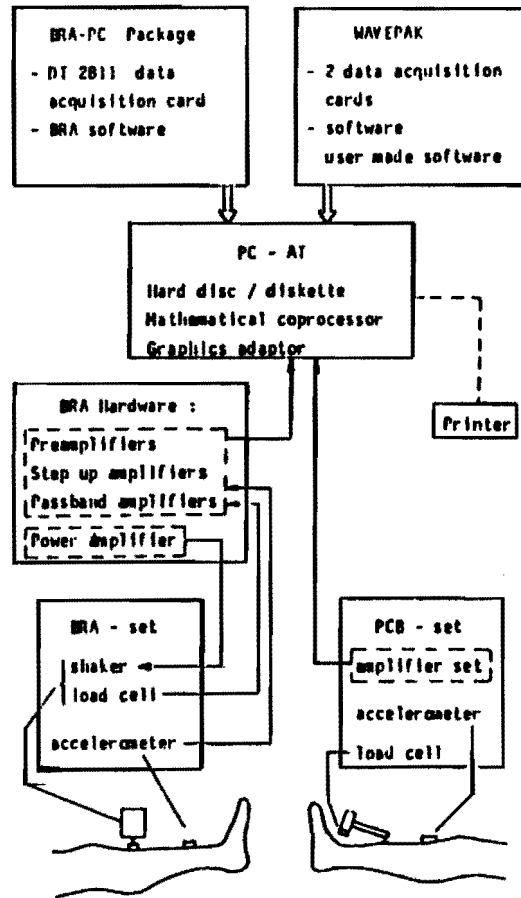
- μέθοδος μελέτης συμπεριφοράς οστών σε κραδασμούς
- μέθοδος μελέτης διάδοσης κύματος μέσω οστών
- μέθοδος μελέτης εμπέδησης διαδομένου κύματος, ενώ άλλες μη καταστροφικές τεχνικές μελέτες των οστών χρησιμοποιούνται για σύγκριση των υπό μελέτη αποτελεσμάτων.

## Ανάλυση κραδασμών

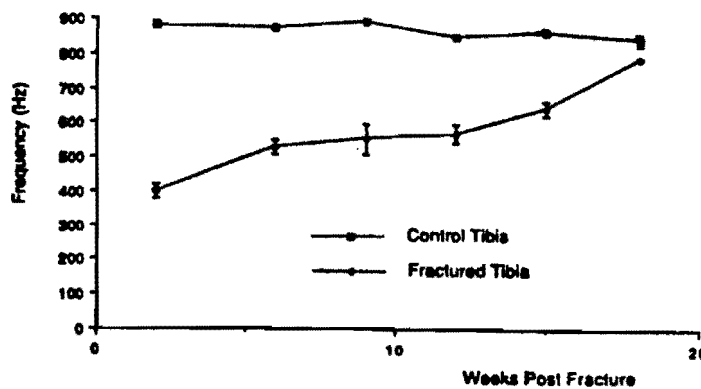
Η συχνότητα συντονισμού  $f_k$  ενός ρυθμού  $k$  έχει μηχανικές ιδιότητες:

$$f_k = a_k \cdot JK/M \quad (1)$$

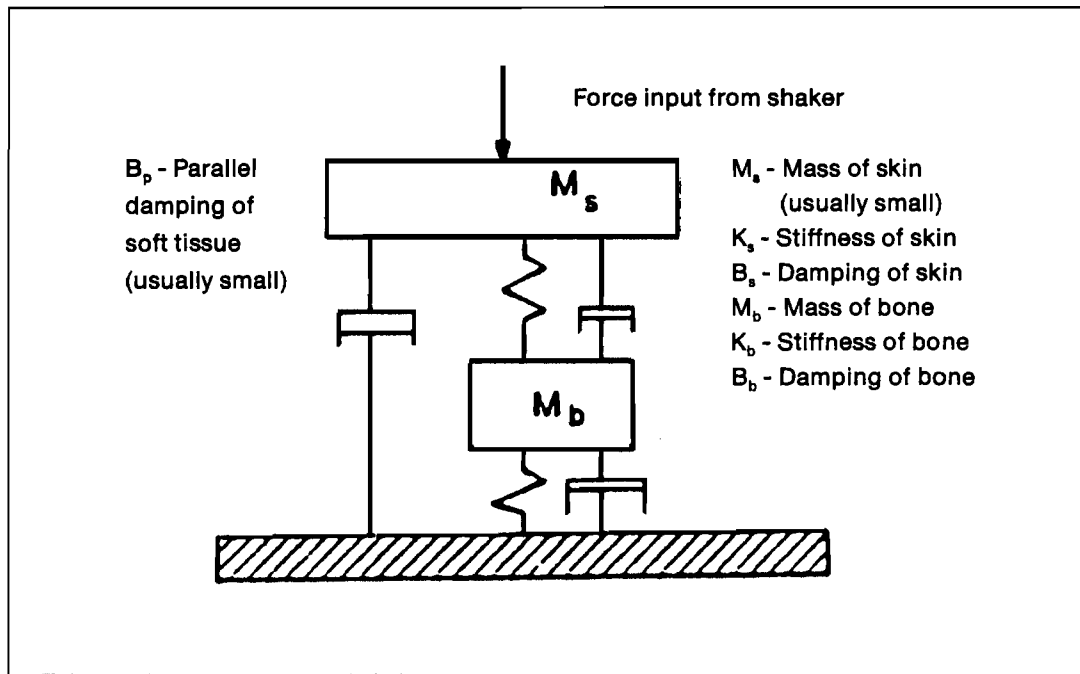
- όπου  $a_k$  ειδική σταθερά μετάδοσης ρυθμού  
 $K$  γενικευμένη ελαστικότητα  
 $M$  γενικευμένη μάζα



Σχήμα 1. Computerized, διάταξη ελέγχου και συλλογής δεδομένων συστήματος ανάλυσης δομής οστών με κραδασμούς.



Σχήμα 2. Τυπική κλινική μέτρηση ενός φυσιολογικού οστού και ενός υπό θεραπεία κατάγματος.



Σχήμα 3. Το μοντέλο κραδασμών ενός οστού.

Πιν. 1. Χαρακτηριστικά του δείγματος μελέτης κραδασμών με οστεοπόρωση και αρθρίτιδα.

	Age	L	W
mean	67.8	36.3	58.1
OST.....			
sdev	9.0	1.2	6.7
mean	65.0	36.3	71.5
ART.....			
sdev	10.3	1.8	5.2
Mean <sub>ost</sub>			
—%	105.6	99.8	81.3
Mean <sub>art</sub>			
t-test			
sign.	/	n.s.	0.001

**Πιν. 2. Παράμετροι του δείγματος μελέτης κραδασμών με οστεοπόρωση και αρθρίτιδα.**

	f	TBMC	f <sup>2</sup> .TBMC	f <sup>2</sup> .TBMC
mean	379.9	136.9	20.2	73.1
OST.....				
sdev	42.8	27.0	6.6	23.3
mean	430.7	171.6	32.4	117.2
ART.....				
sdev	53.2	22.2	9.6	33.0
Mean ost				
—%	88.2	79.8	62.3	62.4
Meanart				
t-test				
sign.	0.05	0.02.	0.01	0.01

**Πιν. 3. In vitro, In vivo συγκρίσεις του ΔF και σ (STD) των δύο ρυθμών κάμψης σε οστά.**

Vibration mode	Predictions	Experiment		
	ΔF(Hz)	σ(Hz)		
1st bending mode (F1, F1')	30	5-10		
2nd bending mode (F2, F2')	108	20-30		

Vibration mode	Predictions	Experiment		
	ΔF(Hz)	σ(Hz)		
bending modes		Cornelissen et al.	Cunningham	Hobatho et al.
F1, F1	20	5-35	7-56	11-17
F2,F2	84	5-29	7-56	23-26

$$\omega_n = Jk/m = \text{φυσική συχνότητα}$$

$$\omega_d = \omega_n \cdot \sqrt{1 - \zeta^2} = \text{αποσβενυμένη } \omega_n$$

Για μια ομογενή ράβδο, μήκους L η συχνότητα συντονισμού είναι:

$$f_k = a_k \cdot JE./m.L^3 \quad (2)$$

- $f_k$  = συχνότητα συντονισμού ρυθμού k
- E = σταθερά Young
- I = ροπή αδράνειας ράβδου
- m = μάζα ράβδου

Στο σχ. 1, δίνεται η computerized διάταξη ελέγχου και συλλογής δεδομένων ενός συστήματος ανάλυσης δομής οστών με κραδασμούς ανιχνευόμενους με επιταχυνσιόμετρο. Στο σχ. 2, φαίνεται η τυπική κλινική μέτρηση ενός φυσιολογικού οστού και ενός υπό θεραπεία κατάγματος.

Το μοντέλο κραδασμών μιας ομογενούς ράβδου, δίνεται στο σχ. 3 και οι παράμετροι συνάγονται από την καμπύλη μετατόπισης/δύναμης. Η πολυπλοκότητα του μοντέλου αυξάνεται ανάλογα τον αριθμό των συχνοτήτων συντονισμού που λαμβάνεται υπ' όψιν.

Αποτελέσματα μελέτης κραδασμών σε οστά (Lowet, 1989) έδειξαν (βλ. πίνακα 1 και 2) τις παραμέτρους μελέτης σε περίπτωση οστεοπόρωσης και αρθρίτιδας.

**Ανάλυση μετάδοσης κύματος**

Κατά την ανάλυση της μετάδοσης κύματος η ταχύτητα είναι  $c = JE/\rho$ , όπου E η σταθερά Young και ρ η πυκνότητα του μέσου μετάδοσης. Ακόμη ακριβέστερα για κύματα αποκλίνοντα σε ράβδο με διατομή A:

$$c(\omega) = JE/\rho \cdot JI/A \cdot \omega \quad (3)$$

Δηλαδή οι υψηλότερες συχνότητες ταξιδεύουν ταχύτερα. Η σχέση (3) δεν ισχύει για απότομα χτυπήματα. Οι σχέσεις που παρουσιάζονται εδώ είναι κατάλληλες για διαμήκη κύματα και κραδασμούς. Η ταχύτητα φάσης στα οστά είναι:

$$c(\omega) = \frac{\omega \cdot d}{\varphi(\omega) + 2 \cdot \pi \cdot N} \quad (4) \text{ όπου:}$$

- d η απόσταση μεταξύ των επιταχυνσιομέτρων
- $\varphi(\omega)$  το φάσμα φάσης της αλληλοσυσχέτισης
- N 1, 2, 3, 4, ...

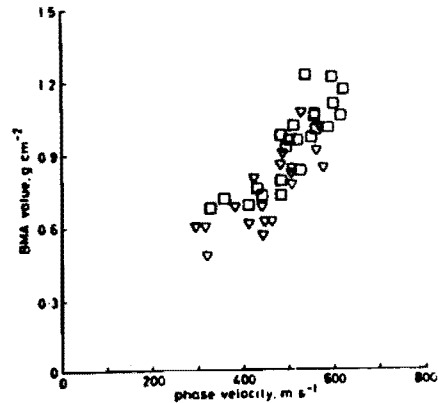
Για μια ράβδο πεπερασμένου μήκους, διεγερμένη με μια συνάρτηση Dirac η ταχύτητα μετάδοσης είναι  $c = JE/\rho$ , ενώ η απόκριση είναι ένας συνδυασμός ελεύθερων ρυθμών κραδασμών, με συχνότητα:

$$\omega_n = n \cdot \pi \cdot JE./A \cdot m \cdot L \quad (5)$$

Στάσιμα κύματα ( $L = n \cdot \lambda/2$ ) δημιουργούνται λόγω σύνθεσης εκπεμπομένων και ανακλωμένων κυμάτων με

τις ίδιες παραμέτρους c και ω. Η θεωρία μετάδοσης κύματος θεωρεί ράβδο απείρου μήκους, αλλά για  $\omega \gg 1/L \cdot JE/\rho$ , δηλαδή για υπέρηχους, ισχύει μόνο για σχετικά χαμηλές συχνότητες, καθώς σε υψηλότερες συχνότητες εγκάρσιες συστολές και παραμορφώσεις είναι έντονες.

Μελέτες (Steele, Stussi) έδωσαν τη σχέση περιεχομένων αλάτων σε οστά/πλάτος οστού συναρτήσει της φασικής ταχύτητας (βλ. σχ. 4).



Σχ. 4. Σχέση περιεχομένων αλάτων σε οστά πλάτος οστού συναρτήσει της φασικής ταχύτητας.

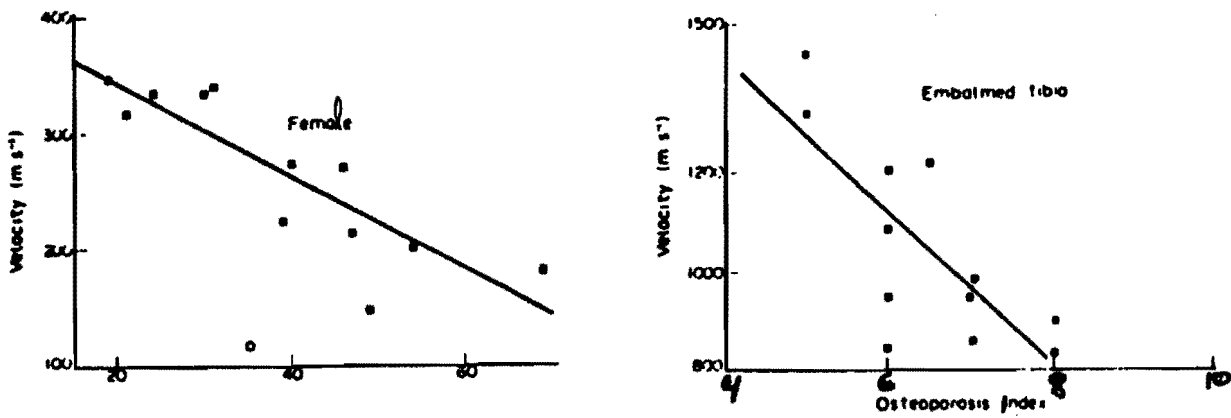
Μελέτες (Wong) σε 30 άτομα έδειξαν συσχέτιση ανάμεσα στην ηλικία και ταχύτητα του κύματος, καθώς και στην οξύτητα της οστεοπόρωσης και ταχύτητα του κύματος (βλ. σχ. 5).

Δύο επιταχυνσιόμετρα σε απόσταση 10-20 cm, τοποθετούνται πάνω στο οστό υπό πίεση και με ένα ηλεκτρομηχανικό σφυρί ασκούμε μια ωστική πίεση στο ένα άκρο του οστού (βλ. σχ. 6). Δειγματοληψία με Η/Υ στα 1 MHz δίνει δεδομένα στο πρόγραμμα που είναι σε θέση να διακρίνει τη φυσιολογική δομή του οστού.

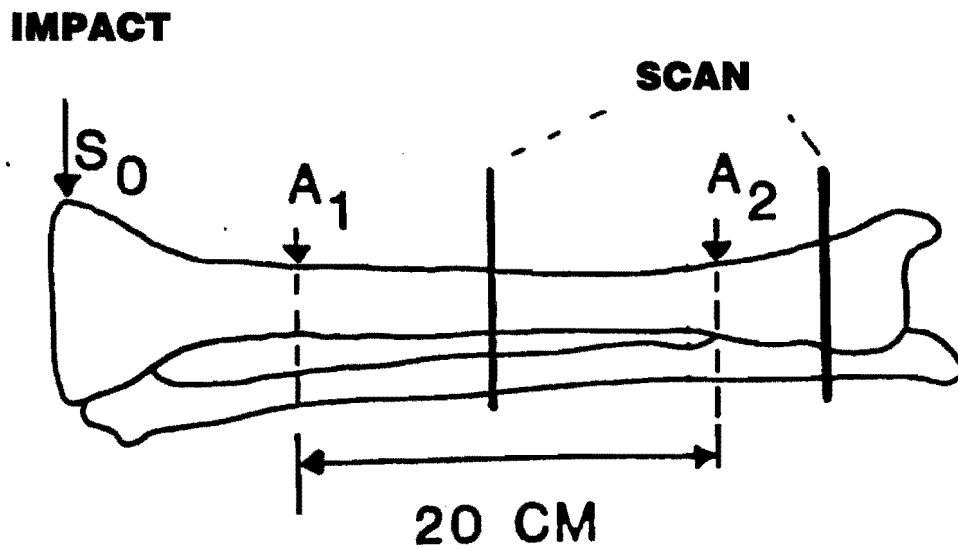
Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας επιταχυνσιομετρικής μελέτης της φασικής ταχύτητας σε ομάδες εργαζομένων στο στρατό, καθώς και η επίδραση της φυσικής εργασίας στη φασική ταχύτητα, δίνονται στους πίνακες 4 και 5 αντίστοιχα.

**Πίνακας 4. Φυσιολογικές παράμετροι δείγματος.**

GROUP	N	HEIGHT	PERFORM. WEIGHT		
			INDEX	BEGIN	END
ALL RECRUITS	559	176.8	315	70.2	71.3
TANK INFANTRY	154	176.6	348	70.3	71.9
TANK GUNNERS	151	177.0	304	69.7	69.5
TANK DRIVERS	143	175.9	305	70.4	71.3
COMMUN. TRP	33	178.3	281	68.6	70.5
MATERIAL TRP	78	178.2	305	71.5	74.0

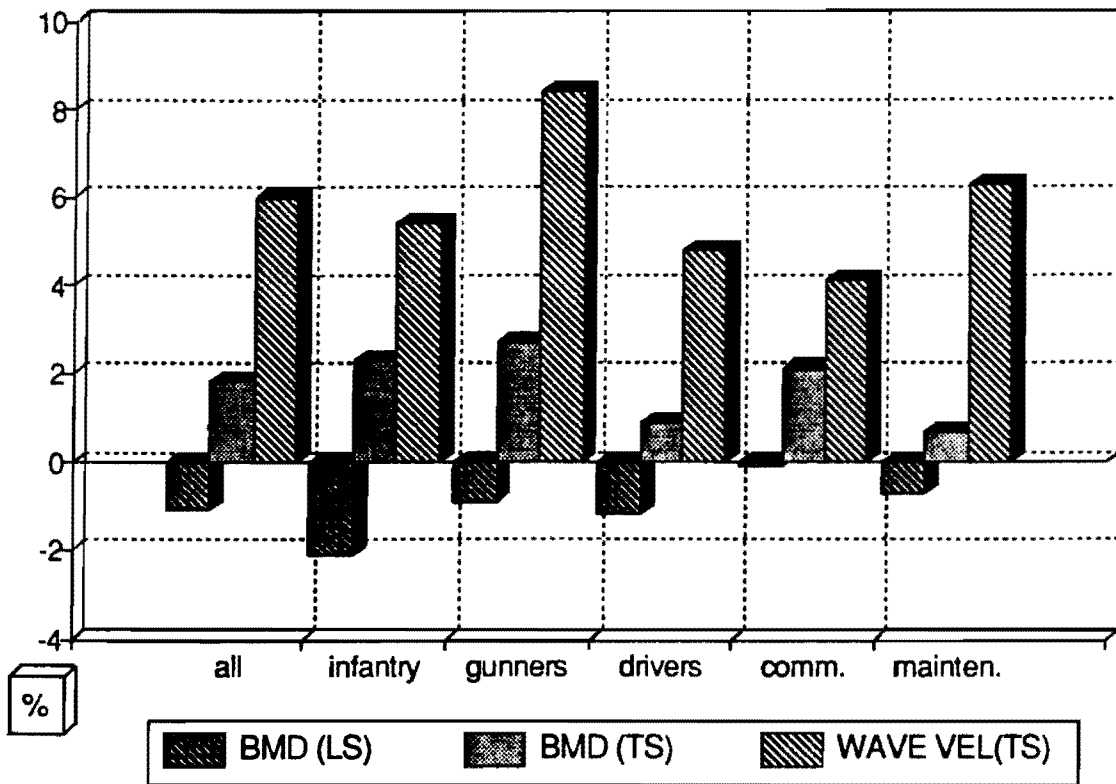


Σχήμα 5. Συσχέτιση ανάμεσα στην ηλικία και ταχύτητα του κύματος, καθώς και στην οξύτητα της οστεοπόρωσης και ταχύτητα του κύματος.



Σχήμα 6. Σχηματική παράσταση επιταχυνσιομετρικής μέτρησης μελέτης οστού.

**Πίνακας 6. Επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στη φασική ταχύτητα του παραπάνω δείγματος.**



**Πίνακας 5. Μεταβολή της φασικής ταχύτητας% από την αρχικά μετρηθείσα μετά από 17 εβδομάδες εργασίας.**

GROUP	Δ TIBIA PHASE VELOCITY [%]		HOLOGIC (Δ BMD) [%]	
	N	ΔV	N	TIBIAE LS
	ALL RECRUITS	559	+6.0	145
TANK INFANTRY	154	+5.4	35	+2.3 -2.1
TANK GUNNERS	151	+8.4	27	+2.7 -0.9*
TANK DRIVERS	143	+4.8	28	+0.9* -1.2
COMMUN.TRP	33	+4.1	31	+2.1 -0.1*
MATERIAL TRP	78	+6.3	24	+0.7 -0.7*

Τα παραπάνω αποτελέσματα συγκρίθηκαν με παράλληλα αποτελέσματα στο ίδιο δείγμα ανθρώπων με τη μέθοδο της διπλής ενέργειας ακτίνων Χ απορρόφησης φάσματος (Hologic QDR 1000).

Μελέτες σε οστά της κνήμης (K.U. Leuven) έδωσαν την εγκάρσια αντίσταση κάμψης σαν:

$$k = \beta \cdot E \cdot I / L^3 \quad (6)$$

και την καμπτική συχνότητα συντονισμού σαν:

$$f^2 = \alpha^2 \cdot E \cdot I / m \cdot L^3 \quad (7)$$

δηλαδή  $k = m \cdot f^2 \quad (8)$

Η μέγιστη δύναμη που μπορεί να υποστηριχθεί αξονικά από ένα οστό, γνωστή σαν δύναμη κάμψης Euler, P, είναι:

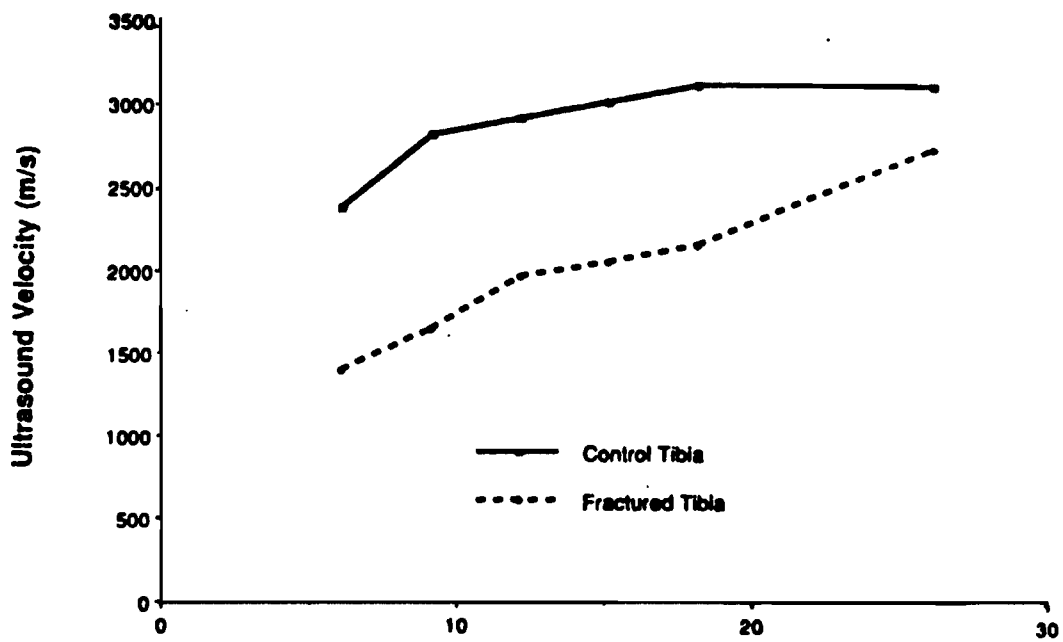
$$P = f^2 \cdot L \cdot M \quad (9)$$

$$k = T \cdot B \cdot M \cdot C \cdot f^2 \quad (10)$$

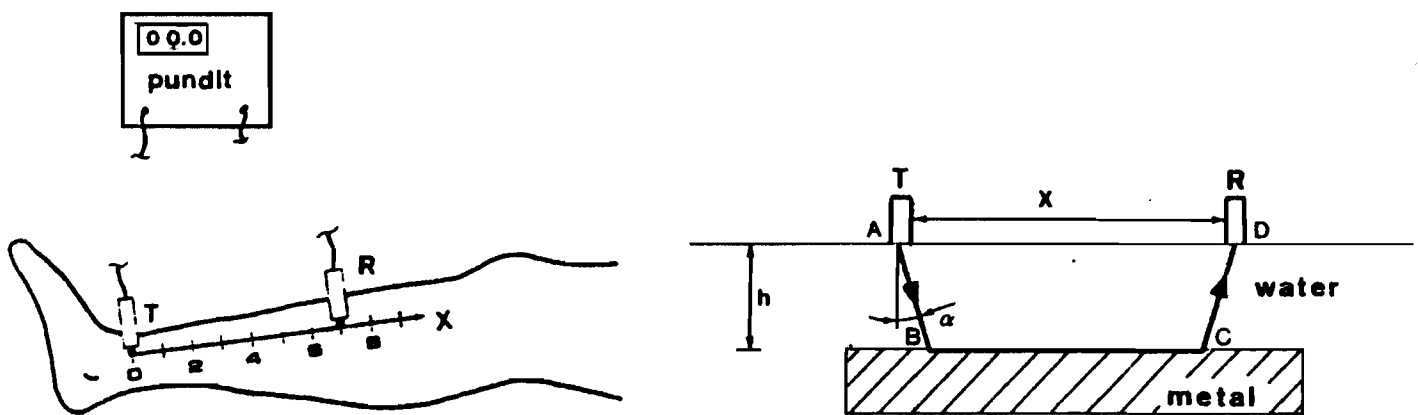
Από τα βασικότερα προβλήματα και στις δύο αναλύσεις είναι η απεξάρτηση των υπό μελέτη παραμέτρων από τη μάζα και την ελαστικότητα (σκληρότητα) του μέσου. Στον πίνακα 6, δίνονται αποτελέσματα για διάφορες συχνότητες καμπτικών ρυθμών f1, f2, f3 και f4. Το συμπέρασμα είναι ότι οι καταλληλότερες παράμετροι για τη διακριτική μελέτη της οστεοπόρωσης και της ηλικίας είναι η εγκάρσια αντίσταση κάμψης και η δύναμη κάμψης Euler.

Η ταχύτητα του υπερήχου διαδομένου μέσω ενός αποθεραπευμένου οστού, δίνεται στο σχ. 7.

Φυσιολογικές και περίπλοκες θεραπείες καταγμάτων μπορούν να διακριθούν. Πειράματα με προσομοίωση των οστικών ιστών, βλ. σχ. 8 δίνουν την επίδραση του κατάγματος στο χρόνο μετάδοσης του υπερήχου, βλ.

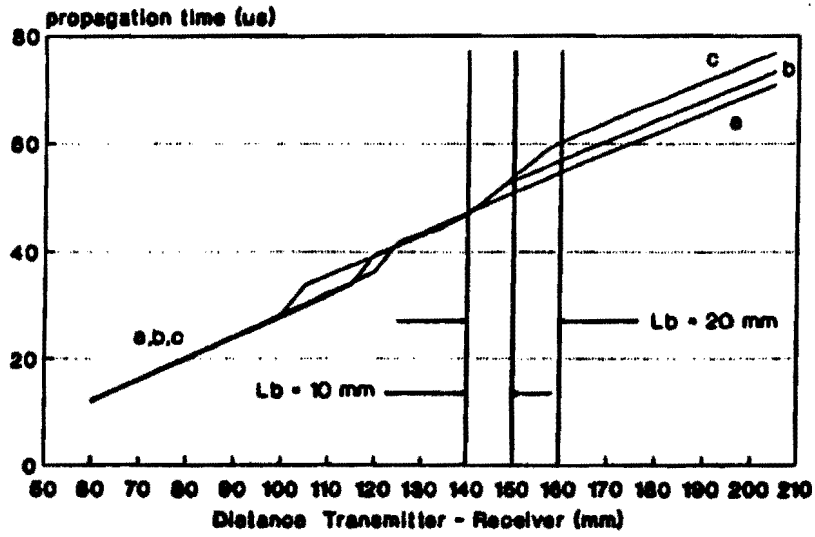


Σχήμα 7. Διάδοση του υπερήχου μέσω αποθεραπευόμενου οστού.

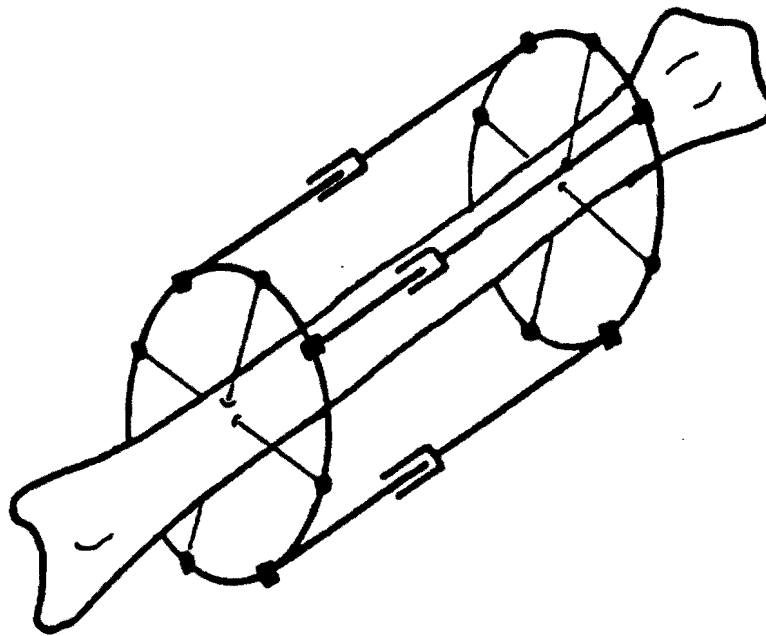


Σχήμα 8. Διάταξη μέτρησης και προσομοίωσης με υπέρηχους.

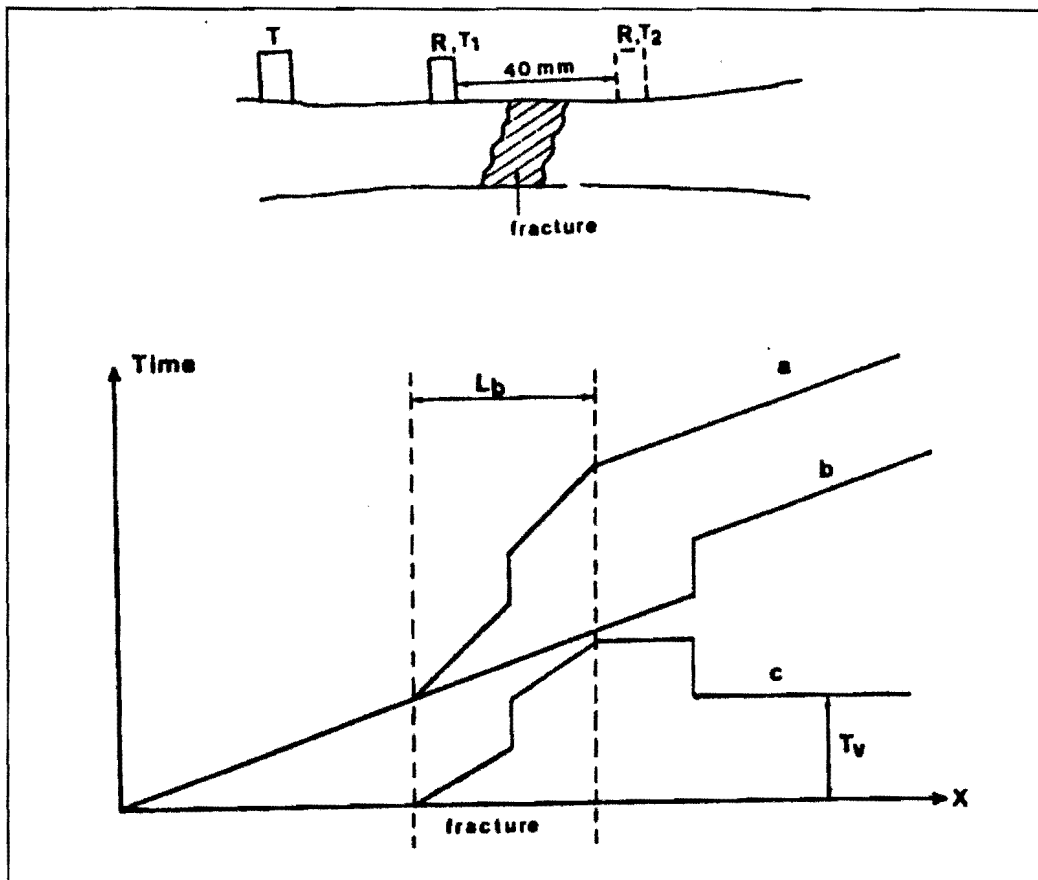




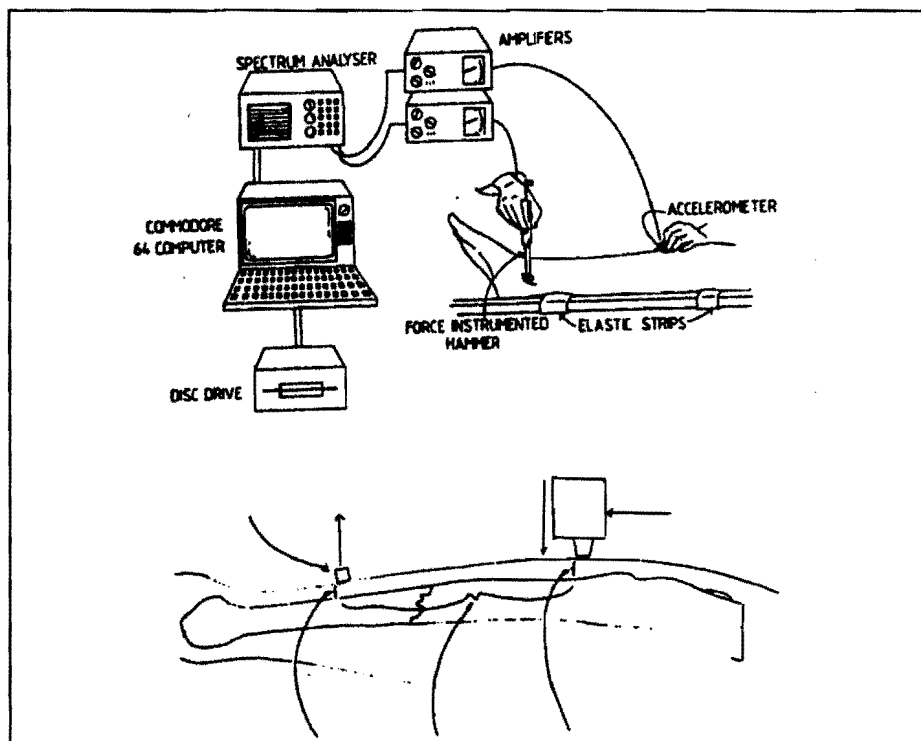
Σχήμα 9. Επίδραση του κατάγματος στο χρόνο μετάδοσης υπερήχου.



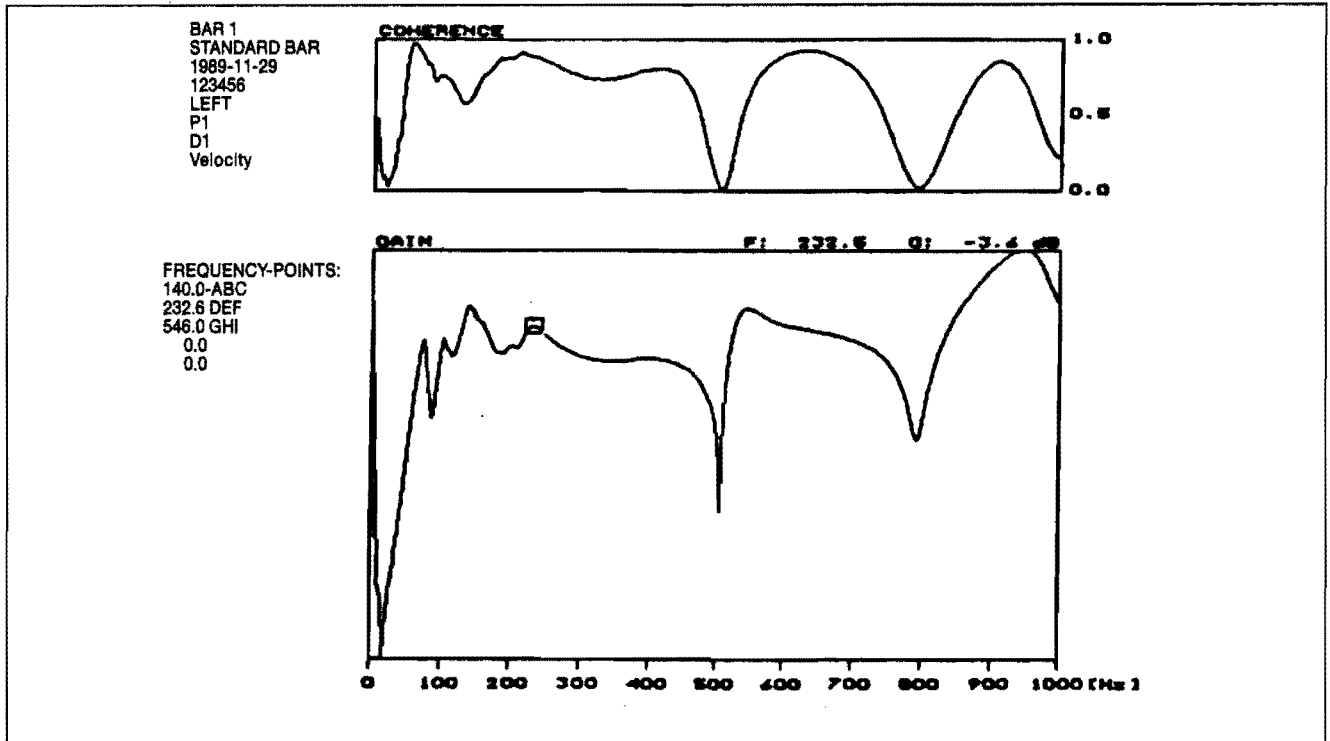
Σχήμα 10. Ο νάρθηκας του Ilizarov.



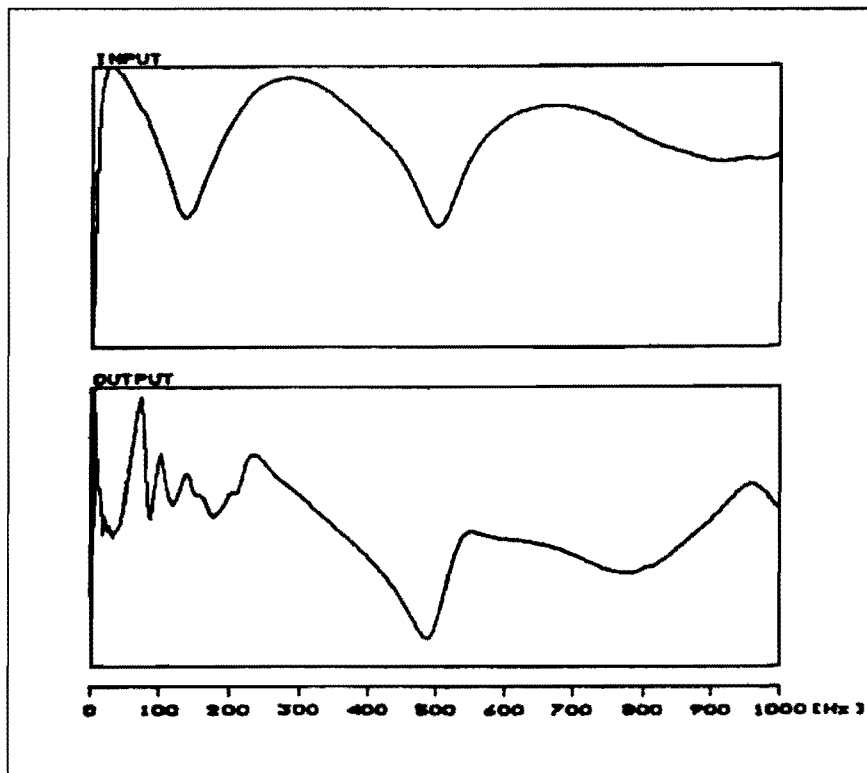
Σχήμα 11. Μετρήσεις ταχύτητας υπερήχου σε κατάγματα και διαφορά φυσιολογικού οστού από οστό με κάταγμα ( $L_b$  = εύρος κατάγματος).



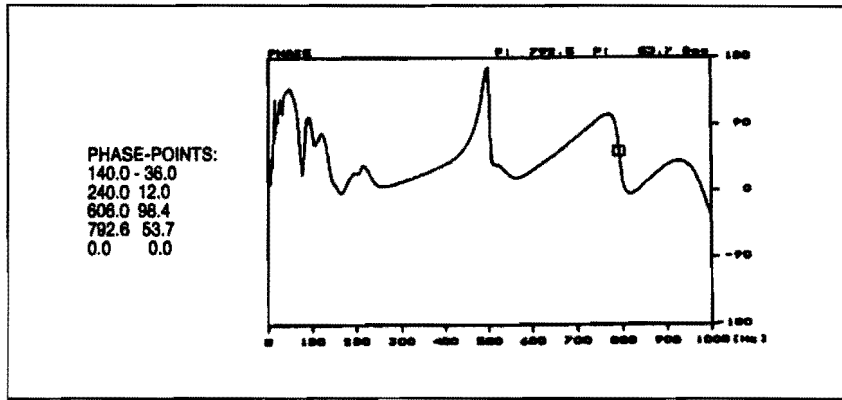
Σχήμα 12. Computerized διάταξη ελέγχου και συλλογής δεδομένων συστήματος ανάλυσης δομής οστών με κραδασμούς.



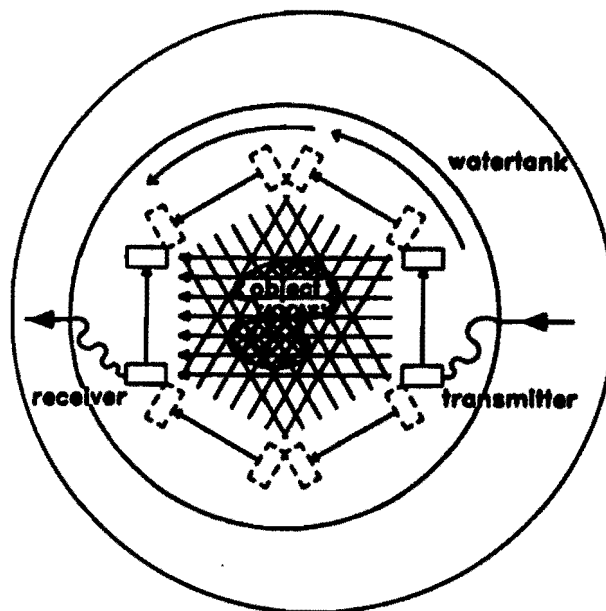
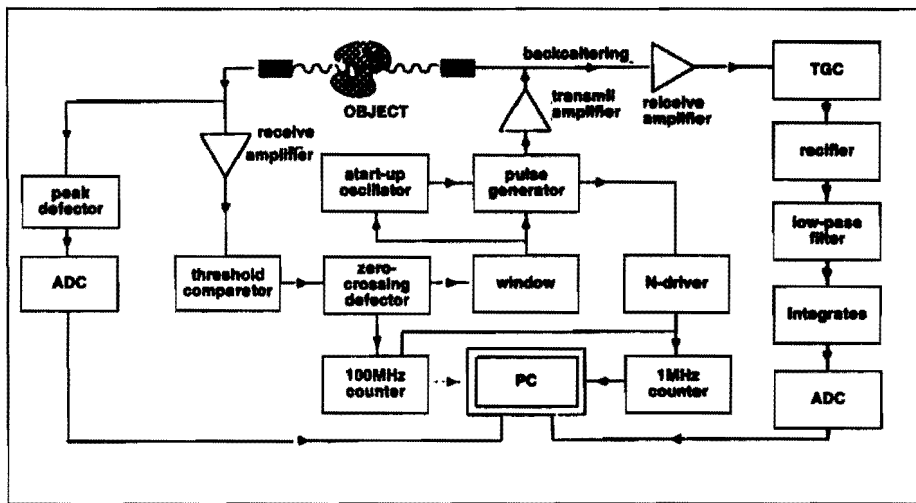
Σχήμα 13. Κέρδος και συνεκτικότητα σήματος υπερήχων οστών.



Σχήμα 14. Φασματική ισχύς διέγερσης (εισόδου) και απόκρισης (εξόδου) υπερήχων οστών.



Σχήμα 15. Διάγραμμα φάσης υπερήχων οστών.



Σχήμα 16. Τομογράφος υπερήχων και υπερηχοτομογραφία οστών.

σχ. 9.

Συγκριτικές μετρήσεις σε διάφορους νάρθηκες, βλ. σχ. 10, γίνονται, για τη σχεδιαστική βελτίωσή τους.

**Ανάλυση εμπέδησης (σύνθετης αντίστασης εισόδου)**

μετατόπιση	είναι	$\omega_n \cdot (1 - 2.\zeta^2)1/2$
ταχύτητα	είναι	$\omega_n$
επιτάχυνση	είναι	$\omega_n \cdot (1 - 2.\zeta^2)1/2$

Η τεχνική εμπέδησης υλοποιείται με την καταγραφή της δύναμης εισόδου και της ταχύτητας σε κάποια σημεία του οστού. Η φυσική μη αποσβενυμένη συχνότητα δίνεται από το μετασχηματισμό Fourier της ταχύτητας/δύναμης. Οι συχνότητες που συνάγονται από τη:

**Μελέτη των ελαστικών ιδιοτήτων των οστών με υπέρηχο**

Χρήση προγραμμάτων FEA (πεπερασμένων στοιχείων), μελέτη ανομοιογενειών των οστών και σύγκριση με Ποσοτική Υπολογιστικής Τομογραφίας (QTC) έδωσαν (Hobatho κ.ά., 1989) θεωρητικά μοντέλα της μήτρας ευκαμψίας  $c$ , και μήτρας καταπόνησης  $s$ , σε ένα κατανεμημένο μοντέλο του οστού (όπου  $i$  τα διάφορα σημεία κατανομής, μέτρησης), συναρτήσει της μήτρας ελαστικότητας  $e$ .

**Επεξεργασία σήματος**

Στη μελέτη οστών με υπερήχους χρησιμοποιείται on-line αναλυτής σήματος (stand alone ή IBM PC-based) για τον υπολογισμό, παρουσίαση και μελέτη των:

- α. κέρδους και συνεκτικότητας σήματος υπερήχων οστών
- β. φασματικής ισχύος διέγερσης (εισόδου) και απόκρισης (εξόδου) υπερήχων οστών
- γ. φάσης υπερήχων οστών

**Άλλες μετρητικές διατάξεις**

Στα πλαίσια του παραπάνω ερευνητικού προγράμματος έχουν γίνει και προσπάθειες για:

- α. μέτρηση των μηχανικών ιδιοτήτων σπονδυλικής στήλης με εφαρμογές στην ορθοπεδική, άρση βαρών, εργασία
- β. μέτρηση μηχανικών ιδιοτήτων μεμονωμένων σπονδύλων
- γ. τομογραφία ιστών με υπέρηχους, βλ. σχ. 16
- δ. μελέτη της αλληλεπίδρασης μαλακών ιστών και οστών
- ε. μελέτη αθλητών (π.χ. ενός μαραθωνοδρόμου) με on-line τηλεμετρικές διατάξεις

στ. εθνικές μελέτες για συγκριτικά συμπεράσματα  
ζ. μελέτες αντοχής σε στρέψη οστών.

**Εφαρμογές**

Οι εφαρμογές των τεχνικών NDT στα οστά είναι:

- 1. παθολογία
- 2. γυναικολογία
- 3. γηριατρική
- 4. μελέτη διατροφής υποκειμένου (περιεχόμενο αλάτων)
- 5. ορθοπεδική - χειρουργική
- 6. διαιτητική
- 7. αθλητιατρική

**Μη καταστροφικές μέθοδοι στη βιοϊατρική**

Άλλες μη καταστροφικές μέθοδοι ελέγχου στη βιοϊατρική, που απασχολούν το Τμήμα Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων του ΤΕΙ Αθήνας, είτε εκπαιδευτικά, είτε ερευνητικά σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, χωρίς κατ' ανάγκη να ασχολούνται με ζητήματα αντοχής των υλικών και στατικής, είναι NDT στην:

- α. καρδιολογία (EOG)
- β. διανυσματοκαρδιογραφία
- γ. αναπνευστικές διαταραχές
- δ. εγκεφαλογραφία (EEG)
- ε. διακρίβωση ιατρικών μηχανημάτων
- στ. εύρεση βλαβών σε βιοϊατρικά μηχανήματα

**Συμπεράσματα**

Στην παρούσα δημοσίευση δίνονται τα αποτελέσματα μη καταστροφικού ελέγχου οστών της ομάδας έρευνας COMAC-BME της ΕΟΚ σε δείγματα ασθενών διαφορετικών φύλων, ηλικιών, απασχόλησης, εθνικότητας, οστικών παθήσεων, κ.λπ. Χρησιμοποιούνται τεχνικές ανάλυσης κραδασμών και μετάδοσης υπερήχων, ένα εργαλείο γνωστό στο βιομηχανικό μη καταστροφικό έλεγχο. Τα προγράμματα αυτά βρίσκονται στο στάδιο της κλινικής αποτίμησης (clinical evaluation). Το αποτέλεσμά τους θα είναι προγράμματα και μηχανήματα (μεγάλα αλλά και φορητά από τους γιατρούς) διάγνωσης και παρακολούθησης ασθενών με ορθοπεδικά προβλήματα και όχι μόνο.

**Βιβλιογραφία**

- 1. G. Van der Perre, G. Lowet, A. Borgwardt Christensen, In Vivo Assessment of Bone Quality by Vibration and Wave Propagation Techniques, Part I, Proceedings 1989-1990 of the Project COMAC BME 11.2.6 (Monitoring of Fracture Healing), March 1991.
- 2. G. Van der Perre, G. Lowet, A. Borgwardt Christensen, In Vivo Assessment of Bone Quality by Vibration and Wave Propagation Techniques, Part II,

Proceedings 1989-1990 of the Project COMAC BME  
11.2.6 (Monitoring of Fracture Healing), March 1991

### Παράρτημα

BMC	Bone Mineral Content (mg/cm <sup>2</sup> )
BMA	Bone Mineral Content /Bone Area
TBMC	Total Bone Mineral Content
DPA	Dual Photon Absorptiometry
USV	UltraSound Velocity
NDT	Non Destructive Testing

**Πρόεδρος:** Τώρα θα ήθελα να δούμε εάν υπάρχουν ερωτήσεις ή παρεμβάσεις προς το προεδρείο. Υπάρ-

χει μία παρέμβαση του κυρίου Γρηγοριάδη και μία παρέμβαση του κυρίου Αναστασόπουλου.

Θα δώσω πρώτα, επειδή έχει έρθει νωρίτερα, το λόγο στον κύριο Γρηγοριάδη, επίτιμο πρόεδρο της ΕΛΕΜΚΕ, ο οποίος ζητά να κάνει αφ' ενός μεν κάποιο χαιρετισμό και δύο τυπικές εφαρμογές από την εμπειρία του πάνω στα αεροσκάφη.

Για μεν το θέμα του χαιρετισμού νομίζουμε ότι έχει καλυφθεί, κύριε Γρηγοριάδη, ήδη από το πρωί, διότι έστειλε χαιρετισμό ο πρόεδρος της ΕΛΕΜΚΕ ο κύριος Παϊπέτης.

Για τις δύο τυπικές εφαρμογές πάνω στα αεροπλάνα από την εμπειρία σας είναι ευπρόσδεκτες και παρακαλούμε να έρθετε στο βήμα να τις παρουσιάσετε.

---

## Παρέμβαση του κ. Γ. Γρηγοριάδη, επίτιμου προέδρου της ΕΛΕΜΚΕ

---

Εκτός του χαιρετισμού, ήθελα να συγχαρώ και εσάς την Οργανωτική Επιτροπή, η οποία ήτο περίφημη.

Λέγομαι Γρηγοριάδης Πώργος και ασχολούμαι με το θέμα NDT από το 1957, σαν προϊστάμενος του Τμήματος Ποιοτικού Ελέγχου NDT, στην Ολυμπιακή Αεροπορία.

Από το 1957 η Ολυμπιακή την εποχή εκείνη είχε ένα μηχάνημα magnetic particle inspection και μερικά κουτιά... Σήμερα φτιάξαμε ένα εργαστήριο, το οποίον είναι το τελειότερο εργαστήριο που υπάρχει στην Ευρώπη μπορώ να πω και μέσα σε αυτό το διάστημα, έχουμε τόσα πολλά επιτεύγματα που έχω ετοιμάσει ένα πακέτο το οποίο θα το δώσω στο Τεχνικό Επιμελητήριο για να έχει κάποιο αρχείο.

Είμαι πτυχιούχος βρετανικού κολλεγίου σε aeronautical engineer inspection. Η Ολυμπιακή Αεροπορία με εκπαιδευσε στην Αγγλία στο AQD, το οποίον είναι ένα τμήμα του Υπουργείου Έρευνας και Τεχνολογίας του Ηνωμένου Βασιλείου, έχω αναγνωρισθεί από το FAA σαν άνθρωπος που εκτελεί εργασίες NDT και από το UKCAA.

Κατέχω όλα τα πτυχία της ΥΠΑ, της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας, για συντήρηση όλων των τύπων των αεροσκαφών της Ολυμπιακής Αεροπορίας.

Έχω εκπαιδευτεί από την De Havilland για τα αεροσκάφη comet, από την General Electric για τους κινητήρες EF6 και λοιπά.

Και πάνω από όλα η ATA μου απένειμε τον τίτλο της